

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

SİMMENTAL VE ESMER SIĞIR IRKLARINDA SICAKLIK STRESİNİN BAZI
ÜREME VE SÜT VERİMİ ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Adil Akın AYDIN

ZOOTEKNİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2024

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

SİMMENTAL VE ESMER SIĞIR IRKLARINDA SICAKLIK STRESİNİN BAZI ÜREME VE SÜT VERİMİ ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Adil Akın AYDIN

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Zootekni Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Gürsel DELLAL

Bu çalışmada; TİGEM'e bağlı Gözlü Tarım İşletmesi'nde Simmental ve Esmer sığır ırklarında Sıcaklık Nem İndeksinin (SNİ), süt sığırı çiftliklerinin yönetiminde öneme sahip üreme ve süt verimi özellikleri (gebelik başına tohumlama sayısı, buzağılama arası süre, laktasyon süt verimi, ortalama süt verimi, laktasyon süresi, kuruda kalma süresi) üzerindeki etkileri incelenmiştir. SNİ modeli olarak NRC (1971) tarafından bildirilen model kullanılmıştır. SNİ, ırk ve makro çevre faktörlerinin üreme ve süt verimi özellikleri üzerindeki etkilerini tahmin etmek için en küçük kareler analizi uygulanmıştır. Analizlerde her iki sığır ırkı için 2018, 2019, 2020 yıllarında saptanan üreme ve süt verim özelliklerine ait kayıtlar ve çiftlikte yer alan meteoroloji istasyonunda ölçülen meteorolojik özelliklere (sıcaklık, nispi nem, rüzgar hızı, solar radyasyon, basınç) ait veriler kullanılmıştır. Araştırma sonucunda her iki sığır ırkında da, $SNİ \leq 68$, $68 < SNİ \leq 72$ ve $72 < SNİ$ sınıfının üreme ve süt verimi özellikleri üzerinde genel olarak olumsuz etki gösterdiği belirlenmiştir. Elde edilen bulgular esas alınarak Gözlü Tarım İşletmesi'nde yetiştirilen bu iki sığır ırkı üzerinde soğuk ve özellikle de sıcak stresinin oluşturduğu ve oluşturacağı olumsuz etkilerin en aza indirilmesine yönelik gerekli önerilerde bulunulmuştur.

Şubat 2024, 144 sayfa

Anahtar Kelimeler: Sığır, Termal Stres, Sıcaklık Nem İndeksi, üreme ve süt verimi özellikleri

ABSTRACT

PhD Thessis

THE EFFECT OF HEAT STRESS ON SOME REPRODUCTIVE AND MILK PRODUCTION TRAITS IN SIMMENTAL AND BROWN SWISS CATTLE BREEDS

Adil Akın AYDIN

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Animal Science

Supervisor: Prof. Dr. Gürsel DELLAL

In this study; In Gözlü Agricultural Enterprise affiliated with TİGEM, in Simmental and Brown Swiss cattle breeds, the effects of Temperature Humidity Index (THI) on the reproductive and milk yield characteristics (the number of insemination per pregnancy, calving interval, lactation milk yield, average milk yield, lactation period, dry peiod) that are important in the management of dairy cattle farms were examined. The model reported by NRC (1971) was used as the SNI model. Least squares analysis was applied to estimate the effects of SNI, breed and macro-environment factors on reproductive and milk yield characteristics. In the analyses, records of the reproductive and milk yield characteristics determined in 2018, 2019, 2020 for both cattle breeds and data on the meteorological characteristics (temperature, relative humidity, wind speed, solar radiation, pressure) measured at the meteorological station on the farm were used. As a result of the research, it was determined that, $SNI \leq 68$, $68 < SNI \leq 72$ and $72 < SNI$ classes had a generally negative effect on reproduction and milk yield characteristics in both cattle breeds. Based on the findings obtained, necessary suggestions were made to minimize the negative effects of cold and especially heat stress on these two cattle breeds raised in Gözlü Agricultural Enterprise.

