

SZAKDOLGOZAT

Kmetyó Patrícia

2025



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Állattenyésztési Tudományok Intézete

Állattenyésztő Mérnök alapképzési szak

Klimatikus tényezők szerepe a tejelő szarvasmarha tartásban

Belső konzulens: Dr. Szabari Miklós,
tanszékvezető, egyetemi docens

**Belső konzulens
intézete/tanszéke:** Állattenyésztési Tudományok Intézete,
Precíziós Állattenyésztési és
Állattenyésztési Biotechnika
Tanszék

Külső konzulens: Dr. Bodnár Ákos,
főosztályvezető, egyetemi docens

**Külső konzulens
intézete/tanszéke:** Állattenyésztési Tudományok Intézete,
Állattenyésztés-Technológiai és Állatjóléti
Tanszék

Készítette:

Kmetyó Patrícia

Gödöllő

2025

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	2
2. Célkitűzés.....	4
Szakirodalmi áttekintés	5
2.1. Szarvasmarha igényei, környezeti optimum	5
2.2 THI index jelentősége	8
2.2. Klimatikus tényezők és azok hatásai a különböző termelési mutatókra.....	8
2.2.1. Tejtermelés.....	8
2.2.2. Beltartalom.....	12
2.2.3. Egészség.....	14
2.2.4. Reprodukció	16
2.3. Hőstressz elleni védekezés módjai (takarmányozási módok, szellőztetés, vízágy).....	18
2.4. Fejlesztések szerepe a szarvasmarha tartásban.....	22
3. Anyag és módszer.....	24
4. Eredmények és értékelésük	28
4.1 A THI index alakulása a telepen.....	28
4.2 A THI index és a szaporodásbiológiai mutatók vizsgálata a laktációs szám függvényében.....	29
4.3 A tejtermelés alakulása a vizsgált időszakban a THI viszonylatában.....	33
4.4 A tej beltartalom alakulása a THI viszonylatában.....	34
4.5 Telepen elhullás vagy leselejtezés okai	35
5. Következtetések	37
7. Javaslatok	38
6. Összefoglalás	39
7. Irodalomjegyzék/Felhasznált irodalmak	41
8. Táblázatok és ábrák jegyzéke	51
8.1 Ábrajegyzék	51
8.2 Táblázatjegyzék	51
9. Köszönetnyilvánítás.....	52

1. Bevezetés

Az utóbbi években a globális éghajlatváltozás hatásai mind a mezőgazdaság, mind az állattenyésztés területén egyre erőteljesebben éreztetik hatásukat. A Föld átlaghőmérsékletének fokozatos emelkedése, a szélsőséges időjárási események gyakoribbá válása, valamint a páratartalom és csapadékeloszlás változása világszerte komoly kihívások elé állítja a gazdálkodókat. Magyarországon a kontinentális éghajlat sajátosságai miatt különösen érzékenyen reagál mind a két ágazat a klímaváltozás következményeire, ami a takarmánytermelés és az állattartás biztonságát egyaránt veszélyezteti.

A tejelő szarvasmarha tartás a hazai állattenyésztés egyik legfontosabb ágazata, amely jelentős szerepet tölt be az élelmiszerellátásban és a vidék gazdasági stabilitásában. Az utóbbi években azonban egyre nagyobb problémát jelent a hőstressz, amely nemcsak az állatok termelőképességét rontja, hanem hosszú távon az állomány egészségére és szaporodóképességére is negatív hatást gyakorol. A tartási körülmények és technológiák ezért fokozatosan átalakulnak a nyitott, természetes szellőzésű épületek helyett egyre inkább zárt, klímaszabályozott istállók kerülnek előtérbe, ahol a környezeti paraméterek pontosan beállíthatók így elkezdtek felvenni a harcot a felmelegedéssel szemben a gazdák és eddig úgy tűnik, hogy sikerrel járnak az állattartás oldalán.

Ezen változás ugyanakkor nemcsak közvetlenül, hanem közvetetten is hatnak az állattartásra. A növénytermesztésben bekövetkező hozamcsökkenés, a takarmány minőségének romlása, valamint a legelők kiszáradása mind hozzájárulnak a tejelő szarvasmarhák teljesítményének visszaeséséhez. Így a klímaváltozás hatása kettős egyrészt közvetlenül terheli az állatokat, másrészt a takarmány előállítás romlásán keresztül közvetve is csökkenti a termelés hatékonyságát.

Napjainkban inkább már a negatív következményei a növénytermesztésben jelentkeznek súlyosabban. Míg az állattartó telepeken a modernizáció például a klímaszabályozott istállók, a hűtőrendszerek, illetve a jól szervezett takarmányozási technológiák révén lehetőség nyílik a hőterhelés részleges ellensúlyozására, addig a szántóföldi növénytermesztés közvetlenül kitett a környezeti hatásoknak. A magas hőmérséklet, a csapadékhiány és az aszályos időszakok gyakorisága a takarmánynövények például a kukorica terméseredményeit drasztikusan rontja, ami közvetve az állattenyésztés gazdaságosságát is veszélyezteti.

Mindez azt eredményezi, hogy még ha egy állattartó telep technológiai szinten képes is alkalmazkodni a klimatikus viszonyokhoz, a takarmánytermelés bizonytalansága továbbra is alapvető korlátozó tényező marad. Ennek következtében a jövőben a fenntartható tejelő szarvasmarha tartás egyik legnagyobb kihívását nem pusztán az állatok hőstresszhez való alkalmazkodása, hanem a megfelelő minőségű és mennyiségű takarmány előállítása fogja jelenteni.

A gazdálkodók körében gyakran felmerül a kérdés, hogy egy új állattartó telep építése, vásárlása vagy a meglévő infrastruktúra felújítása során mekkora beruházás indokolt, és milyen időtávon térülhet meg az ebbe befektetett összeg.

Ezt a kérdést vizsgálom a dolgozatomban egy olyan mintatelepen keresztül, ahol a fejlesztések révén a hazai gyakorlatban ritkán látható alacsonyabb belmagasságú, kereszt szellőzéssel és gépesített rendszerű istállót alakítottak ki. A telep tulajdonosai tudatosan törekedtek arra, hogy a technológiai fejlesztésekkel reagáljanak a klímaváltozás kihívásaira, és csökkentsék az állatokat érő hőstressz hatását.

2. Célkitűzés

Dolgozatom célja annak bemutatása, hogy a klímához igazodó fejlesztések nemcsak indokoltak, hanem gazdaságilag is megtérülő beruházások lehetnek. Kívánom alátámasztani, hogy megfelelő tartástechnológiai és környezeti feltételek biztosításával a tejelő szarvasmarhák teljesítménye nyári, melegebb időszakban is közel azonos vagy megegyező szinten tartható, mint a hűvösebb hónapokban. Ehhez elengedhetetlen a korszerű istállóklíma, a jó légcserre, valamint a hő és páratelhelés csökkentését célzó fejlesztések bevezetése.

A klímaváltozás hatásainak feltárása, valamint a különböző technológiai megoldások gyakorlati eredményeinek vizsgálata nemcsak tudományos, hanem gazdasági szempontból is kiemelt jelentőséggel bír. Dolgozatomban ennek megfelelően részletesen bemutatom a vizsgált telep tartástechnológiai sajátosságait, az ott alkalmazott klímaszabályozási megoldásokat, valamint ezek hatását az állatok termelőképességére és szaporodási képességére. Emellett kitérek a klimatikus tényezők és a takarmányellátás összefüggéseire is, amelyek meghatározók a jövő fenntartható tejelő szarvasmarha tartása szempontjából.

A dolgozat készítése során lehetőségem nyílt egy nagyon korszerű istálló infrastruktúrával rendelkező telep szakmai adatait elemezni és vizsgálni.

A szakdolgozat készítése során a következő kérdésekre kerestem a választ:

- Hogy alakul egy termelő istállón belül a mikroklíma?
- Milyen összefüggés van a telepi THI értéknek a tejtermeléssel?
- Milyen összefüggés van THI értéknek a szaporodásbiológiai mutatóknak?
- Milyen összefüggésben áll a napi tejtermelés és a beltartalmi értékek a THI értékkel?
- Milyen okból történt a telepen kiesés?

Szakirodalmi áttekintés

2.1. Szarvasmarha igényei, környezeti optimum

A szarvasmarha, mint házasított kérődző faj, különösen érzékenyen reagál a környezeti tényezők változására. A faj evolúciósan mérsékelt éghajlathoz alkalmazkodott, ebből adódóan a termelési és egészségügyi paraméterei is összefüggnek a környezet állapotával. Az optimális környezet biztosítása nem csupán állatjóléti kérdés, hanem közvetlen gazdasági jelentőséggel is bír, mivel a termelési mutatók, például a tejhozam vagy a testtömeg gyarapodás, szorosan korrelálnak az állatok komfortérzetével és fiziológiai stabilitásával. A szarvasmarha környezeti igényeit számos tényező befolyásolja, ilyenek többek között a hőmérséklet, páratartalom, levegőminőség, világítás, fekvőhely komfortja, valamint az *ad libitum* vízellátás (Shephard és Maloney, 2023).

A szarvasmarha úgynevezett homeoterm állat, vagyis képes testhőmérsékletét viszonylag szűk határok között tartani, azonban ehhez megfelelő külső környezeti feltételek szükségesek. A faj termoneutrális zónája (TNZ), ahol nem szükséges többletenergia a testhőmérséklet fenntartásához, -10 °C és $+22\text{ °C}$ közé esik. Ezen tartományon belül az állat energiaforrásait teljes mértékben a termelésre (pl. tej, hús) és a fenntartó funkciókra fordíthatja (Ferooshani és Amon, 2022). Ettől eltérő hőmérsékleti viszonyok között azonban az állatoknak fokozott anyagcsereaktivitás révén kell reagálniuk a hőháztartásuk szabályozására, ami gyakran limitálja a termelés mennyiségét.

A magas hőmérséklet, különösen, ha magas páratartalommal társul, hőstressz kialakulásához vezet. Hőstresszről akkor beszélünk, amikor az állat több hőt termel és testével több hőt nyel el, mint amennyitől légzés, izzadás vagy a légmozgás segítségével könnyedén meg tud szabadulni. A hőstressz következményeként csökken a takarmányfelvétel, romlik az emésztés hatékonysága, gyengül az immunrendszer működése, valamint csökken a tejhozam és a szaporodási teljesítmény is (Husvéth és mtsai., 2015). A hőstressz nem csak viselkedésbeli változásokat okoz, hanem komoly élettani következményekkel is jár. Az TNZ feletti hőmérsékletek esetén a hőséguta elkerülésére az állat fokozott hőleadással válaszol. Ehhez szintén plusz energia felhasználása szükséges, amit hely és helyzetváltoztatásra vagy lihegésre fordít az állat. Ugyanakkor a plusz energiafelhasználás további hőképződéssel jár, tovább rontva az állat esélyét a hőstresszel szembeni védekezés során.

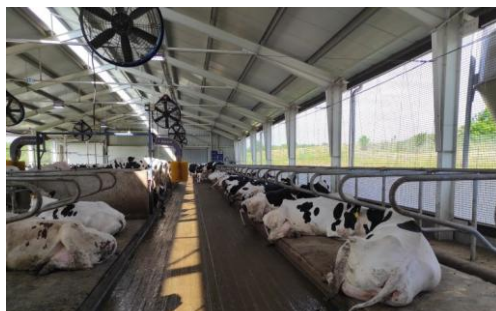
A jó szellőztetés nemcsak a hőmérséklet, hanem a levegőminőség szempontjából is kulcsfontosságú, elősegíti a hő és a nedvesség távozását, valamint eltávolítja a káros gázokat, például

az ammóniát, amelynek koncentrációja 10 ppm fölött már káros az állatra nézve. Szellőztetéssel még számos légúti és egyéb megbetegedéseket is el lehet kerülni (Pakari és Ghani, 2021).

A világítás a belső napi ritmus kialakításában és fenntartásában is szerepet játszik. Különösen tejlő tehenészetekben figyelték meg pozitív összefüggést a megvilágítás hossza és a tejtermelés között. Napi 16-18 órányi fény megfelelő intenzitással bizonyítottan serkenti a tejhozamot és kedvező hatással van a szaporodási mutatókra is. A megfelelő világítási ciklus fenntartása így nemcsak technológiai kérdés, hanem gazdasági szempont is, mivel a fényviszony jelentős hatást gyakorol az állatok hormonális szabályozására, működésére és viselkedésére (Póti és mtsai., 2024).

A szarvasmarha környezeti optimumának fenntartásában a termelési és élettani szempontból kiegyensúlyozott takarmányozás kiemelt szerepet játszik. A tejlő tehenek napi takarmány igénye elsősorban a tejhozamtól, a laktációs stádiumtól és a testtömegtől függ. A laktáció első harmadában a legnagyobb az energia és a fehérje szükséglet, mivel ilyenkor a tejtermelés csúcspontján vannak, miközben a szárazanyag felvétel még nem éri el a maximumot. Ennek következménye, hogy a tehenek negatív energiamérlegbe kerülnek, ami szaporodásbiológiai problémákhoz és anyagforgalmi betegségekhez vezethet (Várhegyi, 2014). A bendő működéshez elengedhetetlen a megfelelő rost bevitel. Ennek hiányában a bendő mikroflórája nem működik megfelelően, így a bendő pH-ja savas irányba tolódik, és kialakulhat az acidózis (Internetes hivatkozás 1). A rost mellett fontos a bypass-fehérje mely biztosítja, hogy a vékonybélben is felszívódjon a szükséges aminosav mennyiség, amely nélkülözhetetlen a tejfehérje szintézishez.

A megfelelően kialakított tartási rendszer elősegíti az állatok jó közérzetét és termelőképességét. A túlszűfolttság stresszt okoz, fokozza a rangsorharcot, és nehezíti a takarmányhoz való hozzáférést. A pihenőboxoknak megfelelő méretűnek kell lenniük, hogy az állatok természetes testhelyzetben kérődzzenek. A boxokban elhelyezett matrac lehet vízzel töltött („vízágy”) mely a melegben is hűsíti az állatokat. A vastag gumimatrac belsejében cirkuláltatják a vizet,



1. ábra Vízágy
Forrás: (Horváth, 2014)

így az nem is tud egyszerűen felmelegedni (lásd 1. ábrán). Ez azért is fontos, mert a tehenek napjuk nagy részét, 10-14 órát is akár fekvébe töltenek, és csak nyugodt körülmények között képesek maximalizálni a tejtermelést (Wagner-Storch és mtsai., 2003). A száraz, tiszta, csúszásmentes pihenőhely csökkenti a tőgygyulladás és a lábvégbetegségek előfordulását, hozzájárulva ezzel az állatok egészségének megőrzéséhez és a termelési ciklus zavartalanságához, csökkentve az állatorvosi és gyógyszeres kezelések előfordulását. A szarvasmarha szervezetének legfontosabb tápanyaga a folyadék, hiszen minden élettani folyamatban alapvető szerepet tölt be, például az emésztésben, a hőszabályzásban, az anyagcsere reakcióban és a tejtermelésben egyaránt, de nem elhanyagolható a nyálképzésben sem. A tej 85-88%-a vízből áll, így a megfelelő vízellátás a jó termelés kulcsa (Internetes hivatkozás 2). A tehenek vízigényét elsősorban a tejtermelés szintje, a takarmány típusa és a környezeti hőmérséklet határozza meg.

Egy nagy tejtermelésű, 30-40 liter tejet adó tehén napi vízfogyasztása elérheti akár 100-120 liter vizet is, különösen meleg időjárás esetén, amikor a hőség fokozza a folyadékvesztést. A vízhiány gyorsan csökkenti a takarmányfelvételt, rontja a bendőfermentáció hatékonyságát, és közvetlenül limitáló tényező a termelésben. A zöldtakarmány részben fedezi a vízigényt, de a lédús takarmányok sem helyettesítik a friss ivóvizet, amelyhez az állatoknak *ad libitum* kell hozzáférniük (Can és Boğa, 2025).