February 2024, 144 pages

Key Words: Cattle, Thermal Stress, Temperature Humidity Index, reproductive and milk yield characteristics

TEŞEKKÜR

Zootekni mesleğine başladığım günden itibaren yardımlarını esirgemeyen, tez çalışmamın her aşamasında bilimsel katkı sağlayan, sadece eğitim değil tecrübeleriyle de bana rol model olan çok değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Gürsel DELLAL ile birlikte tezin ortaya çıkmasında çok önemli katkıları olan değerli hocalarım Doç. Dr. Seyrani Koncagül, Prof. Dr. Muhittin Özder, Doç. Dr. Erkan PEHLİVAN, TİGEM Polatlı Müdürü Ali Rıza ULUSOY ve kadim dostum Tayfun TOPALOĞLU'na çok teşekkür ederim.

Ayrıca, sabır ve azim gerektiren tez çalışmalarım sırasında kısıtlı zaman ayırdığım benim mutluluk kaynaklarım biricik kızım Selen'ime, can oğlum Altay'ıma ve eşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Adil Akın AYDIN
Ankara, Şubat 2024

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
2.1 Sütçü Sığırlarda Sıcaklık Stresi	5
2.1.1 Stres fizyolojisi.....	5
2.1.2 Sütçü sığırlarda sıcaklık stresi fizyolojisi.....	7
2.1.3 Isı değişim mekanizmaları.....	9
2.1.4 Sığırlarda termoregülasyon.....	10
2.1.5 Sıcaklık stresinin belirlenmesi ve sıcaklık nem indeksi.....	11
2.1.6 Sütçü sığırlarda sıcaklık stresi ve üretim ilişkileri.....	14
2.1.6.1 Stresin bağışıklık sistemi üzerindeki etkileri.....	14
2.1.6.2 SS'nin beslenme üzerindeki etkileri	16
2.1.6.3 Sığırlarda sıcaklık stresinin üreme süreçleri üzerindeki etkileri	17
2.1.6.3.1 SS'nin üreme aksı hormonları üzerindeki etkisi.....	17
2.1.6.3.2 Sıcaklık stresinin dişi sığırlarda üreme süreçleri üzerindeki etkisi.....	22
2.1.6.3.2.1 Kızgınlık döngüsü	22
2.1.6.3.2.2 Gebelik dönemi.....	29
2.1.6.3.2.3 Doğum sonrası dönem	36
2.1.6.3.3 Sığırlarda sıcaklık stresinin büyüme özellikleri üzerindeki etkileri	39
2.1.6.3.4 Sığırlarda sıcaklık stresinin süt üretimi üzerindeki etkisi	42
2.1.6.3.4.1 Sığırlarda sıcaklık stresinin süt miktarı üzerindeki etkisi	43
2.1.6.3.4.2 Sığırlarda sıcaklık stresinin süt kalitesi üzerindeki etkisi.....	60
2.1.6.3.4.3 Sığırlarda sıcaklık stresi ile genetik ve çevresel faktörler arasındaki ilişkilerin süt miktar ve kalitesi üzerindeki etkileri	61

2.1.6.3.4.3.1 Hayvana bağı faktörler.....	61
2.1.6.3.4.3.2 Hayvana bağı olmayan faktörler	66
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	75
3.1 Araştırmanın Yürütüldüğü Çiftliğin ve Bulunduğu Bölgenin Genel Tarımsal, Coğrafi ve İklimsel Özellikleri	75
3.2 Hayvan Materyali.....	75
3.3 Sığır Yönetimi.....	75
3.4 Verilerin Yönetimi	76
3.4.1 Üreme ve süt verimi özelliklerine ait verilerin yönetimi ve istatistiksel analizler	76
3.4.2 Meteorolojik faktörler	83
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	84
4.1 Meteorolojik Faktörlerin Değişimleri	84
4.2 SNİ'nin Üreme Özellikleri Üzerindeki Etkisi.....	93
4.2.1 SNİ'nin gebelik başına tohumlama sayısı üzerindeki etkisi.....	93
4.2.2 SNİ'nin buzağılama aralığı üzerindeki etkisi	97
4.3 SNİ'nin Süt Verimi Üzerindeki Etkileri	101
4.3.1 SNİ'nin laktasyon süt verimi üzerindeki etkisi	101
4.3.2 SNİ'nin günlük ortalama süt verimi üzerindeki etkisi	104
4.3.3 SNİ'nin laktasyon süresi üzerindeki etkisi	108
4.3.4 SNİ'nin kuru dönem üzerindeki etkisi.....	112
5. ÖNERİLER	116
5.1 Sonuçlar	116
5.2 Öneriler	120
KAYNAKLAR	122
ÖZGEÇMİŞ.....	144

KISALTMALAR DİZİNİ

ACTH	Adrenokortikotropik hormon
ASÜD	Ambalajlı Süt ve Süt ürünleri Sanayicileri Derneği
BGT	Siyah Küre Sıcaklığı °C (Black globe temperature °C)
CRH	Kortikotropin salgılatıcı hormon
GH	Büyüme hormonu
Gn-RH	Gonadotropin salıverme hormonu
HPA	Hipotalamus- hipofiz adrenal
IGF-I	İnsülin benzeri büyüme faktörü-I
IYİ	Isı yükü indeksi
KB	Konfor Bölgesi
MGM	Meteoroloji genel müdürlüğü
MSS	Merkezi sinir sistemi
PRL	Prolaktin
SNİ	Sıcaklık Nem İndeksi
SS	Sıcaklık stresi
T3	Tiriyoditironin
T4	Tiroksin
TDSYMB	Türkiye Damızlık Sığır Yetiştiricileri Merkez Birliği
TİGEM	Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 SS'nin üreme süreçleri üzerindeki doğrudan etkileri	18
Şekil 4.1 Gözlü tarım işletmesi'nde 2018-2020 yılları arası sıcaklık değişimi	85
Şekil 4.2 Gözlü tarım işletmesi'nde 2018-2020 yılları arası nem değişimi	86
Şekil 4.3 Gözlü tarım işletmesi'nde 2018-2020 yılları arası SNİ değişimi	87
Şekil 4.4 Gözlü tarım işletmesi'nde 2018-2020 yılları arası rüzgar hızı değişimi	88
Şekil 4.5 Gözlü tarım işletmesi'nde 2018-2020 yılları arası solar radyasyon değişimi.....	89



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Farklı sıcaklık ve nem değerlerinde SNİ değerleri	13
Çizelge 2.2 Sütçü sığırlarda SS hesaplamalarında kullanılan SNİ modelleri	13
Çizelge 2.3 Farklı ülke ve sığır ırklarında SNİ ve SS sınıfı değişimleri.....	48
Çizelge 3.1 Araştırmada üzerinde durulan üreme ve süt verim özellikleri ve bunların analizinde kullanılan modeller	77
Çizelge 3.2 Üzerinde durulan üreme ve süt verimi özelliklerinin analizine ait modellerin oluşturulmasından önce gerçekleştirilen uygulamalar.....	83
Çizelge 3.3 Araştırmada etkisi araştırılan SNİ modeli.....	83
Çizelge 4.1 2018 yılında aylara göre SNİ değerleri ve görülme oranlarının dağılımı	90
Çizelge 4.2 2019 yılında aylara göre SNİ değerleri ve görülme oranlarının dağılımı	91
Çizelge 4.3 2020 yılında aylara göre SNİ değerleri ve görülme oranlarının dağılımı	92
Çizelge 4.4 SNİ' nin gebelik başına tohumlama sayısı üzerindeki etkisi	96
Çizelge 4.5 SNİ'nin buzağılama aralığı üzerindeki etkisi	100
Çizelge 4.6 SNİ'nin laktasyon süt verimi üzerindeki etkisi.....	103
Çizelge 4.7 SNİ'nin günlük ortalama süt verimi üzerindeki etkisine ait bulgular.....	107
Çizelge 4.8 SNİ'nin Laktasyon süresi üzerindeki etkisi	111
Çizelge 4.9 SNİ'nin kuru dönem üzerindeki etkisine ait bulgular.....	114

1. GİRİŞ

Küresel yaşam standardının yükselmesine bağlı olarak tarım ürünlerine olan talebin yaklaşık %70 artacağı bildirilmektedir (FAO 2009). Bununla birlikte dünyada hayvansal gıdalara karşı olan talepte de açık olarak bir yükselme vardır ve bu gelişme "çiftlik hayvanları devrimi" olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle de; çiftlik hayvanları yetiştiriciliğinin, küresel gıda güvencesi ve güvenliğini sağlamada çok önemli bir fonksiyonu olduğu ve küresel kalori tüketiminin yaklaşık %17'sini ve protein tüketiminin de % 33'ünü karşıladığı bildirilmektedir (Rosegrant vd. 2009). Bunun yanında küresel düzeyde hayvancılık sektörü, yaklaşık 1,1 milyara yakın en yoksul nüfusun istihdamına ve geçimine de katkıda bulunmaktadır (Hurst vd. 2005) .