2. ábra Nyílt vizű itató
Forrás: (Saját forrás 2025)

A víz minősége legalább olyan fontos, mint a mennyisége. A szennyezett vagy kellemetlen ízű víz csökkenti a fogyasztást, ami közvetlenül rontja a tejtermelést és az állatok egészségi állapotát. Kutatások alapján túl hideg (3-4 °C) ivóvíz akár 10-11%-kal is csökkentheti a tejjhozamot, mivel az állatnak energiát kell fordítania a víz felmelegítésére (Incze, 2007). Ezért a víz hőmérséklete, tisztasága és állandó hozzáférése kulcsfontosságú tényező. Az itatóberendezések megfelelő elhelyezése és rendszeres tisztítása szintén elengedhetetlen. A szarvasmarha a nyílt

vizű itatókat szereti, mely felé keretet helyeznek az itatóba való belépés megakadályozására (lásd 2. ábrán). Amennyiben a tehén nem jut könnyen friss vízhez, az étvágya csökken, romlik a takarmány hasznosulása, nő a betegségek előfordulása és összességében romlik a gazdaság jövedelmezősége (Szabolcs, 2024).

2.2 THI index jelentősége

A hőstressz mértékének meghatározására szolgál a hőmérséklet–páratartalom index (THI), amely szerint 75-ös érték felett már élettani stresszreakciók figyelhetők meg, míg 84 felett súlyos hőterhelés áll fenn. A relatív páratartalom ideális értéke 50 és 70% között van. Ez az a sáv, amelyben a hőleadás még zavartalan, az istállóklíma pedig megfelelően szabályozható. Magasabb páratartalom esetén, különösen zárt istállóban, megnő a levegő ammóniatartalma is, amely irritálhatja a légutakat, rontva ezzel az állat általános egészségügyi állapotát (Tomjankovich és Székely, 2024).

A THI index pontos megítélését egy képlettel számoljuk ki, amely a környezeti hőmérséklet és levegő relatív páratartalmának együttes hatását fejezi ki:

$$\text{THI} = (1.8 \times T + 32) - [(0.55 - 0.0055 \times \text{RH}) \times (1.8 \times T - 26.8)]$$

Ahol a T a levegő hőmérséklete (°C-ban), RH pedig a relatív páratartalom (%). A képletben szereplő 1.8-as szorzó a Celsius és a Fahrenheit skálák közötti átváltás biztosítja, mivel az egyenlet eredetileg Fahrenheit fokban lett meghatározásra. A THI értéke jól jellemzi a környezet hőterhelését, és segítségével meghatározható, mikor éri el az állat komfortzónájának felső határát és mikor jelentkeznek a hőstressz élettani jelei (Nam és mtsai., 2024).

2.2. Klimatikus tényezők és azok hatásai a különböző termelési mutatókra

2.2.1. Tejtermelés

A tejelő szarvasmarhák tejhozama szoros összefüggést mutat a környezeti tényezőkkel, amelyek közül a legjelentősebb a hőmérséklet, a páratartalom, a légmozgás és a napsugárzás. Ezek a klimatikus tényezők együttesen határozzák meg az állatok hőháztartását, és ezen keresztül befolyásolják a tejtermelést, a tej összetételét, valamint az állatok általános egészségi állapotát és jóllétét (West, 2003). A laktáció során a tehenek jelentős mennyiségű metabolikus hőt termelnek, amelyet a szervezetnek hatékonyan kell leadnia, ha ez nem történik meg, hőstressz alakul ki, ami komoly élettani, hormonális és anyagcsere változásokon keresztül csökkenti a tejhozamot (Rhoads és mtsai., 2009).

A hőmérséklet növekedése kulcsfontosságú tényező a tejhozam csökkenésében. A 25 °C feletti környezeti hőmérsékletben az állatok energiát fordítanak a hőleadásra, például fokozott légzésre, miközben a takarmányfelvétel csökken (Rhoads és mtsai., 2009).

A csökkent táplálékbevitel és az energiaallokáció eltolódása miatt a szervezet először az alapvető élettani funkciókat biztosítja, például a szív és emésztőrendszer működését, majd a tejtermelést támogatja, ezért az energiaforrások csökkenése közvetlenül mérsékli a tej mennyiségét (Bouraoui, 2002). A környezet páratartalma jelentősen befolyásolja a tejmennyiségét azáltal, hogy a magas levegőnedvesség csökkenti a párologtatás hatékonyságát, és gyorsítja a testhőmérséklet emelkedését (Zimbelman és mtsai., 2009).

Az emelkedett testhőmérséklet hormonális válaszokat indít el, nő a kortizol szintje, ami a szervezet energia felhasználását az alapvető életfunkciók fenntartására irányítja, miközben csökken a prolaktin és a növekedési hormon (GH) aktivitása, amelyek a tejszintézis és a tejmirigy anyagcsere folyamatainak fenntartásáért felelősek (Bernabucci és mtsai., 2010). A prolaktin alacsony szintje közvetlenül mérsékli a tej szintézisét, míg a GH aktivitásának csökkenése lassítja a glükóz és aminosavak tejmirigybe történő transzportját, így a tejtermelés jelentősen visszaesik.

A napsugárzás intenzitása szintén befolyásolja a tejhozamot. Közvetlen sugárzásnak kitett legelőkön vagy nem megfelelően árnyékolt istállókban a tehenek testhőmérséklete gyorsabban emelkedik, ami miatt több időt töltenek állva és kevesebbet fekszenek, nyugalmi helyzetben. A kérődzés csökkenése miatt a takarmány emésztése és a tápanyagok hasznosulása mérséklődik, ami közvetlenül csökkenti a termelést (Collier és mtsai., 2006).

A légmozgás hiánya is súlyosbító tényező a tejtermelés szempontjából. A rosszul szellőztetett istállókban a magas hőmérséklet és páratartalom gyorsan fokozza a testhőmérséklet emelkedését, ami mérsékli a tejtermelést. Ezzel szemben a megfelelő légcsere, illetve a ventilátorok (lásd 3. ábrán) locsolásos hűtési rendszerekkel kiegészített alkalmazása csökkenti a hőterhelést, növeli a takarmányfelvételt és optimalizálja a hormonális egyensúlyt, ami közvetlenül fenntartja a tejhozamot és javítja a tej minőségét (lásd 4. ábrán) (Flamenbaum és Galon, 2010).

A klimatikus tényezők hatása a tejtermelésre nem csupán az összesített napi tejhozam csökkentésében mutatkozik meg, hanem a tejtermelés napi ritmusának és a laktációs görbe alakulásának módosulásában is. A magas hőmérséklet és páratartalom hatására a tehenek gyakran módosítják a napi takarmány felvételi és a pihenési szokásaikat, ami közvetlenül befolyásolja a tejmirigy működésének időbeni mintázatát (West, 2003).

A legmelegebb órákban a tehenek kevesebbet kérődzenek és többet állnak, ami a tej termelésének rövid távú csökkenését eredményezi, még akkor is, ha a napi összes tejhozam az esti órákban részben kompenzálódik (Rhoads és mtsai., 2009).



3. ábra Ventillációs szellőztetés
Forrás: (Saját kép 2025)

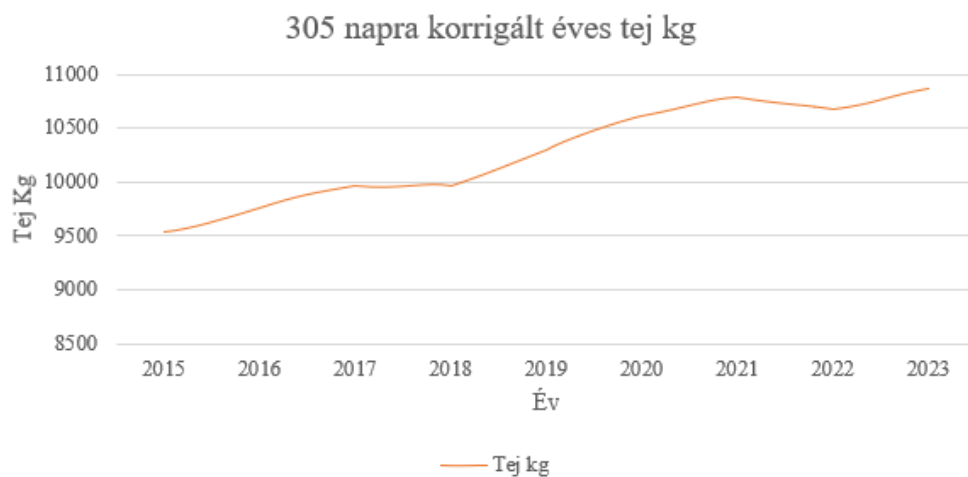
A klimatikus tényezők hatására a laktációs görbe meredeksége és csúcsteljesítménye is módosul. A magas hőmérséklet miatti energiaráfordítás a testhőmérséklet szabályozására korlátozza a laktáció korai szakaszában a maximális tejhozam elérését, így a csúcsteljesítmény alacsonyabb lesz és a laktációs időszak hossza rövidülhet (Collier és mtsai., 2006).

Ez hosszú távon jelentős gazdasági veszteséget okozhat, mivel a tehenek kevesebb tejet termelnek az egész laktáció alatt. Továbbá a klimatikus tényezők hatással vannak a tejleadási viselkedésre is. A magas hőmérséklet hatására a tehenek gyakran gyorsabban adják le a tejet, miközben a tejmirigy teljes kiürülése nem biztosított, ami csökkentheti a tejelválasztás hatékonyságát és növelheti a mastitis kialakulásának kockázatát (Flamenbaum és Galon, 2010).



4. ábra Automata fejőrobot
Forrás: (Saját kép 2025)

Bár a klímaváltozás kedvezőtlenül befolyásolja a tejelő szarvasmarha állományokat, a megfelelő menedzsmenti fejlesztések, amelyeket a fejezet elején már említettem lehetővé teszik e hatások mérséklését. Ezt a következő diagrammal támasztom alá (lásd 5. ábrán).



5. ábra Éves magyar tejtermelések
Forrás: (ÁT Kft.)

Az alábbi diagram a 2015 és 2023 közötti időszakban Magyarországon megtermelt tej mennyiségét mutatja, a 305 napra korrigált éves átlag tejtermelés alapján. Hazánkban 2020 körül váltak egyre észlelhetőbbé a klímaváltozás hatásai, amelyekkel kapcsolatban számos tanulmány és cikk hívta fel a figyelmet arra, hogy ez kedvezőtlenül befolyásolhatja a haszonállatok termelőképességét. Ez természetesen igaz, azonban a tejtermelési adatok azt mutatják, hogy a klímaváltozás kedvezőtlen hatása a hazai szarvasmarha állomány tejhozamában egyelőre nem okozott csökkenést számottevően.

A grafikonon folyamatosan emelkedő trend figyelhető meg, amely arra utal, hogy a tejtermelés összességében növekedett az elmúlt években. A 2018-as évhez képest amikor a 305 napra korrigált éves tejtermelés 9 961 kg volt, 2023-ra ez az érték 10 683 kg-ra nőtt, ami 7,25%-os növekedést jelent. Amennyiben a változást a 2015-ös értéktől számítjuk, amikor a korrigált éves tejtermelés 9 377 kg volt, a növekedés mértéke 13,92%.

Bár a grafikonon két kisebb visszaesés is megfigyelhető 2018-ban és 2022-ben, ezek valószínűleg közvetett hatások következményei, például a takarmány minőség romlása miatt, amelyet az emelkedő hőmérséklet befolyásolhatott. Azonban a trend továbbra is pozitív, ami azt mutatja, hogy a 305 napra korrigált tejtermelés Magyarországon az elmúlt években stabilan növekvő tendenciát mutatott.

2.2.2. Beltartalom

A tejelő szarvasmarhák tejének beltartalmi mutatóira, különösen a fehérje és zsírtartalomra jelentős hatással van a környezet. A THI index emelkedése szoros összefüggést mutat a tej beltartalmi értékeinek romlásával. A legfrissebb kutatások alapján a magas THI értékek a tejfehérje koncentráció szisztematikus csökkenésével járnak, amely egyes vizsgálatok szerint 3-5 %-ot is elérhet (Chen és mtsai., 2024). Ez a fehérjecsökkenés nagyrészt a takarmányfelvétel mérséklődéséből és az energia-anyagcsere átrendeződéséből fakad, nem pedig abból, hogy a tejmirigy fehérjeszintézisre való képessége romlana fokozatosan (Corazzin és mtsai., 2020).

A zsírtartalom tekintetében a hőterhelés hatása kevésbé egységes, több vizsgálatban a koncentráció viszonylag stabil maradt, ugyanakkor az abszolút zsírhozam mérséklődött, mivel a teljes tejmennyiség csökken (Chen és mtsai., 2024). Ugyanakkor a zsírsav összetételben kimutatható változások figyelhetők meg, például a rövid és közepes láncú zsírsavak aránya mérséklődik, miközben a hosszú láncú zsírsavak részaránya emelkedik.

Ez a változás nem csupán a táplálóértéket módosítja, hanem a tej feldolgozási tulajdonságaira, például a sajtgyártás során a zsírgolyócskák viselkedésére is kedvezőtlen hatással lehet (Z. Liu és mtsai., 2017). A környezeti beavatkozások, például a hűtési rendszerek, ventilátorok, vízpermetezők alkalmazása azonban képes mérsékelni a beltartalmi értékek romlását (lásd 6. ábrán)



6. ábra Permetezéssel hűtés
Forrás: (Internetes forrás 3)

Egy kísérletben a hűtött állományokban magasabb tejfehérje koncentrációt mértek, mint a kontrollcsoportban, ami arra utal, hogy a megfelelő klímamenedzsment nemcsak a tej mennyiségét, hanem annak minőségét is kedvezően befolyásolhatja (Kaufman és mtsai., 2020).

Állattenyésztési szempontból a magas hőmérséklet és páratartalom az egyik legjelentősebb kockázati tényező, amely a takarmányfelvétel csökkenésén keresztül, illetve az anyagcsere és hormonális szabályozás átrendeződésével közvetlenül befolyásolja a tej összetételét. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy a laktáció csúcspontján lévő tehenek, amelyek energiaigénye eleve magas, hőterhelés hatására kevesebb szárazanyagot vesznek fel, és a rendelkezésre álló tápanyagok elsősorban a hőszabályozásra, nem pedig a tejmirigy működésére fordítódnak (Chat és mtsai., 2023).

A tejfehérje koncentráció csökkenése jól ismert következmény, amely gyakran 3-5%-os mérséklődést jelent. Ennek oka, hogy a csökkent takarmányfelvétel mellett az aminosavak tejmirigybe történő beépülése is korlátozódik, továbbá a hőterhelés a fehérjeszintézist szabályozó hormonok (pl. prolaktin, GH) aktivitását is csökkenti. Állattartási szempontból ez különösen fontos, mivel a fehérjetartalom csökkenése közvetlenül rontja a tej értékesíthetőségét a feldolgozóiparban, például a sajtgyártás során (Cartwright és mtsai., 2023).

A tejsír összetételben bekövetkező változás úgyszintén összefügg a klimatikus körülményekkel. A rövid és közepes láncú zsírsavak aránya csökken, míg a hosszú láncú zsírsavak aránya nő, ami az energia anyagcsere átrendeződésének következménye. Ennek hátterében az áll, hogy hőterhelés idején a szervezet fokozott mértékben mobilizálja a test zsírtartalékait, ami megváltoztatja a tejsír összetételét. Ez a gyakorlatban nemcsak a tej tápláléértékét, hanem a feldolgozhatóságát is befolyásolja, például a vaj és sajt minőségi paramétereit (Antanaitis és mtsai., 2024).

TEHÉNTÉJ	
víz (g/100 ml)	8,7
laktóz (g/100 ml)	4,8
zsírok (g/100 ml)	3,7
fehérjék (g/100 ml)	3,4
kazein (g/100 ml)	3
alapvető zsírsavak (g/100 ml)	0,10
ásványi anyagok (g/100 ml)	0,7
energiaérték (kJ/kg)	kb. 298,3

1. táblázat Tej összetétele
Forrás: (Internetes forrás 4)

Egy izraeli kísérletben a hűtött állomány tejének fehérjekoncentrációja szignifikánsan magasabb volt a kontrollcsoportéhoz képest, annak ellenére, hogy a külső klimatikus viszonyok szélsőségesen melegek voltak (Gao és mtsai., 2021). Hasonló eredményeket mutatott egy pakisztáni vizsgálat is, ahol a hűtési ciklusok számának növelése javította a tejsír és tejfehérje szintjét, miközben csökkentette az állatok testhőmérsékletét és stressz hormon szintjét (Hussain és mtsai., 2023).

A tej beltartalmi értékeinek (lásd 1. táblázatban) alakulása nem pusztán biológiai kérdés, hanem közvetlenül összefügg az állattartási technológiák színvonalával. A hőterhelés hatására kialakuló beltartalmi veszteségek mérséklése csak komplex tartástechnológiai megoldásokkal érhető el, amelyek a környezeti klímát szabályozzák, és ezzel hozzájárulnak a tejtermelés mennyiségi és minőségi stabilitásához (Liu és mtsai., 2024).

2.2.3. Egészség

A magas környezeti hőmérséklet közvetlenül és közvetett módon is károsan hat a szarvasmarhák egészségére. Közvetlen hatásként jelentkeznek a hőmérséklet emelkedésével összefüggő élettani zavarok, például az anyagcsere és hormonális működés változásai, immunrendszer gyengülése, valamint a betegségek iránti fokozott fogékonyság. Ez a fogékonyság többek között a fertőző betegségek, valamint a parazitás kórokozók gyakoribb megjelenésében nyilvánul meg, ami nagy veszélyt jelent az állomány egészségére (Szalai és mtsai., 2022).

Súlyos élettani hatásként a hőstressz csökkenti a takarmányfelvételt és megváltoztatja az emésztési folyamatokat, aminek következtében romlik a tápanyaghasznosulás, így az állatok általános kondíciója és ellenálló képessége szintén csökken. Ez a gyengébb immunválasz pedig hozzásegíti az állatokat különböző fertőző betegségek gyorsabb megfertőződéséhez és gyakrabban súlyosbodó lefolyásához (Solája, 2022).

Számos tanulmány rámutat, hogy a hőstressz által kiváltott immunrendszeri gyengülés növeli a légúti betegségek előfordulását, elsősorban a BRDC (*Bovine Respiratory Disease Complex*) kialakulásának valószínűségét. A BRDC egy multifaktoriális betegségkomplex, amely bakteriális és vírusos kórokozók együttes jelenlétéből ered, és amely különösen súlyosan érinti a hőstressznek kitett állatokat, akiknek csökkent a védekezőképességük (Konkoly, 2024).

A légzőszervi betegségek mellett a túlzott meleg hozzájárulhat más, metabolikus és szövetkárosító betegségek kialakulásához is. Például a bendő acidózis a leggyakoribb anyagcsere-zavar, amely akkor alakul ki, amikor a bendő savassága (pH-ja) tartósan a normálnál alacsonyabb szinten marad. A betegség lehet akut, amikor a pH hirtelen és erősen leesik, vagy krónikus, amikor a pH hosszabb ideig enyhén alacsony szinten marad. Előfordulása nőhet, amely az emésztőrendszer egyensúlyának felborulásából ered, tovább növelve az általános gyulladással állapotot és csökkentve a termelőképeséget (Kürthy, 2017).

A magas hőmérséklet támogatja a kedvezőtlen mikroklíma kialakulását az istállóban, amely elősegíti a patogén mikroorganizmusok és paraziták felszaporodását, tovább növelve a fertőzések megjelenésének gyakoriságát (Internetes forrás 5). Fontos megjegyezni, hogy a hőstressz hatása nem csupán a tejelő fajtáknál jelentkezik, hanem a hús és hízómarhák, illetve a fiatal borjak esetében is. Gyengíti az állatok növekedési teljesítményét, hátráltatja az egészséges fejlődést, és növeli az elhullási arányt (Wang és mtsai., 2020).

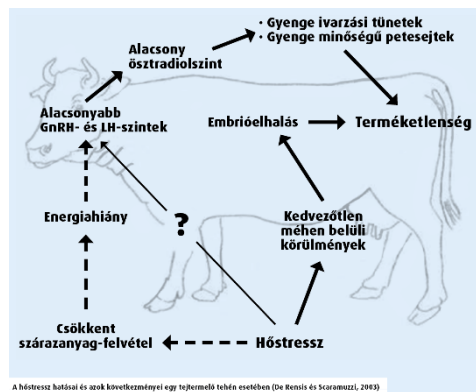
A magas páratartalom emellett kedvez a kórokozók, különösen a gombák és baktériumok elszaporodásának, ami növeli a légzőszervi és bőrbetegségek előfordulásának kockázatát. A szellőzés hiánya tovább súlyosbítja a problémát, hiszen a pangó levegőben felhalmozódó ammónia és egyéb káros gázok irritálják a nyálkahártyát, gyengítik a légzőrendszert, és hajlamosítanak a krónikus tüdőgyulladás kialakulására. Ez különösen fontos a borjak és fiatal állatok esetében, akik még nem rendelkeznek teljesen kifejlett immunválasszal (Callan és Garry, 2002).

A klimatikus tényezők hatása nem korlátozódik csupán a hőmérsékletre és a légmozgás mértékére, a levegő minősége ugyancsak kulcsfontosságú az állatok egészségének fenntartásában. A megfelelő légáramlás elősegíti a hőleadást, csökkenti a páratartalom helyi felhalmozódását, valamint mérsékli a káros gázok, például az ammónia koncentrációját az istálló levegőjében. A pangó levegő kedvezőtlen mikroklímát teremt, amely nemcsak a légzőszervi megbetegedések kockázatát növeli, hanem a stresszhormonok szintjének tartós emelkedéséhez is vezethet, ezáltal hosszabb távon csökkenti az immunválasz hatékonyságát (Bernabucci és mtsai., 2014).

A sugárzási tényezők szerepe is jelentős, különösen szabadtartású állományok esetében. A közvetlen napsugárzás a hőstressz mellett fotodermatitisz kialakulásához is hozzájárulhat, míg a fotoperiódus hosszú távon befolyásolja a hormonális aktivitást és az ivarzási ciklusokat, ami kihat a reprodukciós teljesítményre. Ennek mérséklésére a tartástechnológiában árnyékolók, megfelelő tájolású karámok és ligetes legelők alkalmazása javasolt (Szalai, Kovács, és mtsai., 2022).

A klimatikus stressz mérséklésében a takarmányozás optimalizálása is kulcsszerepet játszik. Az étrend kiegészítése antioxidánsokkal, vitaminokkal (E és C vitamin) és elektrolitokkal javítja az állatok stressztűrő képességét, elősegíti az immunválaszt, és csökkenti a termelési veszteségeket. Az állandó és bőséges ivóvízellátás biztosítása szintén alapvető, mivel a vízhiány a hőstressz hatásait tovább súlyosbítja, és közvetlenül rontja a tejhozamot és a növekedést (Rhoads és mtsai., 2010).

2.2.4. Reprodukció



7. ábra Hormonháztartás felborulása
 Forrás: (Halász, 2025)

Kiemelt figyelmet érdemel a hőstressz szaporodásbiológiai hatása. A magas hőmérséklet negatívan befolyásolja a reprodukciós hormonok, például a gonadotropin-releasing hormon (GnRH), a luteinizáló hormon (LH) és a tüszőstimuláló hormon (FSH) termelődését, ami a termékenység csökkenéséhez, alacsonyabb ivarzási aktivitáshoz és vetélések fokozott előfordulásához vezethet (lásd 7. ábrán). Ez a termékenyülési romlás komoly gazdasági veszteségeket okoz, mivel a szaporodási ciklus megborul, csökken a selejt tehének utáni pótlási aránya, mivel az elhullott vagy leselejtezett egyedeket az éves szaporulattal szokták pótolni. Ha az egyedek nem termékenyülnek, vagy csak nehezen, nagy a kockázata, hogy kevesebb jobb borjút tudnak a helyükre állítani (Internetes forrás 6).

A reprodukciós teljesítmény csökkenése mellett a hőstressz a megtermékenyülés sikerességét is negatívan befolyásolja. A magas hőmérséklet károsítja az oociták fejlődését, ami csökkenti a petesejt érettségét és a megtermékenyülés rátáját. Emellett a hőstressz csökkenti az uteroplacentális véráramlást, ami hátrányosan hat a magzati fejlődésre, és előfordulhat alacsony születési súly, valamint későbbi növekedési elmaradás (Sakatani és mtsai., 2012).

A tejelő fajták különösen érzékenyek a hőstressz reprodukciós hatásaira, mivel a magas tejtermelésből adódó metabolikus terhelés tovább súlyosbítja a hormonális egyensúly felborulását. Ennek következtében a tüszőérés gyakorisága csökken, a luteális fázis hossza változhat, és a termékenyülési ciklusok ritkábbá válhatnak (De Rensis és Scaramuzzi, 2003).

A fiatal állatok és a korai szaporodási időszakban lévő tehenek esetében a hőstressz miatti hormonális eltérések hosszabb távon csökkenthetik a szaporodási potenciált, ami közvetlen gazdasági hátrányokhoz vezet a tejtermelés és az állomány reprodukciós hatékonysága szempontjából. A hőstressz hatása kiterjed a megtermékenyítés utáni időszakra is. A korai embrionális fejlődés érzékeny a hőmérséklet ingadozásaira, így a tartósan magas hőmérséklet növeli az embrióvesztés és a korai vetélés kockázatát (Hansen, 2019).

A kombinált hatások, így a csökkent ovuláció, romló oocita-minőség és uteroplacentális perfúzió összességében jelentősen csökkentik az éves szaporulati arányt és a borjak számát, ami a gazdálkodás hatékonyságát közvetlenül érinti. A hőhatás súlyosbítja a luteális fázis zavarát is, ami a sárgatest hormonális működésének és az endometriális környezetnek a romlásához vezet, ezáltal csökkentve a megtermékenyített petesejtek beágyazódásának sikerességét (Bernabucci és mtsai., 2010).

A hőstressz nemcsak a hormonok mennyiségét, hanem azok pulzációs ritmusát is módosítja, ami késlelteti az ovulációt és csökkenti a domináns tüsző érését. A domináns tüsző hormonális aktivitásának csökkenése a sárgatest kialakulásának zavarához vezet, ami alacsonyabb progeszteronszintet eredményez, így a megtermékenyített petesejtek beágyazódásának sikeressége is csökken. A magas környezeti hőmérséklet a korai embriók számára kritikus oxigén és tápanyag ellátási hiányt okozhat az uteroplacentális véráramlás csökkenése miatt, ami növeli a korai embrióvesztés és a vetélés kockázatát. A páratartalom és a légáramlás jelentős szerepet játszik a reprodukciós teljesítmény alakulásában. A magas páratartalmú, nedves környezet gátolja a hőleadást, fokozza a testhőmérséklet emelkedését, és közvetett módon terheli az immunrendszert, ami csökkenti az ovuláció gyakoriságát és a termékenyülés sikerességét (Rensis és Scaramuzzi, 2003).

A hőstressz a luteális szövet hormontermelését is érinti. A sárgatest aktivitásának csökkenése nemcsak a progeszteronszintet, hanem a méhnyálkahártya receptivitását is negatívan befolyásolja, ami közvetlen hatással van a beágyazódás sikerességére és a korai embrionális túlélésre. Ez különösen kritikus a tejelő fajták esetében, ahol a magas metabolikus igények miatt a hormonális szabályozás kevésbé rugalmas, és a reprodukciós ciklus könnyebben felborul (Wolfenson és mtsai., 2000).

A magas THI nemcsak a felnőtt tehenekre, hanem a fiatal borjak ivari fejlődésére is kihat. A tartósan magas hőmérséklet korai pubertás eltolódását okozhatja, vagy a nemi szervek fejlődésének lassulását eredményezheti, ami hosszabb távon csökkenti a szaporodási potenciált és a termékenyülés korai sikerességét (Rhoads és mtsai., 2010).

Érdekes módon a klimatikus stressz a spermatogenezis folyamatát is befolyásolja a hímivarú állatokban. A hőemelkedés a here hőmérsékletét megemeli, ami a spermiumok minőségének és motilitásának romlásához vezethet. Ez a jelenség különösen a szezonális párosítású tenyészetekben okozhat gazdasági veszteséget, mivel a borjak számának csökkenésével együtt a pótlás és az állomány fiatalítása is elhúzódik (García-Ispuerto és mtsai., 2007). A fenti mechanizmusok együttesen rávilágítanak arra, hogy a klimatikus tényezők hatása a reprodukcióra nem csupán közvetlen hormonális úton jelentkezik, hanem komplex módon, metabolikus, endokrin és szöveti szinteken is érvényesül. A tartós hő és páratartalom stressz ezért kiemelt figyelmet igényel a tenyésztési stratégia, az ivarzásfigyelés és a fiatal állatok megfelelő nevelése szempontjából.

2.3. Hőstressz elleni védekezés módjai (takarmányozási módok, szellőztetés, vízágy)

A hőstressz elleni védekezés célja, hogy a tejelő szarvasmarhák hőkomfortját fenntartsuk, ezáltal csökkentve a termelési veszteségeket és az egészségkárosodás kockázatát. A védekezés alapvetően három fő irányra épül: a környezeti feltételek javítására, a takarmányozás módosítására és a tenyésztési, szelektációs lehetőségek kihasználására (West, 2003).

A környezeti védekezés lehetőségeiből már egy párat a fenti bekezdésekben említettem és képpel illusztráltam is, ezért ezeket csak emlékeztetésképpen írom ide. Az istállók szellőztetésének és árnyékolásának biztosítása a legfontosabb. Ezt a természetes és mesterséges szellőztetéssel, légcseréléssel a legkézenfekvőbb megvalósítani, például a ventilátorokkal vagy kereszt szellőztetéssel. A permetezőrendszerek és párologtató hűtés alkalmazása hatékonyan mérsékli a belső hőterhelést, mivel az apró vízcseppek hűtik az állat testét. Illetve ide sorolható a cirkuláltatható vízágy is, ami hűti az állatot, ha ráfekszik kérődzni, vagy csak pihenni. Kültéri tartás esetén elengedhetetlen a megfelelő árnyékot adó növényzet vagy árnyékoló szerkezet kialakítása, hogy védekezni tudjanak a nap káros sugarai ellen (Novotniné Dankó, 2018).

A takarmányozás módosítása a hőstressz elleni védekezés egyik leghatékonyabb eszköze, mivel a táplálkozás közvetlenül befolyásolja az állatok anyagcseréjét, hőtermelését és energiahasznosítását. Hőstressz idején a tejelő szarvasmarhák takarmányfelvétele csökken, ennek következtében az energia- és tápanyagbevitel is visszaesik, ami a tejtermelés mérséklődését vonja maga után (Baumgard és Rhoads, 2013). A csökkent takarmányfelvétel mellett a bendőfermentáció során keletkező hő tovább fokozhatja a szervezet hőterhelését, ezért a takarmányozás célja, hogy a bevitt energia mennyiségét növeljük anélkül, hogy a bendő hőtermelése fokozódna (Rhoads és mtsai., 2009).

A gyakorlatban ez energia- és tápanyagsűrűbb adagok kialakításával érhető el, például növényi olajokkal, védett zsírokkal vagy bypass fehérjékkel, amelyek emésztése során kevesebb hő keletkezik. A zsírbevitel emelése, a napi szárazanyag 5-6%-ig nemcsak a nettó energiaszintet javítja, hanem mérsékli a bendő fermentációs hőjét is. Emellett a fehérje minősége és hasznosulása is kulcsfontosságú de figyelni kell túlzott nyersfehérje bevitelre mert az kerülendő, mivel az ammónia detoxikálása és a felesleges nitrogén kiválasztása többletenergiát igényel, és fokozza a metabolikus hőtermelést (Angel és mtsai., 2018).

A takarmányozás időzítése is nagy jelentőséggel bír hőstressz idején. A szárazanyag felvétel és a bendőfermentáció optimalizálása érdekében célszerű a napi etetéseket a hűvösebb napszakokra (kora reggel, késő este) időzíteni, amikor a hőmérséklet és a hőterhelés alacsonyabb. Ilyenkor sokkal szívesebben vesznek magukhoz még táplálékot, mint a nagy melegben. Ez a gyakorlat nemcsak a felvett takarmány mennyiségét növeli, hanem az emésztési folyamatokat is hatékonyabbá teszi. Emellett a vízellátás mennyisége és minősége is alapvető fontosságú a hőstressz hatására a vízfelvétel akár 20-30%-kal is nőhet, ezért biztosítani kell a folyamatos, hűvös (15-20 °C) és tiszta ivóvízhez való hozzáférést (Bakony és mtsai., 2019).