Küresel düzeyde hayvancılık sektörünün sürdürülebilirliğini etkileyen faktörlerin başında iklim değişikliği gelmektedir. Dünya genelinde süt ve et üretiminin 2050 yılına kadar sırasıyla 1.077 milyar tona ve 455 milyon tona çıkacağı, dolayısıyla bu sektörün iklim değişikliği ile olan karşılıklı ilişkilerinin de artış göstereceği beklenmektedir. Hayvancılık sektörü, iklim değişikliğini esas olarak sera gazları (CH₄, N₂O, CO₂ ve Florlu-F gazlar) üreterek etkilerken, iklim değişikliğinden atmosfer sıcaklığındaki artış, su kaynaklarında azalma ve kuraklık vb. faktörlerden etkilenmektedir.

Dünyada gıda güvencesi ve güvenliğine katkıda bulunan önemli tarımsal sektörlerden birisi de süt sektörüdür. 2020 yılında dünya süt üretimi %3 oranında artarak 910 milyona ulaşmıştır. Küresel süt sektörü COVID-19 pandemi sürecindeki zor şartlara rağmen süt üretiminde ilk defa 900 milyon seviyesini aşmıştır. Dünya toplam süt üretim miktarının son on yıllık süreçteki seyri göz önüne alındığında, önümüzdeki 5 yıl içinde toplam üretimin 1 milyar tonun üzerine çıkması beklenmektedir. Süt üretimindeki artış esas olarak iki faktörden kaynaklanmıştır. İlki; özellikle Asya kıtası başta olmak üzere süt açığı olan bölgelerde süte olan talep nedeniyle ortaya çıkan artıştır. İkincisi ise 2010-2020 döneminde manda sütü üretiminde yıllık ortalama %4,1 oranında gerçekleşen yükselmedir. Bu oran, aynı dönemdeki yıllık inek sütü üretimindeki artışın yaklaşık iki (%2,1) katıdır. Manda sütü üretim miktarının dünya toplam süt üretimi içindeki payı 2015 yılında %13 iken 2020'de %15'e çıkmıştır. 2020 yılında dünya inek sütü üretim

miktarı yaklaşık 735 milyon tondur ve dünya toplam süt üretiminin %81'ini oluşturmaktadır. 2019-2020 yılı arasındaki inek sütü üretim miktarındaki artış oranı ise yaklaşık %2,9'dur. İnek sütündeki üretim artışının %60'ı, özellikle son yıllarda süte olan talebin yüksek olduğu Asya kıtası ülkelerindeki inek sütündeki artıştan kaynaklanmaktadır. Asya kıtasında ortaya çıkan inek sütü üretimi artışı ($\pm$ %4) dünyanın diğer bölgelerindeki artıştan çok daha fazladır (IDF 2021, USK 2021).