A mikroelemek és vitaminok kiegészítése szintén jelentős szerepet tölt be a sejtek védelmében és az immunrendszer erősítésében. Hőstressz hatására növekszik a reaktív oxigénformák (ROS) képződése, amely sejtkárosodást és oxidatív stresszt vált ki. Ennek kiegyenlítésére ajánlott az antioxidáns hatású E és C vitamin, valamint a szelén és β -karotin pótlása, amelyek fokozzák a sejtthártyák stabilitását, a szaporodási funkciókat és a tej belső paramétereit. Az optimális antioxidáns ellátás különösen a nagy tejhozamú tehenek esetén kulcsfontosságú, mivel anyagcsere intenzitásuk magas, így könnyebben sérülnek a szabadgyökök által okozott károsodásokra (Das és mtsai., 2016).

A hőstressz elleni védekezés harmadik fontos pillére a tenyésztési és szelekciós lehetőségek kihasználása, amelyek hosszú távon növelhetik a tejelő állomány hőstressz toleranciáját. A különböző fajták és genetikai vonalak között jelentős eltérések mutatkoznak a hőkomfort fenntartásában, így a szelekció segítségével kiválaszthatók azok az egyedek, amelyek stabilabb tejhozamot és jobb reprodukciós teljesítményt mutatnak magas hőmérséklet esetén (Hansen, 2004).

A genetikai szelekció során figyelembe vehetők olyan fenotípusos és fiziológiai jellemzők, mint a testfelület/tömeg arány, a bőrszín és a szőrzet sűrűsége, amelyek közvetlenül befolyásolják az állatok hőleadó képességét. Emellett a légzőrendszer és a verejtékmirigyek működése is fontos szerepet játszik a hőszabályozásban. A hőstresszre való érzékenység mérésére alkalmazhatók például a testhőmérséklet, a légzési frekvencia, valamint a tejtermelés és reprodukciós mutatók változásai a magas hőmérséklet hatására (Cheruiyot és mtsai., 2022).

A modern tenyésztői gyakorlatban már alkalmaznak speciális hőstressz-szelekciós indexeket, például az olaszországi „Heat Tolerance Index” (HTI), amely a bikákat utódaik hőstressztűrő képessége alapján értékeli. Az ilyen indexek lehetővé teszik, hogy a hőstresszt jobban toleráló egyedek kerüljenek a tenyésztésbe, így a tenyészet hosszú távon stabilabb tejhozamot és jobb reprodukciós mutatókat érhet el a forró, stresszes időszakokban (Sándor, 2025).

A fajta és keresztezési stratégiák alkalmazása szintén alapvető jelentőségű a hőstressz elleni hosszú távú védekezésben. A helyi, jól alkalmazkodott fajták, például a Zebu (*Bos indicus*), természetes módon magas hőtoleranciával rendelkeznek, köszönhetően anatómiai és fiziológiai sajátosságaiknak, mint a ritkább szőrzet, kedvező testfelület/tömeg arány és fejlettebb verejtékmirigyek. Ezeknek a fajtáknak a keresztezése magas tejhozamú, de hőérzékeny fajtákkal, mint a holstein-fríz (*Bos taurus*), lehetővé teszi az olyan utód állatok létrehozását, amelyek egyszerre kombinálják a magas termelési potenciált és a jobb hőstressz toleranciát (Santana és mtsai., 2017).

A keresztezés során a heterózis előnyei is érvényesülnek: nő az állatok vitalitása, javul az anyagcsere hatékonyság és csökken a betegségekkel szembeni érzékenység, ami összességében stabilabb termelést és reprodukciós teljesítményt eredményez a hőstresszes környezetben (Oloo és mtsai., 2024).

Hőstressz-toleráns hibrid a Jamaica hope (lásd 8. ábrán) (jersey x zebu) egy jamaikai származású tejelő fajta, amely a trópusi éghajlathoz való alkalmazkodás javítása érdekében jött létre, és napi 12-15 liter tejtermelésre képes, miközben ellenálló a hőstresszel és a betegségekkel szemben (Schneeberger és mtsai., 1982).

A brazil nemesítésű a girolando fajta (lásd 9. ábrán), amely a gyr típusú zebu és a holstein-fríz tehének párosításával jött létre (gyr x holstein-fríz), kiváló példája a hőstresszel szemben ellenálló hibrideknek. A girolando egy olyan tejelő marhafajta, amely ötvözi a magas tejtermelési potenciált a trópusi éghajlathoz történő kimagasló alkalmazkodással (Alan Rotz és mtsai., 2009).



8. ábra jamaica hope
Forrás: (Zootencia, 2014)



9. ábra girolando
Forrás: (Internetes forrás 7)

2.4. Fejlesztések szerepe a szarvasmarha tartásban

A szarvasmarha tartás az elmúlt évtizedekben jelentős átalakuláson ment keresztül, amelyet elsősorban a technológiai, genetikai és menedzsmenti fejlesztések ösztönöztek. Ezek a fejlesztések lehetővé tették a termelés hatékonyságának növelését, a környezeti terhelés csökkentését, valamint az állatok jóllétének javítását. A technológiai fejlesztések területén kiemelhető az automata fejésrendszerek, az okos szenzorok, valamint a precíziós állattartási technológiák elterjedése. Ezek az eszközök valós idejű adatokat szolgáltatnak a környezetről, a tejtermelésről, a takarmányfelvételtől, a testhőmérsékletéről és a viselkedésről, ami lehetővé teszi a gyors beavatkozást például hőstressz vagy betegség gyanúja esetén (Caja és mtsai., 2016).

Az utóbbi években a klímaváltozás hatásai egyre nagyobb kihívást jelentenek a szarvasmarha ágazat számára, ezért a fejlesztések szerepe új értelmet nyert. A globális felmelegedés, a hóhullámok gyakoribbá válása, valamint a szélsőséges időjárási viszonyok arra kényszerítik a gazdákat, hogy olyan technológiai megoldásokat vezessenek be, amelyek csökkentik a hőstressz okozta termelési veszteségeket, és segítik az állatok alkalmazkodását a változó körülményekhez (Internetes forrás 8).

A piacon már számos innováció elérhető, amely kimondottan a klímaváltozás negatív hatásainak mérséklését célozza meg. Ilyenek például a precíziós klímaszabályozó rendszerek, az automata szellőztető és hűtőberendezések, valamint az állatok testhőmérsékletét és aktivitását figyelő szenzoros megoldások. Ezek az eszközök lehetővé teszik a gazdák számára, hogy valós idejű adatok alapján tudjanak döntést hozni, és időben beavatkozzanak, mielőtt bármilyen betegség vagy egyéb probléma kicsúcsosodna az állományban, és komolyabb károkat okozna (Molnár, 2024).



8. ábra Napenergia felhasználása
Forrás: (Internetes forrás 9.)

Fontos megjegyezni, hogy a technológiai fejlődés nem feltétlenül jár együtt a környezeti terhelés növekedésével. A modern rendszerek, például az energiatakarékos hűtőventilátorok, víztakarékos itatók és napenergiával működő rendszerek épp ellenkezőleg, hozzájárulhatnak a fenntartható állattartáshoz (lásd 10. ábra). A jól megválasztott beruházások révén a gazdaságok egyszerre csökkenthetik az ökológiai lábnyomukat és javíthatják a jövedelmezőségüket, ami különösen fontos a klímaváltozás okozta bizonytalan piaci és időjárási viszonyok között (Gowtham és mtsai., 2024).

A fejlesztések további jelentősége abban is megmutatkozik, hogy a modern technológiai megoldások integrálják az adatgyűjtést és a döntéstámogatást, ezáltal a menedzsmenti folyamatokat is átalakítják. Az úgynevezett „farm management szoftverek” amelyek a takarmányozási, szaporodásbiológiai és egészségügyi adatok összevetésével segítik a döntéshozatalt, lehetővé teszik a gazdák számára, hogy pontosabban tervezzék az állomány fejlesztését és a költségek optimalizálását (Dajka, 2024).

Magyarországon is van pár ilyen magyar fejlesztésű farm menedzsment szoftver, például a Riska vagy a piacvezető AgroVIR, ahova idén kezdték el bevezetni hatalmas sikerrel az állattenyésztési modult, ami pont ezekre a kérdésekre válaszol vagy eldöntendő szituációkban segít alátámasztani adatokkal. Az ilyen digitális rendszerek kulcsszerepet játszanak a „smart farming” irányzatban, amely az adatalapú, automatizált és környezetkímélő gazdálkodást célozza (Shalloo és mtsai., 2018).

A modern technológiai és digitális fejlesztések kulcsfontosságú szerepet játszanak a szarvasmarha tartás hatékonyságának, fenntarthatóságának és az állatjóllétének a javításában. A precíziós rendszerek, automatizált megoldások és adat vezérelt döntéstámogatók nemcsak a termelés stabilitását biztosítják, hanem lehetőséget nyújtanak a gazdálkodóknak arra, hogy a klímaváltozás és a piaci bizonytalanság okozta kihívásokkal is eredményesen szembenézzenek (Papakonstantinou és mtsai., 2024).

3. Anyag és módszer

A szakdolgozatomhoz szükséges adatelemzést a Kisdombgyházi Agro-Ferr Kft. Tejelő szarvasmarha telepén végeztem. A telepen jelenleg mintegy 500 tehenet fejnek, a szárazonálló állatokkal együtt körülbelül 600 egyed található, a szaporulatot is beleszámítva pedig a teljes állomány megközelítőleg 1200 egyedből áll.

A gazdaság egy korszerűen robotizált termelőistállóval rendelkezik, amelyben 12 darab DeLaval fejőrobot működik 4x3-as felosztásban. Az istálló karámrendszere zárható rekeszekkel van ellátva, melyek megkönnyítik az állatok csoportosítását és kezelését. Az épület különlegessége, hogy átlagosnál alacsonyabb belmagassággal és kereszt szellőztetéses légcserével rendelkezik, amely egyszerre biztosít hatékony légmozgást és kedvező mikroklímát az állatok számára. Ezek mellett 4 oldalról zárt ebből az egyik a ventilátorral felszerelt oldal (lásd 12. ábrán). Az istálló világítása programozott, energiatakarékos korszerű LED-es fényforrásokkal történik.

Az istálló északi fekvésű oldalán két sorban, a falba építve ventilátorok helyezkednek el. Ezek alaphelyzetben zárt „kapukkal” vannak ellátva, melyek működés közben automatikusan kinyílnak, így biztosítva a levegő szabad áramlását. Ezek a ventilátorok automatikusan érzékelőkkel és manuálisan kapcsolókon keresztül is tudnak működni. Az ellenoldal szinte teljesen nyitott, csupán egy higiéniai célokat szolgáló madárháló fedi, amely megakadályozza a fertőzőhordozók bejutását. A hálóra, valamint a sorok közé párasító gyűrűk, illetve párasító kapuk vannak telepítve, amelyek a nyári időszakban hatékonyan segítik az állatok és a levegő hűtését.

A rendszer működése során a ventilátorok „kapui” nyitott állapotban a szemközti nyitott oldalon keresztül szívják be a levegőt, így a légáramlás magával ragadja a vízcseppeket, amelyek a pára egyenletes eloszlását biztosítják az egész istállóban. Az istálló három sorában a mennyezetről folyamatosan mérő THI szenzorok vannak telepítve, amelyek az adatokat egy központi rendszerbe továbbítják. Ez a rendszer azonnali jelzést küld bármilyen rendellenesség vagy határérték túllépés esetén mind a számítógépes felületen, mind mobilalkalmazáson keresztül.

A telepen naponta egyszer etetnek. Az istállóban az etetőasztalokra kijuttatott takarmányokat önjáró, programozott takarmányrendező robot (DeLaval Optiduo) frissíti fel és rendezi vissza (lásd 11. ábrán). Működése során a takarmányt nem csupán tolja, hanem át is forgatja, ezáltal felfrissíti annak szerkezetét, ami elősegíti a jobb takarmányfelvételt (gyakrabban térnek vissza az etetőasztalhoz) és csökkenti a pazarlást.

A telepen kiemelt figyelmet fordítanak az állatok jóllétének biztosítására is. Az istállóban több környezetgazdagító elem található, melyek elősegítik az állatok komfortérzetét és csökkentik a stresszhatásokat. Ilyen például a forgókefe, amihez csak nekidől az állat és automatikusan forog ezzel vakarja a bőrét. Felszerelt vízágyas pihenőhelyekkel, amelyekben cirkuláltható kútvíz gondoskodik a fekvőfelület hűtéséről.

A fejés után a tehenek egy beton rácspadlós területre kerülnek, amely a trágya eltávolításának hatékony alternatíváját jelenti olyan istálló részekben, ahol nincs telepítve automatikus trágyalehúzó rendszer. A rácspadló kialakítása lehetővé teszi a trágya gyors elvezetését, ezáltal hozzájárul a higiénikus környezet fenntartásához és az egyedek lábainak egészségéhez.



9. ábra Takarmány toló és forgató robot
Forrás: (Saját kép 2025)



10. ábra Két soros ventilátor egységek
Forrás: (Saját kép 2025)

A telepen trágya kihúzó szalag működik a legtöbb helyen, ami beprogramozott időnként egyik irányból a másikba tolja a trágyát ez emésztőbe a két végpontján. Ahol nem lehetséges ilyen technológiát beépíteni, mint a fejőrobotok után ott beton rácspadló van kiépítve, hogy a trágya az emésztőbe könnyen eltávolítható legyen. A legtöbb helyen, ahol az állatok mozognak ott felmárt beton található a csúszásmentesség és a könnyen fertőtlenítés érdekében. Etető útra takarmányoznak, ami egy felület kezelt rész könnyen tisztántartható és nem koszolódik a takarmány.

A telepen közel 24 hónapos tömegtakarmány betárolása szükséges falközi silóval. A legalább két évre elegendő készlettel igyekszik felkészülni az esetleges kedvezőtlen termelési vagy időjárási évek hatásaira a telep.

A silók mellett hurkába töltött nedves, roppantott kukorica (nedves DDGS) is tárolásra kerül (lásd 14. ábrán), amely rostban gazdag, magas tápértékű takarmánykomponenst biztosít az állatok számára. Ez a takarmányforma hozzájárul az optimális bendőműködés fenntartásához és a tejtermelés gazdaságosságához, így fontos szerepet tölt be a telep takarmányozási stratégiájában.

Jelenleg folyamatosan fejlődik a gazdaság és ez alól a tárolók sem kivételek, folyik egy takarmány tároló és keverő épület építése, ahol három nagy toronyban alap gabonák, illetve hét kisebb toronyba már receptura alapján bekevert takarmányt fognak tudni tárolni és adagolni a saját telepükön. (lásd 13. ábrán)



11. ábra Takarmány keverő és tároló
Forrás: (Saját kép 2025)



14. ábra Hurkába töltött nedves DDGS
Forrás: (Saját kép 2025)

A telepen egyedi ketreces borjúnevelés történik. Ezt követően megtalálható a csoportos tartású borjúkarám, a Steimann ketreces borjúnevelés, valamint az előkészítős üszők elhelyezése.

A csoportos tartásban nevelt borjak egy tágas kifutóval és legelőrészsel is rendelkeznek, amely lehetőséget biztosít a szabad mozgásra, a legelésre, valamint a fák árnyékában történő pihenésre. Ez különösen nyári időszakban kedvező, hiszen hozzájárul a hőstressz csökkentéséhez és az állatok komfortérzetének javításához. A száraz, természetes talajon való tartás elősegíti a lábvégek megerősödését, és csökkenti a lábvég megbetegedések kockázatát, amelyek a későbbi termelésben limitáló tényezőként jelentkezhetnek.