Dünya sığır sütü sektörünün küresel ekonomi ve gıda güvencesi ve güvenliği bakımından bu önemine karşın son yıllarda giderek artış gösteren küresel sera gazı emisyonu ve buna bağlı olarak ortaya çıkan iklim değişikliği üzerinde etkisi de bulunmaktadır. Nitekim FAO 2018 yılı verilerine göre küresel düzeyde hayvancılık çiftliklerinden kaynaklanan sera gazı emisyonu toplamı 3.120 milyar ton CO₂-eşd. olup bu miktarın yaklaşık 500 mil. ton CO₂- eşd.' i (%16) süt sığır çiftliklerinden kaynaklanmaktadır (FAO 2020). Bu nedenle dünya süt sektörünün çatı örgütü olan Uluslararası Sütçülük Federasyonu (IDF), 2000'li yılların başından itibaren küresel düzeyde sığır sütü sektörünün iklim değişikliği azaltım ve uyum kapasitesini geliştirmek amacıyla önemli çalışmalar yürütmektedir. Bu çalışmaları; karbon ve su ayak izi/streslerinin hesaplanması ve azaltım, uyum, hedef, eylem planlarının geliştirilmesi, uygulamaya aktarılması ve elde edilen sonuçların (kazanımlar, sorunlar, vb.) paydaşlarla paylaşılması şeklinde gruplamak mümkündür. Türkiye'de süt sektörü, ülke ekonomisi ve halk sağlığı açısından hayati öneme sahiptir. Hayvansal protein ihtiyacının önemli bir kısmı süt ve süt ürünleri ile karşılanmaktadır. Bu sektörün tarım ekonomisi içerisindeki payı oldukça büyük olup son 10 yılda çiftlik ve süt işleme sanayi bakımından çok önemli ilerlemeler kaydetmiştir.

TÜİK verilerine göre 2020 yılında toplam hayvansal üretim değeri 108,6 Milyar TL olup 55,2 Milyar TL ile süt sektörü toplam hayvansal üretim değerinin %50,9'luk payını oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra 2020 yılında ülkemizde süt ürünlerinde 371,5 Milyon \$ ihracat ve 85 Milyon \$ tutarında ithalat gerçekleşmiştir (TÜİK 2020).

Türkiye’de devlet düzeyinde iklim değişikliği çalışmalarının yaklaşık 2000’li yıllarında başında başladığı söylenebilir. Türkiye, 2004’de İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’ni ve 2009’da Kyoto Protokolünü imzalamış daha sonra Paris Antlaşmasına taraf olmuştur. Yine TÜİK, sera gazı emisyon tahmin çalışmalarını ilk kez 2006 yılında başlatmış olup, her yıl için hazırlamaktadır. Türkiye’de ülkesel düzeyde tarımsal üretimde iklim değişikliği azaltım ve uyum çalışmaları, esas olarak Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB) ile Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB) tarafından yürütülmektedir. Gerçekleştirilen çalışmalardan bazıları şunlardır: Türkiye Tarımsal Kuraklıkla Mücadele Stratejisi ve Eylem Planı/2018-2022; Stratejik Plan/2019-023; Ulusal Havza Yönetim Stratejisi/2014-2023) ve ÇŞB (Türkiye Ulusal Bildirim ve İki Yıllık Rapor; Türkiye İklim Değişikliği Eylem Planı/2011-2023); Türkiye İklim Değişikliği Stratejisi/2010-2023; Türkiye İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı/2011-2023 vb.

Buna karşın, söz konusu çalışmalarda hayvancılık sektörü üzerinde çok düşük düzeylerde durulduğu da bir gerçektir. Bu çalışmalarda ise çiftlik, işleme ve pazarlama üretim değer zincirinde yapısal, teknik, algı bakımından azaltım ve uyum kapasiteleri genel olarak belirlenmemiş, bunun yerine veriler üzerinden hesaplanan tahminler esas alınarak azaltım ve uyum konularında planlar ile ilgili eylemlere yönelik önerilerde bulunulmuştur. Türkiye’de tarım sektörü içinde inek sütü sektörünün çok önemli bir yer tutmasına karşın, üretim değer zinciri dikkate alındığında, bu sektör tarafından gerçekleştirilen iklim değişikliği azaltım ve uyum çalışmalarının yeterli düzeyde olduğu söylenemez. Bu sektördeki azaltım ve uyum çalışmaları esas olarak 2007’de PINAR SÜT ve 2010’da SÜTAŞ ve tarafından başlatılmış daha sonra bazı firmalar bunları izlemiştir. Türkiye süt sektörünün iklim değişikliğine uyumu bakımından günümüze kadar gerçekleştirilen en kapsamlı çalışma ise Ambalajlı Süt ve Süt ürünleri Sanayicileri Derneği (ASÜD)’nin ortaya koyduğu ‘‘Türkiye Sütçülük Sektörünün Su Sürdürülebilirliği: Verimlilik, Riskler ve Kırılganlıklar’’ isimli proje/rapor olmuştur. Türkiye Damızlık Sığır Yetiştiricileri Merkez Birliğine (TDSYMB) bağlı olan ve olmayan süt sığırları çiftliklerinde iklim değişikliği azaltım ve uyum konusundaki çalışmaların ise yeterli olduğu söylenemez.

Küresel düzeyde süt sektörü paydaşları tarafından iklim değişikliğine uyum bakımından termal stresin süt sığırları üzerindeki etkilerinin ölçülmesi ve mevcut ve gelecekte oluşacak soğuk ve sıcaklık stresine karşı süt sığırı çiftlikleri için uyum hedef ve eylem planlarının geliştirilmesi üzerinde yoğun çalışmalar yürütülmektedir. Nitekim günümüze kadar birçok ülkede gerçekleştirilen araştırmalar ile iklim değişikliğinin çevre sıcaklığında ve aşırı hava olaylarının sıklığında artışlara neden olarak süt sığırlarının verim performansları üzerinde doğrudan, yem kaynaklarının miktar ve kalitelerinde ayrıca haşere ve parazitlerin dağılımında değişikliklere dolaylı olarak olumsuz etkiler oluşturduğu ortaya konmuştur. Elde edilen sonuçlar esas alınarak genetik ve çevresel uyum hedef ve eylem planları geliştirilebilmiştir. Türkiye’de bazı bölgelerde yer alan süt sığırı çiftliklerinde sıcaklık stresinin sığırların fizyolojileri, verimleri ve sağlıkları üzerindeki etkilerini ölçmeye yönelik araştırmalar esas olarak üniversiteler tarafından gerçekleştirilmiştir. Fakat bölgesel ve ırklar düzeyinde günümüze kadar bu alanda, özellikle de SNİ’nin etkilerinin analizine yönelik olarak, ortaya konulan veri ve bilgi düzeyinin, sıcak ve soğuk stresine karşı genetik ve çevresel uyum planlarının geliştirilebilmesi için yeterli olduğu söylenemez. Yine Türkiye sığır popülasyonunun önemli bir kısmına sahip olan ve sığır damızlık kaynağı olarak görev yapan Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü (TİGEM)’ne bağlı çiftliklerde de bu kapsamda yapılan çalışma henüz bulunmamaktadır.

Bildirilen bu nedenlerle bu tez çalışmasında; TİGEM’e bağlı Gözlü Tarım İşletmesi’nde yetiştirilen Simmental ve Esmer sığır ırklarında termal stresin çiftlik yönetminde öneme sahip üreme ve süt verimi özellikleri üzerindeki etkilerinin analiz edilmesi hedeflenmiştir. Elde edilen sonuçların, gerek Gözlü Tarım İşletmesi’nde gerekse ülkemizin diğer bölgelerindeki süt sığırı çiftliklerinde sığırlar üzerinde oluşan termal strese karşı uyum hedef ve eylem planlarının geliştirilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 Sütçü Sığırlarda Sıcaklık Stresi

2.1.1 Stres fizyolojisi

Çiftlik hayvanları yetiştiriciliğinde stres; genel olarak hayvanın bulunduğu çevre ile mücadelesindeki başarısızlığı olarak tanımlanmakta ve hastalıklara direnç, büyüme, üreme ve laktasyon gibi üretim süreçleri bakımından olumsuzluklara neden olmaktadır (Dantzer ve Mormede 1983).