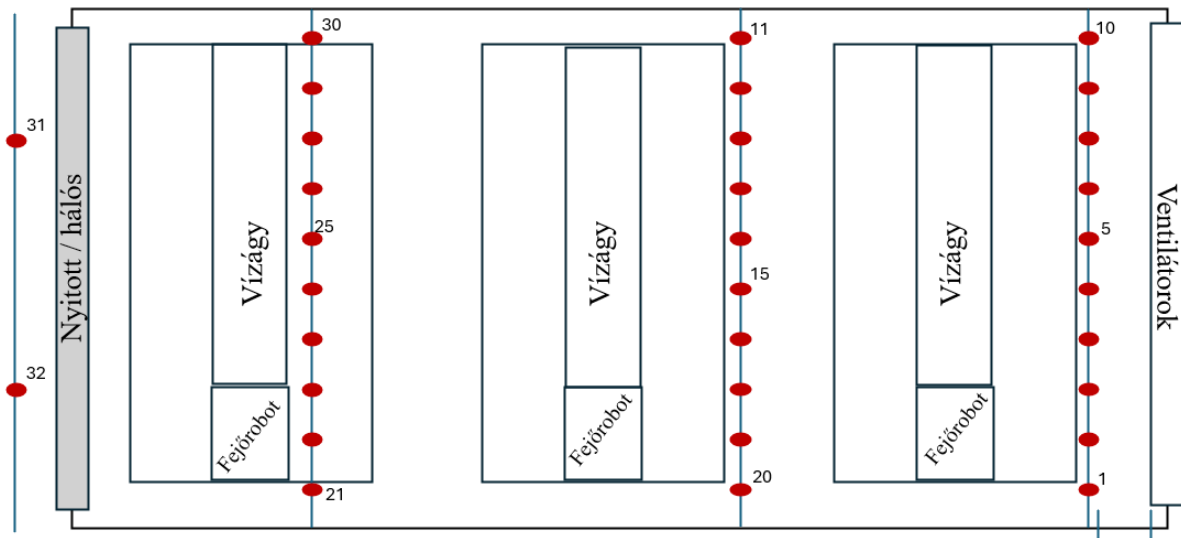
A Steimann ketreces tartás a telepen a megszokottnál fejlettebb módon történik. A borjúketrecek nem fedetlen, kültéri területen helyezkednek el, hanem egy zárt, jól szellőző, ventilátorokkal felszerelt épületben. Ez a megoldás hatékony védelmet nyújt a túlzott napsugárzás és a szélsőséges hőmérsékleti viszonyok ellen, miközben biztosítja az állandó légcserét és a megfelelő mikroklímát. Az épületben egy automatikus tejtaxi rendszer működik, amely a borjak tejítatását és tápanyagellátását automatizáltan és pontosan végzi, ezáltal csökkentve a humán munkaerő igényt és az etetési hibák lehetőségét.

Az előkészítő üszök egy régebbi, de modernizált épületben kerültek elhelyezésre, amely szintén ventilációs rendszerrel és egy kisebb kifutóval van ellátva. Az épület belmagassága alacsonyabb az átlagosnál, ami kedvezően befolyásolja a levegő áramlását, mivel a ventilátorok hatékonyabban képesek átszellőztetni a teljes teret, nem csupán az épület felső részét.

A vizsgált telepen a termelő tehenek felett sorosan 32db THI érzékelő van elhelyezve úgy, hogy az istálló teljes területét lefedjék a szenzorok. Ezek segítségével összehasonlítom, 4 hónap (május, június, július, augusztus) termelési adatait a tej bel tartalmi (zsír és fehérje) mutatóit a szaporodásbiológiai mutatókat és a kikerüléseket. Az adataim a Delpro és a Talp telepírányítási szoftverekből származnak.

4. Eredmények és értékelésük

4.1 A THI index alakulása a telepen



15. ábra THI mérők elhelyezkedése
Forrás: (Saját rajz)

Az alaprajz jól szemlélteti (lásd 15. ábrán), hogy a THI mérők egyenletesen helyezkednek el az istálló teljes területén, lehetővé téve a mikroklimatikus viszonyok pontos feltérképezését. A THI mérőpont adatai alapján megállapítható, hogy a legkedvezőbb klimatikus értékeket a 10-es, 5-ös, 15-ös és a 11-es érzékelők környezetében rögzítették.

Az érzékelők a 4 hónap alatt mért átlag adatai: A 10-es érzékelő 67,768-as átlag THI-t mért, az 5-ös 67,364-es átlagot, a 15-ös 67,455-ös átlagot míg a 11-es THI érzékelő 74,045-ös átlagot mért.

Ezek a pontok az istálló azon részén találhatóak, ahol a légáramlás és a hűtési rendszer hatása a legintenzívebb. Ennek következtében itt a hőmérséklet és a páratartalom kombinációját kifejező THI értékek a legalacsonyabbak, ami a hőstressz mérséklődését jelzi. Jól látható, hogy az istállón kívül is van kettő mérő a légbeáramlási oldalon, ez mind azért, hogy figyeljük a beérkező és a telep körüli levegőt.

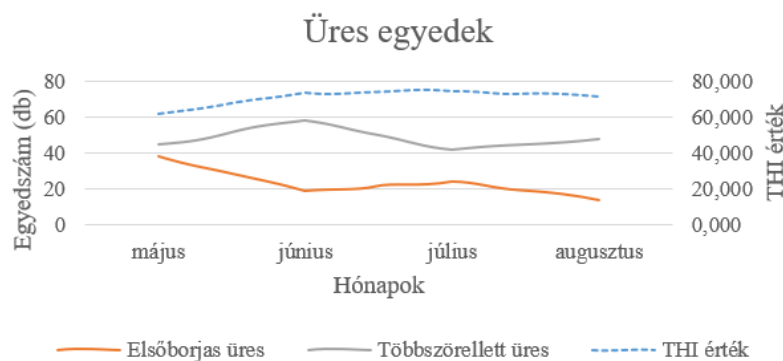
A centrumtól távolodva, különösen a nyitott oldalfal irányába haladva, fokozatosan emelkednek a THI értékek. Ez arra utal, hogy a hűtési rendszer hatékonysága az istálló középső zónájában a legkedvezőbb, míg a szélső részeken valamelyest gyengébb légáramlás és magasabb hőmérséklet jellemző. A légmozgás és páraszabályozás optimális működése kulcsfontosságú, mivel a tehenek komfortérzete, takarmányfelvétele és tejtermelése szoros összefüggést mutat a hőstressz mértékével.

A mért értékek tehát alátámasztják, hogy az alkalmazott klimatikus megoldások különösen a ventilátorok és vízpermetező rendszerek hatékonyan járulnak hozzá a hőterhelés csökkentéséhez. Ennek eredményeként az állatok komfortzónán belül maradnak, ami kedvezően hat a termelési és szaporodásbiológiai mutatókra is.

Az adatokból az is kiderül, hogy akár egy istállón belül is lehet eltérő mikroklímájú terület.

4.2 A THI index és a szaporodásbiológiai mutatók vizsgálata a laktációs szám függvényében

A következő diagrammok négy adatcsoport alakulását szemlélteti: a vemhesült egyedek, a visszaivarzók, valamint az üres egyedek arányát (lásd 16. ábrán) a THI értékek viszonylatában két csoportban vizsgálva.

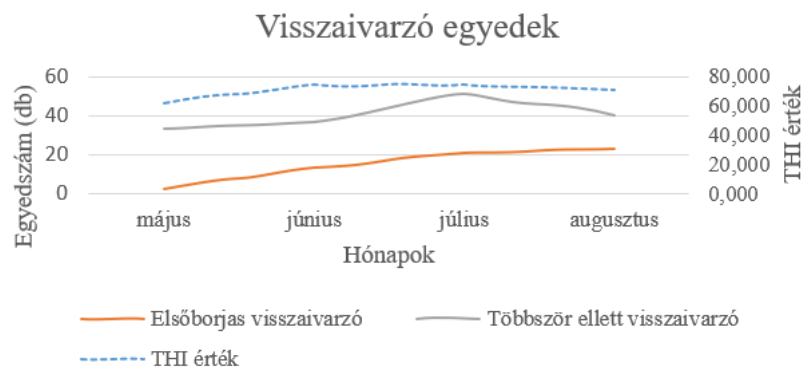


16. ábra Üres egyedek havi aránya
Forrás: (Saját táblázat telepi adatok alapján)

A legszembevetőbb trend az elsőborjas üres egyedek számának csökkenése, ami azt jelzi, hogy májusban jóval több volt az üres egyed, mint a nyári melegebb hónapokban. Ez kedvező jelenség, mivel a hőstresszes időszakban általában a termékenyülési arány romlása lenne várható. Ezzel szemben a többször ellett üres egyedek száma júniusban emelkedett, majd a következő hónapban csökkent, ezt követően ismét növekedést mutatott. E tendencia azonban nem hozható egyértelmű összefüggésbe a THI értékek változásával, mivel a két adatsor alakulása nem követi egymás trendjét.

Május hónapban az elsőborjas üres üszők aránya 38:63, míg a többször ellett üreseké 45:105 volt. Júniusban mindkét csoportban növekedett az elsőborjas teheneknél 19:39, a többször ellett csoportban pedig 58/129 volt ez az érték. Júliusban az elsőborjas aránya 24:55 volt,

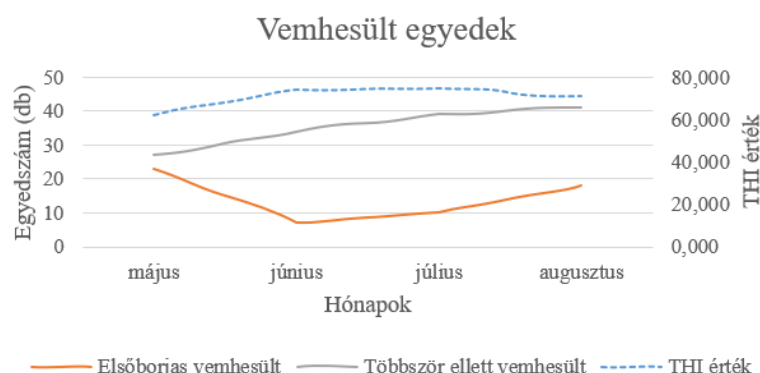
míg a többször elletteké 42:132. Augusztusban további mérsékelt javulás figyelhető meg az elsőborjas aránya 14:55, a többször ellett üreseké pedig 48:129 lett.



17. ábra Visszaivarzó egyedek havi aránya
Forrás: (Saját táblázat telepi adatok alapján)

Az elsőborjas visszaivarzó egyedek száma ezzel szemben fokozatos növekedést mutat (lásd 17. ábrán). Ugyanakkor, ha ezt a trendet a THI értékekkel összevetjük, nem figyelhető meg szoros összefüggés, így nem állítható egyértelműen, hogy a hőstressz hatására ivarzottak volna vissza az állatok. A többször ellett visszaivarzó egyedek aránya május és június hónapban viszonylag stabil maradt, majd egy kisebb tetőzést követően csökkenni kezdett.

Diagrammon megfigyelhető, hogy májusban az elsőborjas üszők visszaivarzási aránya 2:63, míg a többször ellett teheneknél 33:105 volt. Júniusban nőtt az aránya az elsőborjasoknál 13:39, a többször ellett csoportban 37:129 visszaivarzó egyedet figyeltek meg. Júliusban az arány enyhén csökken, elsőborjasoknál 21:55, többször ellett csoportban 51:132 volt. Augusztusban további javulás tapasztalható, az elsőborjasoknál 23:55, a többször ellett teheneknél 40:129 visszaivarzó volt.



18. ábra Vemhesült egyedek aránya havi bontásban
Forrás: (Saját táblázat telepi adatok alapján)

Az elsőborjas vemhesült egyedek aránya májusban viszonylag magas volt (lásd 18. ábra), majd júniusban csökkent, ezt követően azonban ismét emelkedni kezdett. Ez a változás sem mutat közvetlen kapcsolatot a THI értékek alakulásával, hiszen a nyári időszakban a hőmérséklet emelkedése ellenére nőtt a vemhesültek aránya. A Többször ellett vemhesült egyedek száma ezzel szemben májustól kezdődően folyamatos növekedést mutatott, még a nyári meleg hónapokban is, ami kedvező jelenségnek tekinthető. A három adat (üres, visszaivarzó és vemhesült egyedek) alakulása összességében kiegyensúlyozott, nem figyelhetők meg olyan nagy ingadozások, mint az elsőborjas egyedek esetében.

Az ábrán látható, hogy májusban az elsőborjas üszők vemhesülési aránya 23:63, míg a többször ellett csoportban 27:105 egyed vemhesült. Júniusban enyhe javulás figyelhető meg, az elsőborjasoknál 7:39, a többször ellett teheneknél 34:129 volt az arány. Júliusban tovább nő a vemhes állatok aránya, az elsőborjasoknál 10:55, a többször ellett állományban pedig 39:132 vemhes állatot regisztráltak. Augusztusban a vemhesülési arány stabilizálódik, az elsőborjasoknál 18:55, a többször ellett teheneknél 41:129 volt vemhes állat.

A telep elsőborjas egyedeinél megfigyelhetők bizonyos ingadozások a szaporodásbiológiai mutatókban, azonban a diagram alapján nem állapítható meg egyértelműen, hogy ezek a változások a hőmérsékleti hatások következményei lennének. A THI értékek ugyanis nem mutatnak olyan mértékű eltérést, amely ezt alátámasztaná. A diagram jól szemlélteti, hogy az adatsorok ebben az esetben sokkal egységesebbek és kevesebb a kiugró érték, mint az előző ábrán. Négy fő adatsort különíthető el: az üres egyedek, a visszaivarzók, a vemhesült egyedek és a THI értékek.

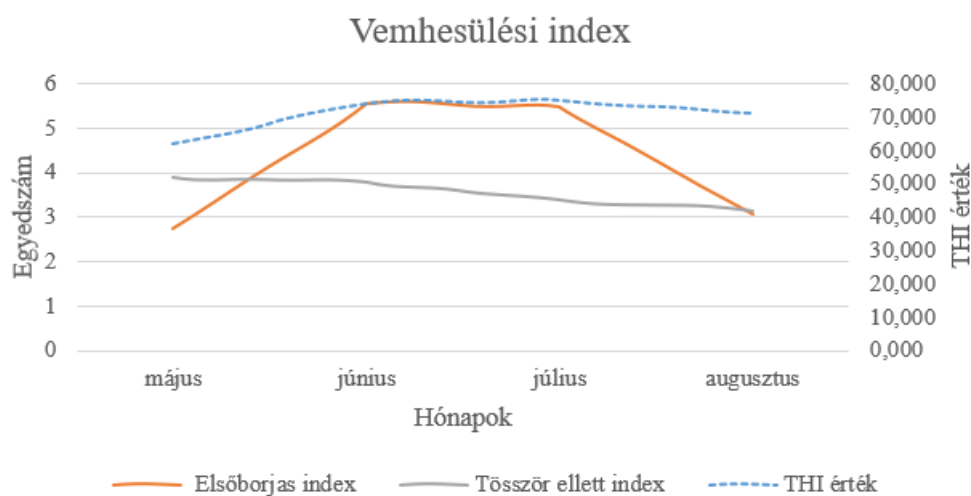
A többször ellett tehenek esetében a szaporodásbiológiai mutatók a nyári hónapok során stabilnak tekinthetők. A vemhesülési arány egyenletes növekedést mutatott, és sem a hőmérsékleti változások, sem egyéb környezeti tényezők nem gyakoroltak számottevő negatív hatást a reprodukciós teljesítményre. Ennek hátterében valószínűleg az áll, hogy a több laktációt megélt egyedek szervezeti fejlettsége magasabb, így a magzat fejlődése mellett nincs szükségük többletenergiára saját növekedésükhöz.

A két csoport összehasonlításából jól látható, hogy míg az elsőborjas egyedeknél a visszaivarzók aránya folyamatos emelkedést mutat, addig a többször ellett teheneknél ez egy rövidebb tetőzést követően csökkenő tendenciát vesz fel. A vemhesülési arány alakulásában is jelentős különbség figyelhető meg, az elsőborjas egyedeknél nagyobb ingadozások tapasztalhatók, míg a többször ellett állatoknál egyenletes növekedés jellemző. Az üres egyedek aránya mindkét

csoportban hasonló mintázatot mutat, ugyanakkor ellentétes irányú, a többször ellett egyedeknél alacsony szintről indulva emelkedik, míg az elsőborjas egyedeknél magasabb értékről indulva csökkenő tendencia figyelhető meg.

Ezekből az adatokból látszik, hogy bár a 2025-ös év meleg rekordokat döntögetett, az istállóon belül - a korszerű technológiának köszönhetően - ennek kevésbé volt negatív hatása a szaporodásbiológiai mutatókra.

A következő táblázatban vemhesült és a termékenyített egyedek indexét vizsgálta (lásd 19. ábrán).



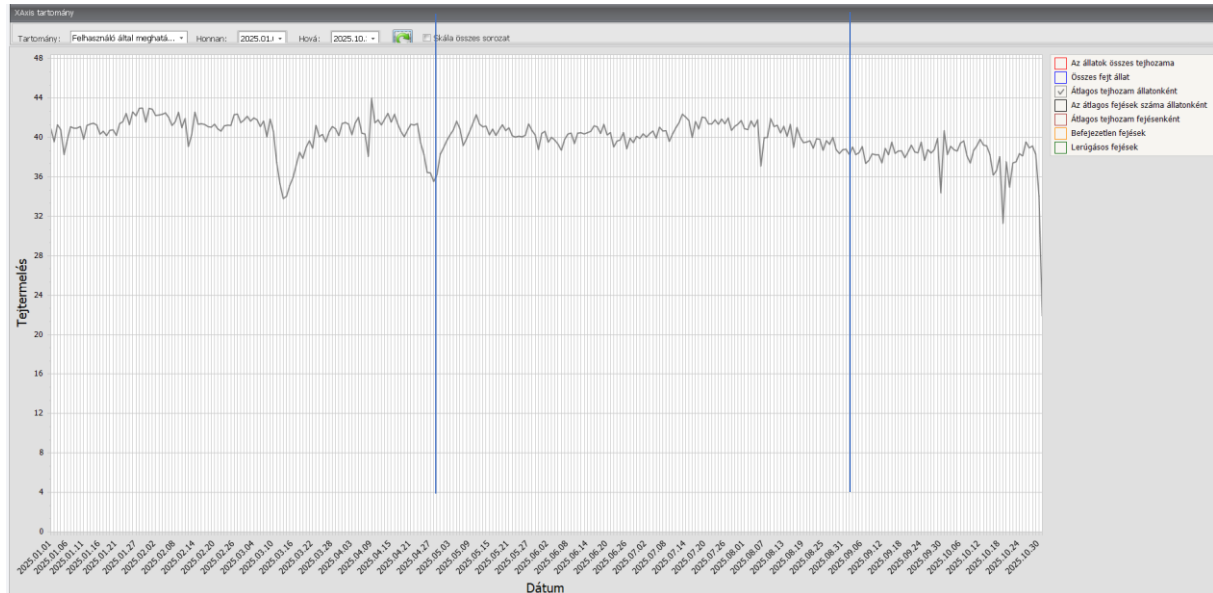
19. ábra Vemhesülési index
Forrás: (Saját táblázat telepi adatok alapján)

A vemhesülési index alakulását vizsgálva megállapítható, hogy az elsőborjas és a többször ellett tehének között jól érzékelhető különbségek figyelhetők meg. Az elsőborjas egyedeknél a vemhesülési index értéke májustól júliusig folyamatosan emelkedett, június-július hónapban érte el a csúcspontját, majd augusztusra csökkenő tendenciát mutatott. Ez arra utal, hogy a nyár elején a termékenyüléshez szükséges próbálkozások száma növekedett, ami a hőmérsékleti viszonyok változásával és az állatok alkalmazkodási folyamataival is összefüggésben állhat.

A többször ellett egyedek esetében ezzel szemben a vemhesülési index egyenletesebb lefutást mutatott, kisebb ingadozásokkal. A vizsgált időszakban a görbe enyhe csökkenést jelez, ami arra enged következtetni, hogy ezek az állatok jobban viselik a környezeti hatásokat, és szaporodásbiológiai szempontból stabilabb teljesítményt nyújtanak.

4.3 A tejtermelés alakulása a vizsgált időszakban a THI viszonylatában

A telep tejtermelését a Delpro telepírányítási rendszer diagramja alapján tudom elemezni (lásd 20. ábrán)



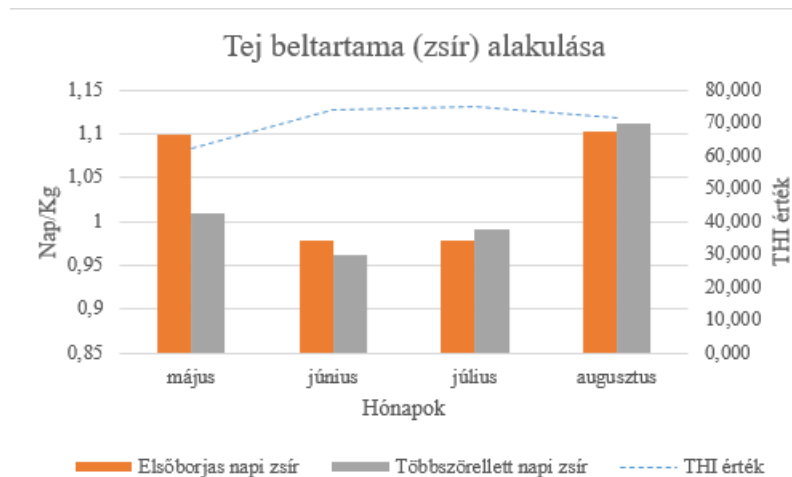
20. ábra Éves tejtermelés alakulása
Forrás: (Delpro szoftver)

Kijelöltem az általam vizsgált részt, ami a két kék vonal közé esik. A fenti 5. ábrán látható THI értékre szinte illeszkedik a tejtermelés a telepen. Nincs nagyon kiugró adat egy kicsit eltérő van 8. 07.-e környékén ott kicsit kevesebb volt a termelés, de azon kívül stagnál a termelés. Azon kívül bármikor picit visszaesett a termelés mindig vissza emelkedett legalább arra a szintre, ahonnan elkezdett csökkenni.

Így ez is alátámasztja, hogy a vizsgált telepen többek között a korszerű istálló infrastruktúra miatt a nagy melegben sem realizáltak termelés visszaesést.

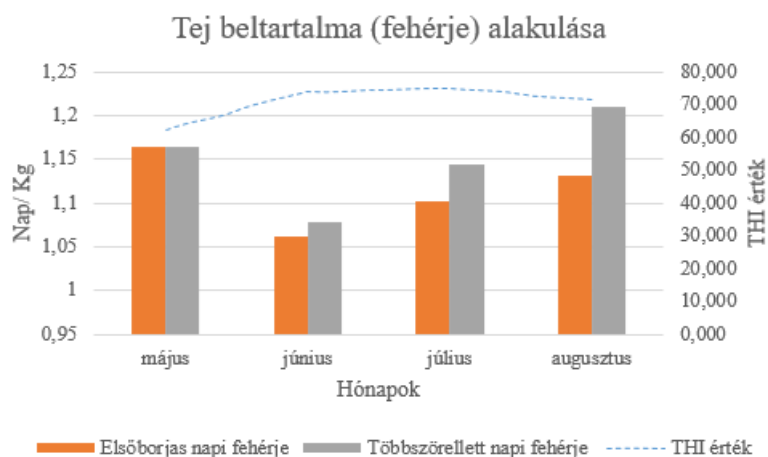
4.4 A tej beltartalom alakulása a THI viszonylatában

A tej zsírtartalmának alakulása (lásd 21. ábrán) alapján megfigyelhető, hogy mind az elsőborjas, mind a többször ellett tehenek esetében kisebb csökkenés következett be a nyári hónapokban. Májusban az elsőborjas tehenek napi zsírmennyisége megközelítette az 1,12 kg-ot, míg a többször ellett egyedeké 1 kg körül alakult. Júniusban és júliusban mindkét csoportban 0,9-0,95 kg közé csökkent a napi zsírtermelés, ami összefüggésbe hozható a magasabb hőmérséklettel és a THI értékek növekedésével. Augusztusra ugyanakkor ismét emelkedés figyelhető meg, ami arra utal, hogy az állatok részben alkalmazkodtak a hőmérsékleti viszonyokhoz, illetve a telepen bevezetett hőstressz kezelési intézkedések eredményesen ellensúlyozták a klíma hatásait.



21. ábra Napi tej zsírtartalom alakulása
Forrás: (Saját táblázat telepi adatok alapján)

A tej fehérjetartalmának változása (lásd 22. ábra) hasonló tendenciát követett, ugyanakkor valamivel stabilabb képet mutatott. Májusban a fehérjetartalom mindkét csoportban 1,15-1,20 kg/nap érték körül alakult. Júniusban és júliusban mérsékelt csökkenés volt megfigyelhető, majd augusztusra ismét növekedés következett be, különösen a többször ellett teheneknél, ahol a fehérjetartalom meghaladta a tavaszi szintet. Ez arra utal, hogy a tehenek fehérjeszintézise nem szenvedett számottevő károsodást a nyári hőmérsékleti viszonyok mellett sem, ami a jó telepi menedzsment intézkedések hatékonyságát igazolja.



22. ábra Napi tejfehérje alakulása
 Forrás: (Saját táblázat telepi adatok alapján)

Megállapítható, hogy a vizsgált telepen a nyári hőterhelés nem okozott jelentős beltartalmi romlást a tejben. A zsír és fehérjetartalom enyhe szezonális változása természetes jelenségnek tekinthető. Az, hogy a THI értékek növekedése ellenére a beltartalmi paraméterek stabilak maradtak, egyértelműen arra utal, hogy a klimatikus tényezők hatását a telepi menedzsment hatékonyan ellensúlyozta.

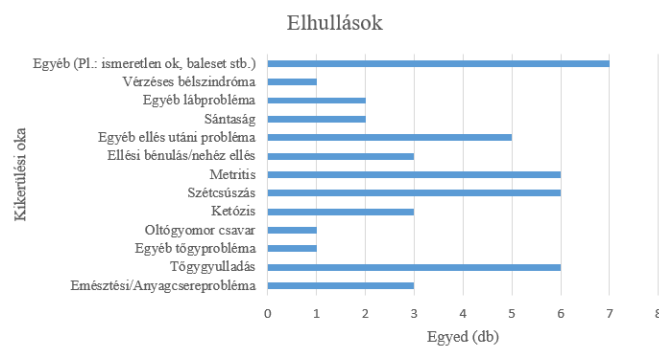
4.5 Telepen elhullás vagy leselejtezés okai

Az elhullások okait bemutató adatok szerint a leggyakoribb tényezők közé az ellési bénulás vagy nehéz ellés, a szétcsúszás, illetve az egyéb ellés utáni szövődmények tartoznak, melyek 5-7 egyedre érintettek. Ezen felül gyakran előfordult tőgygyulladás, valamint anyagcsere-eredetű problémák (pl. ketózis, bendőacidózis), amelyek 2-4 esetben jelentkeztek. Ritkábban oltógyomor-csavarodás, lábproblémák és balesetek is szerepeltek az okok között. Az elhullások többsége a peripartális időszakhoz köthető, amikor az anyagcsere-terhelés és a hormonális változások miatt az állatok különösen érzékenyek. A halálozások száma azonban összességében alacsony, ami a hatékony állategészségügyi és takarmányozási menedzsmentet jelzi.

A selejtezési okok vizsgálata hasonló képet mutat. A legtöbb selejtezés az emésztési és anyagcsere-problémák (kb. 10-12 egyed) és az egyéb tőgyproblémák (kb. 10 egyed) miatt történt. Gyakori volt a ketózis, a méhgyulladás, valamint a *Staphylococcus aureus* okozta tőgygyulladás. A meddőség szintén több esetben indokolta az állatok kivezetését a termelésből, míg ritkábban zsírmáj, májelfajulás vagy légzőszervi betegségek szerepeltek okként.

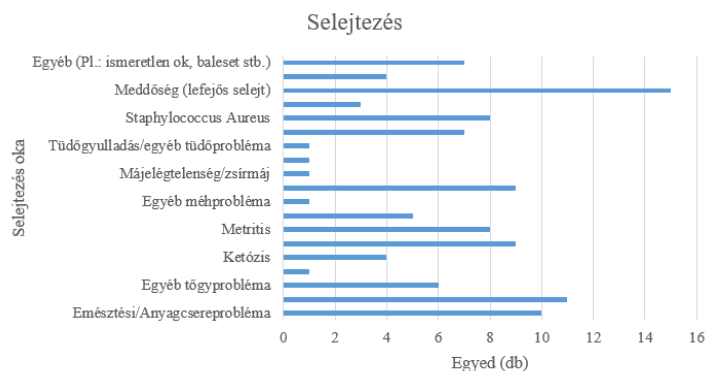
Az elhullási (lásd 23. ábra) és selejtezési adatok (lásd 24. ábra) összevetése azt mutatja, hogy a két kategória részben átfedést mutat: az anyagcsere és tőgyproblémák mindkét esetben meghatározóak. Ezek a zavarok elsősorban a peripartális időszakhoz köthetők, amikor a szervezet fokozott terhelés alatt áll, és a szaporodási problémák közvetlenül hatnak a termelésre és az életképességre is.

A vizsgált adatok alapján megállapítható, hogy a hőstressz nem gyakorolt közvetlen vagy kimutatható hatást sem az elhullások, sem a selejtezések alakulására a telepen. Az esetek többsége olyan élettani és anyagcsere eredetű okokra vezethető vissza, amelyek elsősorban a nagy tejtermelésű tehének fokozott energiaigényével és a peripartális időszak terhelésével állnak összefüggésben. A leggyakrabban előforduló problémák, mint az ellési bénulás, a tőgygyulladás, az anyagcserezavarok vagy a meddőség nem szezonális problémák.



23. ábra Elhullás a telepen

Forrás: (Saját táblázat telepi adatok alapján)



24. ábra Selejtezés a telepen

Forrás: (Saját táblázat telepi adatok alapján)

5. Következtetések

A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a Kisdombgyházi Agro-Ferr Kft. tejelő szarvasmarha telepén alkalmazott modern technológiai és környezeti megoldások hatékonyan járulnak hozzá a hőstressz negatív hatásainak mérsékléséhez. A THI értékek elemzése alapján az istálló klimatikus viszonyai a legtöbb mérési ponton a tehenek hőkomfort zónáján belül maradtak, ami arra utal, hogy a gazdaság megfelelően kialakított mikroklímával és hatékony légcserével rendelkezik. Mindez összhangban áll a szakirodalmi adatokkal, melyek szerint a megfelelően működtetett szellőztető és párasító rendszerek képesek jelentősen csökkenteni a hőstressz kialakulásának kockázatát, ezzel hozzájárulva az állatok teljesítményének fenntartásához.

A szaporodásbiológiai mutatók, mint a vemhesülési arány, a visszaivarzások száma és az üresen maradt egyedek aránya nem mutattak egyértelmű összefüggést a THI értékek változásaival. Ez azt jelzi, hogy a telep jól alkalmazkodik a hőmérsékleti ingadozásokhoz, és megfelelő környezetmenedzsmenttel, szellőztetéssel, valamint takarmányozási stratégiával képes fenntartani a termelési és reprodukciós teljesítményt még a nyári hőstresszes időszakokban is.

A vizsgálat rávilágított arra is, hogy a hőstressz elleni védekezés legfontosabb pillérei a környezeti feltételek optimalizálása, a takarmányozás korszerűsítése. A precíziós technológiai megoldások alkalmazása a gyakorlatban is jól működnek. Az állatok komfortérzete és jólléte szorosan összefügg a termelési stabilitással, amelyet a folyamatos szellőztetés, a megfelelő hőmérséklet és páratartalom szabályozás, valamint a rendszeres karbantartás biztosít. A vízágyas pihenőhelyek, a fejőrobotok és a takarmányrendező robot alkalmazása együttesen javítja az állatok komfortját és csökkenti a stresszhatásokat. Az eredmények alátámasztják, hogy a precíziós technológiai fejlesztések nem csupán gazdasági, hanem állatjóléti szempontból is megtérülő beruházások.

A vizsgált telep példamutató módon valósítja meg a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás elveit. A mérések és az adatelemzések igazolják, hogy a tudatos technológiai fejlesztések és a komplex menedzsmentrendszer hosszú távon fenntartható termelést, kiegyensúlyozott állat-egészségügyi állapotot és gazdasági stabilitást biztosítanak, még a fokozódó környezeti kihívások ellenére is. A telep tapasztalatai jól mutatják, hogy a precíziós állattartás és a környezetbarát technológiák együttes alkalmazása jelentős szerepet játszhat a magyar tejelő szarvasmarha ágazat versenyképességének megőrzésében.

7. Javaslatok

A vizsgálat eredményei alapján javasolható, hogy a hűtőrendszerek működését a telep egyes zónáiban tovább finomítsák, mivel a szélső területeken helyenként kissé magasabb THI értékek fordultak elő. Ennek megoldására kiegészítő ventilátorok vagy extra párasító egységek telepítése növelhetné a hőeloszlás egyenletességét. A takarmányozási gyakorlat további optimalizálása is javasolt: a nyári időszakban az etetéseket célszerű a hűvösebb napszakokra időzíteni, és antioxidáns kiegészítést (E és C vitamin, szelén) rendszeresen alkalmazni a sejtvédelem fokozása érdekében.

Továbbá célszerű lenne a szenzoradatokat hosszabb távon összekapcsolni a termelési és szaporodási mutatókkal, mivel ez segíthet pontosabban feltárni a klímahatások és a teljesítmény közötti finom összefüggéseket. A jövőbeni tenyésztési programokban érdemes megfontolni hőstressz-toleráns genetikai vonalak beépítését is, ami hosszú távon növelheti az állomány ellenálló képességét. Emellett a megújuló energiaforrások, például napelemek és energiatakarékos ventilátorok alkalmazása tovább erősíthetné a telep fenntarthatóságát és gazdaságosságát.

Elmondható, hogy a Kisdombgyházi Agro-Ferr Kft. tejelő szarvasmarha telepe jó példát mutat arra, hogyan lehet a modern technológia, a precíziós adatelemzés és a tudatos környezetmenedzsment révén a hőstressz hatásait minimális szintre csökkenteni. A dolgozat eredményei nemcsak a vizsgált telep számára bírnak gyakorlati jelentőséggel, hanem hozzájárulhatnak a hazai tejelő szarvasmarha-ágazat hőstressz elleni védekezési stratégiáinak továbbfejlesztéséhez is.

6. Összefoglalás

Az utóbbi években a globális éghajlatváltozás hatásai egyre inkább éreztetik hatásukat a mezőgazdaság és ezen belül az állattenyésztés területén is. A növekvő átlaghőmérséklet, a gyakori hőhullámok és a szélsőséges időjárási viszonyok közvetlenül befolyásolják a haszonállatok teljesítményét, egészségi állapotát és jólétét. A tejlő szarvasmarhák különösen érzékenyek a hőstresszre, mivel nagy tejtermelésük magas anyagcsere aktivitással jár, ami jelentős hőtermelést eredményez.

A szakdolgozat célja annak bemutatása volt, hogy a Kisdombgyházi Agro-Ferr Kft. tejlő szarvasmarha telepén milyen korszerű technológiai és menedzsmentmegoldásokat alkalmaznak a hőstressz hatásainak mérséklésére, és ezek a gyakorlatban milyen hatékonysággal működnek. A kutatás középpontjában a hőmérséklet páratartalom index (THI) értékek vizsgálata állt, amelyek segítségével a telep különböző pontjain jellemző mikroklimatikus viszonyokat lehetett elemezni. A mérések célja az volt, hogy feltárják a hőstressz kialakulásának mértékét, és megvizsgálják, kimutatható-e összefüggés a hőmérsékleti viszonyok, valamint a termelési és szaporodásbiológiai mutatók között.

A vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy a telepen kialakított modern technológiai és környezeti megoldások hatékonyan járulnak hozzá a hőstressz negatív hatásainak mérsékléséhez. A THI értékek elemzése során kiderült, hogy az istálló klimatikus viszonyai a legtöbb mérési ponton a tehének hőkomfort zónáján belül maradtak. A legkedvezőbb értékeket a ventilátorral és párástító rendszerrel ellátott zónákban mérték, ami igazolja a hűtési és légáram-technológia hatékonyságát. Az istálló elrendezése és a légcseré mértéke megfelelő, így a mikroklima stabilan fenntartható, még a nyári hónapokban is. Ezek az eredmények összhangban vannak a szakirodalmi adatokkal, amelyek szerint a megfelelő szellőzés, a párástítás és a légmozgás biztosítása alapvető feltétele a tejlő tehének hőstressz elleni védelmének.

A szaporodásbiológiai mutatók a vemhesülési arány, a visszaivarzások száma és az üresen maradt egyedek aránya nem mutattak egyértelmű összefüggést a THI értékek változásaival. Ez arra enged következtetni, hogy a telepen alkalmazott környezetmenedzsment képes ellensúlyozni a hőstressz negatív hatásait. A hőmérsékleti ingadozások tehát nem befolyásolták jelentősen sem a termelési teljesítményt, sem a szaporodásbiológiai mutatókat. Emellett a selejtezési és elhullási adatok sem mutattak kapcsolatot a magasabb THI értékekkel, ami a gazdaság hatékony menedzsmenti és technológiai gyakorlatának köszönhető.

A telepen alkalmazott precíziós technológiai rendszerek, mint a fejőrobot, a takarmányrendező robot, valamint a vízgyűjtő pihenőhelyek együttesen hozzájárulnak az állatok komfortérzetének javításához. Ezek az eszközök nemcsak a munkafolyamatokat teszik hatékonyabbá, hanem csökkentik a stresszhatásokat és elősegítik a pihenéshez szükséges optimális feltételeket. A takarmányozás szintén kulcsszerepet játszik a hőstressz elleni védekezésben az energiadús, de alacsony hőtermelésű takarmányadagok, valamint a folyamatos és hűvös vízellátás biztosítása elengedhetetlen a tejtermelés fenntartásához.

A vizsgálat eredményei alapján kijelenthető, hogy a hőstressz elleni védekezés legfontosabb elemei a megfelelő mikroklíma, a korszerű takarmányozás és a precíziós technológia a gyakorlatban is jól működnek, és kézzelfoghatóan javítják az állatjóllétet, valamint a termelés stabilitását. A Kisdombgyházi Agro-Ferr Kft. tejelőtelepe példamutató módon alkalmazza a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás eszközeit, amely hosszú távon is biztosítja a fenntartható, gazdaságos és állatbarát termelést.

A vizsgált telep tapasztalatai jól példázzák, hogy a modern technológia, a precíziós adagyűjtés és a tudatos menedzsmentrendszer együttesen képesek mérsékelni a hőstressz negatív hatásait, miközben stabil termelést és jó állategészségügyi állapotot biztosítanak. A dolgozat eredményei nemcsak a vizsgált gazdaság számára bírnak gyakorlati jelentőséggel, hanem szélesebb körben is alkalmazhatók lehetnek a hazai tejelő szarvasmarha ágazatban.

A hőstressz elleni védekezés tehát nem kizárólag technológiai kérdés, hanem komplex szemléletmódot igényel, amely magában foglalja a precíziós adatkezelést, a környezeti feltételek optimalizálását és az állatok jóllétének középpontba helyezését. A Kisdombgyházi Agro-Ferr Kft. példája jól mutatja, hogy a tudatos fejlesztések és a modern technológia alkalmazása képes biztosítani a fenntartható tejtermelést még a klímaváltozás egyre erősödő kihívásai mellett is.

7. Irodalomjegyzék/Felhasznált irodalmak

- Arias, R.A., Soto, F., Keim, J.P., 2024. Assessment of the effects of heat stress on the production of dairy cows by using two comfort thermal indices in Southern Chile. *J. Therm. Biol.* 124, 103942. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2024.103942>
- Bak, J., Pazsiczki, I., 2004. Szarvasmarha istállók természetes szellőztetése. FVM Mezőgazdasági Gépes. Intéz. Gödöllő. 2. Alan Rotz, C., Soder, K. J., Howard Skinner, R., Dell, C. J., Kleinman, P. J., Schmidt, J. P., & Bryant, R. B. (2009). Grazing Can Reduce the Environmental Impact of Dairy Production Systems. *Forage & Grazinglands*, 7(1), 1–9. <https://doi.org/10.1094/FG-2009-0916-01-RS>
- Angel, S. P., Amitha, J. P., Rashamol, V. P., Vandana, G. D., Savitha, S. T., Afsal, A., Bagath, M., Krishnan, G., & Sejian, V. (2018). Climate Change and Cattle Production: Impact and Adaptation. *Journal of Veterinary Medicine and Research*, 10, 1–12. <https://doi.org/10.47739/2378-931X/1134>
- Antanaitis, R., Džermeikaitė, K., Krištolaitytė, J., Ribelytė, I., Bepalovaitė, A., Bulvičiūtė, D., Tolkačiovaitė, K., & Baumgartner, W. (2024). Impact of Heat Stress on the In-Line Registered Milk Fat-to-Protein Ratio and Metabolic Profile in Dairy Cows. *Agriculture*, 14(2), 203. <https://doi.org/10.3390/agriculture14020203>
- Bakony M., Könyves L., Mézes M., Kovács L., & Jurkovich V. (2019). *Hőstressz tejelő tehenekben II. Az alkalmazkodást segítő takarmányozási megoldások—Irodalmi összefoglaló.* 397–408.
- Baumgard, L. H., & Rhoads, R. P. (2013). Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetics. *Annual Review of Animal Biosciences*, 1, 311–337. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-031412-103644>
- Bernabucci, U., Biffani, S., Buggiotti, L., Vitali, A., Lacetera, N., & Nardone, A. (2014). The effects of heat stress in Italian Holstein dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 97(1), 471–486. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6611>
- 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*, 4(7), 1167–1183. <https://doi.org/10.1017/S175173111000090X>

- 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: An International Journal of Animal Bioscience*, 4(7), 1167–1183.
<https://doi.org/10.1017/S175173111000090X>
- Bouraoui, R. (2002). (PDF) The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate. *ResearchGate*, 51(6), 479–491.
<https://doi.org/10.1051/animres:2002036>
- Caja, G., Castro-Costa, A., & Knight, C. H. (2016). Engineering to support wellbeing of dairy animals. *Journal of Dairy Research*, 83(2), 136–147. <https://doi.org/10.1017/S0022029916000261>
- Callan, R. J., & Garry, F. B. (2002). Biosecurity and bovine respiratory disease. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 18(1), 57–77. [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(02\)00004-X](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(02)00004-X)
- Can, M. E., & Boğa, M. (2025). Determination of Water Quality in Dairy Cattle Enterprises: A Case of Niğde Province. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 13(3), 766–776. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v13i3.766-776.7377>
- Cartwright, S. L., Schmied, J., Karrow, N., & Mallard, B. A. (2023). Impact of heat stress on dairy cattle and selection strategies for thermotolerance: A review. *Frontiers in Veterinary Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1198697>
- Chat, L., Thorup V M, Kudahl, A. B., & Ostergaard S. (2023, december 14). *Effects of heat stress on feed intake, milk yield, milk composition, and feed efficiency in dairy cows: A meta-analysis—PubMed*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38101736/>
- Chen, L., Thorup, V. M., Kudahl, A. B., & Østergaard, S. (2024). Effects of heat stress on feed intake, milk yield, milk composition, and feed efficiency in dairy cows: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, 107(5), 3207–3218. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-24059>
- Cheruiyot, E. K., Haile-Mariam, M., Cocks, B. G., & Pryce, J. E. (2022). Improving Genomic Selection for Heat Tolerance in Dairy Cattle: Current Opportunities and Future Directions. *Frontiers in Genetics*, 13. <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.894067>

- Collier, R. J., Dahl, G. E., & VanBaale, M. J. (2006). Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, *89*(4), 1244–1253.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72193-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72193-2)
- Collier, R. J., Dahl, G. E., & VanBaale, M. J. (2006). Major Advances Associated with Environmental Effects on Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, *89*(4), 1244–1253.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72193-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72193-2)
- Corazzin, M., Saccà, E., Lippe, G., Romanzin, A., Foletto, V., Da Borso, F., & Piasentier, E. (2020). Effect of Heat Stress on Dairy Cow Performance and on Expression of Protein Metabolism Genes in Mammary Cells. *Animals*, *10*(11), 2124. <https://doi.org/10.3390/ani10112124>
- Dajka M. F. (2024). A farmmenedzserszoftverek meghatározása és alapvető funkcióinak áttekintése. *STUDIA MUNDI - ECONOMICA*, *11*(3), 5–18.
<https://doi.org/10.18531/sme.vol.11.no.3.pp.5-18>
- 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*(3), 260–268. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.260-268>
- De Rensis, F., & Scaramuzzi, R. J. (2003). Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow—A review. *Theriogenology*, *60*(6), 1139–1151. [https://doi.org/10.1016/s0093-691x\(03\)00126-2](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(03)00126-2)
- Flamenbaum, I., & Galon, N. (2010). Management of heat stress to improve fertility in dairy cows in Israel. *The Journal of Reproduction and Development*, *56* Suppl, S36-41.
<https://doi.org/10.1262/jrd.1056s36>
- Foroushani, S., & Amon, T. (2022). Thermodynamic assessment of heat stress in dairy cattle: Lessons from human biometeorology. *International Journal of Biometeorology*, *66*(9), 1811–1827.
<https://doi.org/10.1007/s00484-022-02321-2>
- Gao, S. T., Guo, Z. T., Baumgard, L. H., Ma, L., & Bu, D. P. (2021). Cooling ameliorates decreased milk protein metrics in heat-stressed lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, *104*(11), 12139–12152. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20451>

- García-Ispuerto, I., López-Gatius, F., Santolaria, P., Yániz, J. L., Nogareda, C., & López-Béjar, M. (2007). Factors affecting the fertility of high producing dairy herds in northeastern Spain. *Theriogenology*, 67(3), 632–638. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2006.09.038>
- Gowtham, Prakash, K. V., Maski, D., Shirwal, S., Sreedhara, J. N., Reddy, G. V. S., & Raghavendra, V. (2024). Development of a Solar Powered Cooling System for Dairy Cattle Housing Structure. *International Journal of Environment and Climate Change*, 14(7), 766–775. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2024/v14i74316>
- Hansen, P. J. (2004). Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. *Animal Reproduction Science*, 82–83, 349–360. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.011>
- Hansen, P. J. (2019). Reproductive physiology of the heat-stressed dairy cow: Implications for fertility and assisted reproduction. *Animal Reproduction*, 16(3), 497–507. <https://doi.org/10.21451/1984-3143-AR2019-0053>
- Hussain, I. S., Ahmed, N., Ahmed, S., Akhter Maqsood, M., & Shaid, qamer M. (2023, 0 25). *Heat Stress Mitigation: Impact of Increased Cooling Sessions on Milk Yield and Welfare of Dairy Buffaloes in a Semiarid Summer—PubMed*. National Library of Medicine. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37958069/>
- Husvéth F., Nagy Szabó T., Pál L., Bercsényi M., & Farkas V. (2015). Bercsényi Miklós Farkas Valéria. *Magyar Tudomány*, 553–558.
- Incze, P. (2007, július 24). *A szarvasmarha vízigenye (Idényben)—2007. Július 24., kedd - 3szek.ro*. <https://www.3szek.ro/load/cikk/1550/a-szarvasmarha-vizigenye-idenyben>
- Kaufman, J. D., Bailey, H. R., Kennedy, A. M., Löffler, F. E., & Ríus, A. G. (2020). Cooling and dietary crude protein affected milk production on heat-stressed dairy cows. *Livestock Science*, 240, 104111. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104111>
- Konkoly M. (2024, augusztus 21). Ezek a BRDC állategészségügyi kihívásai. *Magyar Mezőgazdaság*. <https://magyarmezogazdasag.hu/2024/08/21/ezek-a-brdc-allategeszsegugyi-kihivasai/>
- Kürthy M. Z. (2017, február 20). Bendópufferek szerepe a tejelő szarvasmarhák takarmányozásában. *Agrárágazat*. <https://agraragazat.hu/hir/bendopufferek-szerepe-a-tejelo-szarvasmarhak-takarmanyozasaban/>

- Liu, E., Liu, L., Zhang, Z., Qu, M., & Xue, F. (2024). An Automated Sprinkler Cooling System Effectively Alleviates Heat Stress in Dairy Cows. *Animals*, *14*(17), 2586. <https://doi.org/10.3390/ani14172586>
- Liu, Z., Ezernieks, V., Wang, J., Arachchillage, N. W., Garner, J. B., Wales, W. J., Cocks, B. G., & Rochfort, S. (2017). Heat Stress in Dairy Cattle Alters Lipid Composition of Milk. *Scientific Reports*, *7*, 961. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-01120-9>
- Molnár B. (2024). *Lábvég betegségek előfordulása tejhasznú tehén állományokban* [Thesis]. <http://huveta.hu/handle/10832/4285>
- Nam, K. T., Choi, N., Na, Y., & Choi, Y. (2024). Effect of the Temperature–Humidity Index on the Productivity of Dairy Cows and the Correlation between the Temperature–Humidity Index and Rumen Temperature Using a Rumen Sensor. *Animals : an Open Access Journal from MDPI*, *14*(19), 2848. <https://doi.org/10.3390/ani14192848>
- Novotniné Dankó G. (2018, február 23). A hőstressz hatása. *Magyar Mezőgazdaság*. <https://magyar-mezogazdasag.hu/2018/02/23/hostressz-hatasa/>
- Oloo, R. D., Ekine-Dzivenu, C. C., Mrode, R., Bennewitz, J., Ojango, J. M. K., Kipkosgei, G., Gebreyohanes, G., Okeyo, A. M., & Chagunda, M. G. G. (2024). Genetic analysis of phenotypic indicators for heat tolerance in crossbred dairy cattle. *animal*, *18*(5), 101139. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101139>
- Pakari, A., & Ghani, S. (2021). Comparison of different mechanical ventilation systems for dairy cow barns: CFD simulations and field measurements. *Computers and Electronics in Agriculture*, *186*, 106207. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106207>
- Papakonstantinou, G. I., Voulgarakis, N., Terzidou, G., Fotos, L., Giamouri, E., & Papatsiros, V. G. (2024). Precision Livestock Farming Technology: Applications and Challenges of Animal Welfare and Climate Change. *Agriculture*, *14*(4), 620. <https://doi.org/10.3390/agriculture14040620>
- Póti P., Vertséné Zándoki R., Szentléleki A., & Varga G. (2024). A fény hatása a szarvasmarhák termelésére: Irodalmi összefoglaló. *MAGYAR ÁLLATORVOSOK LAPJA*, *146*(4), 195–213.

- Rensis, F. D., & Scaramuzzi, R. J. (2003). Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow—A review. *Theriogenology*, *60*(6), 1139–1151. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(03\)00126-2](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(03)00126-2)
- Rhoads, M. L., Kim, J. W., Collier, R. J., Crooker, B. A., Boisclair, Y. R., Baumgard, L. H., & Rhoads, R. P. (2010). Effects of heat stress and nutrition on lactating Holstein cows: II. Aspects of hepatic growth hormone responsiveness. *Journal of Dairy Science*, *93*(1), 170–179. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2469>
- Rhoads, M. L., Rhoads, R. P., VanBaale, M. J., Collier, R. J., Sanders, S. R., Weber, W. J., Crooker, B. A., & Baumgard, L. H. (2009). Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. *Journal of Dairy Science*, *92*(5), 1986–1997. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1641>
- Rhoads, M. L., Rhoads, R. P., VanBaale, M. J., Collier, R. J., Sanders, S. R., Weber, W. J., Crooker, B. A., & Baumgard, L. H. (2009). Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. *Journal of Dairy Science*, *92*(5), 1986–1997. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1641>
- Rhoads, M. L., Rhoads, R. P., VanBaale, M. J., Collier, R. J., Sanders, S. R., Weber, W. J., Crooker, B. A., & Baumgard, L. H. (2009). Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin1. *Journal of Dairy Science*, *92*(5), 1986–1997. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1641>
- Sakatani, M., Alvarez, N. V., Takahashi, M., & Hansen, P. J. (2012). Consequences of physiological heat shock beginning at the zygote stage on embryonic development and expression of stress response genes in cattle. *Journal of Dairy Science*, *95*(6), 3080–3091. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4986>
- Sándor I. (2025). Forró a helyzet a legelón. *Agrárágazat*. <https://agraragazat.hu/hir/agrar-hostressz-elleni-vedekezes-mezogazdasag/>
- Santana, M. L., Bignardi, A. B., Pereira, R. J., Stefani, G., & El Faro, L. (2017). Genetics of heat tolerance for milk yield and quality in Holsteins. *Animal*, *11*(1), 4–14. <https://doi.org/10.1017/S1751731116001725>

- Schneeberger, C. P., Wellington, K. E., & McDowell, R. E. (1982). Jamaica Hope szarvasmarha előadása kereskedelmi tejelő állományban Jamaicában 1. *Journal of Dairy Science*, *65*(7), 1364–1371. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(82\)82354-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(82)82354-0)
- Shalloo, L., O’ Donovan, M., Leso, L., Werner, J., Ruelle, E., Geoghegan, A., Delaby, L., & O’Leary, N. (2018). Review: Grass-based dairy systems, data and precision technologies. *Animal*, *12*, s262–s271. <https://doi.org/10.1017/S175173111800246X>
- Shephard, R. W., & Maloney, S. K. (2023). A review of thermal stress in cattle. *Australian Veterinary Journal*, *101*(11), 417–429. <https://doi.org/10.1111/avj.13275>
- Solája, K. (2022). *A hőstressz hatása a szarvasmarhák termelésére és termékenységére – bevezető – Semex PK BB*. <https://semexpkbb.com/hun/takarm-es-menedzsment/a-hostressz-hatasa-a-szarvasmarhak-termelesere-es-termekenysere-bevezeto/>
- Szabolcs, Z. (2024, március 11). A víz jelentősége a szarvasmarhaistállóban. *Agrofórum Online*. <https://agroforum.hu/szakcikkek/allattenyesztes-szakcikkek/a-viz-jelentosege-a-szarvasmarha-istalloban/>
- Szalai S., Kovács L., Varga F. B., Pajor F., & Bodnár Á. (2022). A hőstressz kihívásai tejelő szarvasmarhák élettani, termelési és szaporodásbiológiai mutatóiban. *ACTA AGRONOMICA ÓVÁRIENSIS*, *63*(2), 312–318.
- Szalai S., Varga Ferenc B., Pajor F., Kovács L., & Bodnár Á. (2022). Acta Agronomica Óváriensis—Vol. 63. No. 2. (2022). *A HŐSTRESSZ KIHÍVÁSAI TEJELŐ SZARVASMARHÁK ÉLETTANI, TERMELÉSI ÉS SZAPORODÁSBIOLÓGIAI MUTATÓIBAN*.
- Tomjankovich G., & Székely A. (2024, március 29). *Környezeti paraméterek mérése és szabályozása a szarvasmarha-istállóban*. <https://www.magro.hu/hu/agrarhirek/cikk/kornyezeti-parameterek-merese-es-szabalyozasa-a-szarvasmarha-istallokban-riska-promo/>
- Várhegyi, J. (2014). *Tejtermelő tehenek takarmányozása*. Agro Napló. <https://www.agronaplo.hu/agrofokus/20140618/tejtermelo-tehenek-takarmanyozasa-35770>
- Wagner-Storch, A. M., Palmer, R. W., & Kammel, D. W. (2003). Factors Affecting Stall Use for Different Freestall Bases. *Journal of Dairy Science*, *86*(6), 2253–2266. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73816-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73816-8)

- Wang, J., Li, J., Wang, F., Xiao, J., Wang, Y., Yang, H., Li, S., & Cao, Z. (2020). Heat stress on calves and heifers: A review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 11(1), 79.
<https://doi.org/10.1186/s40104-020-00485-8>
- West, J. W. (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)
- West, J. W. (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)
- West, J. W. (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)
- 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)
- Zimbelman, R. B., Robert P, R., Rhoads, M. L., & Duff. (2009). (PDF) *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*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/251735409_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
- Internetes hivatkozás 1.: <https://www.isv.rs/index.php/hu/idoszeru/108-idoszeru/3935-gazdasagos-szarvasmarha-tenyesztes-hogyan-novelheto-a-tej-zsirtartalma-a-teheneknel>
[Megtekintve: 2025. 09. 13.]
- Internetem hivatkozás 2.: <https://www.isv.rs/index.php/hu/108-idoszeru/2430-a-tehenek-szak-szeru-itatasa> [Megtekintve: 2025. 09. 13.]
- Internetes forrás 5.: <https://www.agrarkapu.hu/hostressz-hatasai-a-haszonallatokra/>
[Megtekintve: 2025. 09. 26.]
- Internetes forrás 6.: <https://www.agroinform.hu/allattenyesztes/forro-a-helyzet-a-legelon-hostressz-kutatasok-a-legeltetett-husmarhatartasban-83668-001> [Megtekintve: 2025. 09. 27.]

Internetes forrás 8.: <https://www.fao.org/livestock-environment/en> [Megtekintve: 2025. 09. 28.]

1. ábra forrás: (Horváth, 2014) <https://www.agroinform.hu/allattenyesztes/igy-mukodik-egy-szupermodern-teheneszeti-magyarorszagon-74834-001> [Megtekintve: 2025. 09. 23.]

2. ábra forrás: (Saját forrás 2025)

3. ábra forrás: (Saját kép 2025)

4. ábra forrás: (Saját kép 2025)

5. ábra forrás: (Internetes forrás 3.) <https://www.ditusz.hu/szarvasmarha/> [Megtekintve: 2025. 09. 25.]

6. ábra forrás: (Halász, 2025) <https://www.babolnatakarmany.hu/s-o-s-hostressz-segit-a-termomin/> [Megtekintve: 2025. 09. 30.]

7. ábra forrás: (Zootencia, 2014) <https://zootecniaparaunfuturomejor.word-press.com/2014/10/31/jamaica-hope-esperanza-de-jamaica-orquidia-figuereo-100197049/> [Megtekintve: 2025. 10. 17.]

8. ábra forrás: (Internetes forrás 7) <https://alchetron.com/Girolando-cattle> [Megtekintve: 2025. 10. 17.]

9. ábra forrás: (Internetes forrás 9) <https://aleronenergia.hu/mezogazdasagi-napelem-telepites/> [Megtekintve: 2025. 10. 20.]

10. ábra forrás: (Saját kép 2025)

11. ábra forrás: (Saját kép 2025)

12. ábra forrás: (Saját kép 2025)

13. ábra forrás: (Saját kép 2025)

14. ábra forrás: (Saját forrás 2025)

15. ábra forrás: (ÁT Kft.)

16. ábra forrás: (Saját táblázat telepi adatok alapján)

17. ábra forrás: (Saját táblázat telepi adatok alapján)

18. ábra forrás: (Saját táblázat telepi adatok alapján)

19. ábra forrás: (Saját táblázat telepi adatok alapján)

20. ábra forrás: (Delpro szoftver)

21. ábra forrás: (Saját táblázat telepi adatok alapján)

22. ábra forrás: (Saját táblázat telepi adatok alapján)

23. ábra forrás: (Saját táblázat telepi adatok alapján)

24. ábra forrás: (Saját táblázat telepi adatok alapján)

1. táblázat forrás: (Internetes forrás 4) <https://vitalitasportal.com/babaapolas/friss-tehentej-es-masfajta-tejek-helyettesithetik-az-anyatejet/> [Megtekintve: 2025. 09. 26.]

8. Táblázatok és ábrák jegyzéke

8.1 Ábrajegyzék

1. ábra Vízagy Forrás: (Horváth, 2014).....	6
2. ábra Nyílt vizű itató Forrás: (Saját forrás 2025).....	7
3. ábra Ventilációs szellőztetés Forrás: (Saját kép 2025)	10
4. ábra Automata fejőrobot Forrás: (Saját kép 2025)	10
5. ábra Éves magyar tejtermelések Forrás (ÁT. Kft.).....	11
6. ábra Permetezéssel hűtés Forrás: (Internetes forrás 3).....	12
7. ábra Hormonháztartás felborulása Forrás: (Halász, 2025).....	16
8. ábra jamaica hope Forrás: (Zootencia, 2014).....	21
9. ábra girolando Forrás: (Internetes forrás 7).....	21
10. ábra Napenergia felhasználása Forrás: (Internetes forrás 9.)	22
11. ábra Takarmány toló és forgató robot Forrás: (Saját kép 2025)	25
12. ábra Két soros ventilátor egységek Forrás: (Saját kép 2025)	25
13. ábra Takarmány keverő és tároló Forrás: (Saját kép 2025).....	26
14. ábra Hurkába töltött nedves DDGS Forrás: (Saját kép 2025).....	26
15. ábra THI mérők elhelyezkedése Forrás: (Saját rajz 2025).....	28
16. ábra Üres egyedek havi aránya Forrás: (Saját táblázat telepi adatok alapján).....	29
17. ábra Visszaivarzó egyedek havi aránya Forrás: (Saját táblázat telepi adatok alapján).....	30
18. ábra Vemhesült egyedek aránya havi bontásban Forrás: (Saját táblázat telepi adatok alapján)....	30
19. ábra Vemhesülési index Forrás: (Saját táblázat telepi adatok alapján).....	32
20. ábra Éves tejtermelés alakulása Forrás: (Delpro szoftver).....	33
21. ábra Napi tej zsírtartalom alakulása Forrás: (Saját táblázat telepi adatok alapján).....	34
22. ábra Napi tejfehérje alakulása Forrás: (Saját táblázat telepi adatok alapján).....	35
23. ábra Elhullás a telepen Forrás: (Saját táblázat telepi adatok alapján).....	36
24. ábra Selejtezés a telepen Forrás: (Saját táblázat telepi adatok alapján).....	36

8.2 Táblázatjegyzék

1. táblázat Tej összetétele Forrás: (Internetes forrás 4)	13
---	----

9. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném kifejezni őszinte hálámat Dr. Szabari Miklós és Dr. Bodnár Ákos Témavezetőimnek a szakmai iránymutatásukért, hasznos tanácsikért és támogatásukért, amelyek nagyban hozzájárultak szakdolgozatom elkészítéséhez.

Köszönettel tartozom István Zsóka Ginának a Kisdombgyházi Agro-Ferr Kft. tejlő szarvasmarha telepvezetőjének, aki lehetőséget biztosított a vizsgálatok elvégzésére és gyakorlati tapasztalataival segítette munkámat.

Végül köszönet illet mindazokat, akik bármilyen formában támogattak és segítettek a dolgozat elkészítése során.

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Kmetyó Patrícia
A Hallgató Neptun kódja: GALL9W
A dolgozat címe: Klimatikus tényezők szerepe a tejelő szervamarha tartásban
A megjelenés éve: 2025
A konzulens intézetének neve: Állattenyésztési Tudományok Intézete
A konzulens tanszékének a neve: Precíziós Állattenyésztési és Állattenyésztési Biotechnikai Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem. Továbbá kijelentem, hogy a dolgozat elkészítése során alkalmazott mesterséges intelligencia-eszközök (pl. szöveggenerálás, nyelvi javítás, fordítás, adatelemzés) használata nem helyettesítette a saját kutatási és alkotói munkámat, azok alkalmazását a források között vagy a módszertani részben feltüntettem, és a szakmai-etikai elvárásoknak megfelelően jártam el.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.


Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2025 év 11 hó 10 nap


Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Kmetyó Patrícia (név) (hallgató Neptun azonosítója: GALL9W) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom./nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: 2025 év 11. hó 11. nap



belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Kmeyó Patrícia
Neptun-kódja:	GALL9W
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input checked="" type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb:
Tantárgy neve/kódja*:	SZAKDOLGOZAT 4. - MUNKATERV VÉGREHATÁS
A munka címe:	Klimatikus tényezők szerepe a tejelő szarvasmarha tartásban

* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

- A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.
(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)
- B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.
(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrektúra, ötletelés stb.)

(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)
Fordítás	Chat GPT - GPT5, OpenAI	Idegen nyelvű szakirodalom fordítása
Stilisztikai javaslat	Chat GPT - GPT5, OpenAI	Dolgozat némely fejezetének korrektúrázása

II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)

(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka mellékletében való csatolása szükséges.)



A felhasználás célja	Alkalmazott eszköz verziója, elérhetősége	MI-neve,	Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet bejegyzésének sorszáma

3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

.....

.....

4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

Kelt: Gödöllő, 2025. 11 hó 11 nap



Hallgató aláírása



Konzulens/Témavezető aláírása