Hayvanlar, strese karşı gösterdikleri mücadeleyi/tepkiyi esas olarak iki fizyolojik yolla yönetmektedir. Bunlardan ilki, akut stres tepkisinin sempatik sinir sistemi (SA), ikincisi ise kronik stres tepkisinin hipotalamus-hipofizadrenal (HPA) aksı yoluyla kontrolüdür. Akut stres tepkisinin sempatik sinir sistemi (SA) yoluyla kontrolünde; merkezi sinir sisteminden bilgi taşıyan motor nöronlar iki esas sisteme ayrılmaktadır. Pehlivan vd. (2014) Bunlardan birisi somatik sistemdir ve iskelet kaslarının istemli olarak hareketlerini kontrol etmektedir. Diğeri ise otonom sistem olup, düz kasları, kalp kasını ve farklı bezleri kontrol etmektedir. Otonom sinir sisteminin nöronları sempatik veya parasempatik iz yoluna ait olabilmektedir. Parasempatik iz yolunun nöronları hedef organlarla olan bağlarını (ilişkilerini) kolinerjik (parasempatik sinir) reseptörler yoluyla gerçekleştirirler. Kolinerjik reseptörler, nörotransmitter olarak asetilkolin kullanılmaktadırlar. Sempatik nöronlar ise, hedef organlarda nörotransmitter olarak noradrenalin hormonunu kullanırlar ve bu nedenle de adrenerjik reseptörlere sahiptirler. Sempatik ve parasempatik iz yolları birbirlerine zıt olarak fonksiyon yaparlar ve aralarındaki denge ile vücut sistemlerini düzenlerler. Parasempatik iz yolu esas olarak, kalp atış hızının düşürülmesi ve sindirim gibi fizyolojik süreçlerin gerçekleştirilmesi için gerekli olan rahatlama (gevşeme) aşamasında görev yapmaktadır. Hayvanın tehlike durumunda olması halinde ise esas olarak sempatik iz yolu görev yapmakta ve adrenal bezden adrenalin hormonunun salgılanmasını uyarmaktadır. Bununla birlikte aynı zamanda beyin sapının locus ceruleus bölgesinde bulunan sinir lifleri de stres tarafından uyarıldıklarından noradrenalin hormonu salgılamaktadırlar (Squires 2003).

Akut stres döneminde adrenalin ve noradrenalin hormonları, glikoz ve yağ asitlerinin depolanmasını ve protein sentezini engellemekte, kaslardan, yağ dokusundan ve karaciğerden glikoz, aminoasit ve serbest yağ asitlerinin salgılanmasını uyarmaktadır. Ayrıca, iskelet ve kalp kaslarına olan kan akışı dağıtımını yeniden düzenleyerek kalp atış hızını artırmakta ve sindirim, büyüme, üreme ve immun fonksiyon gibi anabolik süreçleri yavaşlatmaktadır. Bu hızlı hormonal tepki hayvanın desteklenmesi için saniyeler içinde ortaya çıkmaktadır (Squires 2003, Bobic vd. 2011).

Kronik stres tepkisinin fizyolojik yönetiminde esas olarak HPA aksı rol oynamaktadır. Birçok uyarıcı stres faktörü, plazmada adrenokortikotropik hormon (ACTH) ve kortikosteroid düzeyinde artışa neden olmaktadır. Buna göre plazma kortikosteroid düzeyleri normalden daha yüksek olan hayvanlar stres aşamasında ve bu hormonal değişimleri ortaya çıkaran koşullar da stresörler olarak tanımlanmaktadır (Dantzer ve Mormede 1983). Ancak stres fizyolojisini kontrol eden hormonlar stres durumu dışında da salgılanabilmektedir (Broom ve Johnson 1993). Örneğin glikokortikoidler, normal olarak stres durumu şeklinde değerlendirilmeyen kur, çiftleşme ve avlanma gibi olaylara karşı gösterilen tepkiye bağlı olarak da salgılanmaktadır (Möstl vd. 1985). Ayrıca stres dönemleri esnasında artış gösteren hormonlar, aynı zamanda bazı türlerde doğuma neden olan hormonal kontrolün bir kısmını da oluşturmaktadır (McLean ve Smith 2001). Kronik stres esnasında HPA aksı tarafından oluşturulan tepkiler esas olarak, hipotalamus tarafından salgılanan kortikotropin salgılatıcı hormonun (CRH) salınımı ile başlatılmaktadır (Squires 2003). CRH, hipofiz ön lobundan ACTH salınımını uyarmakta, ACTH ise adrenal korteksten glikokortikoidlerin (esas olarak kortizolün) salgılanmasına neden olmaktadır. Kortizol ise hipotalamus ve hipofiz üzerinde negatif geri bildirim yaparak CRH ve ACTH üretimini azaltmaktadır.

HPA tepkisi, SA tepkisine göre, daha yavaş ortaya çıkmakta (dakika-saat arasında) ve hayvan üzerinde daha genel etki göstermektedir. Vazopressin hormonu da CRH'ın hipofiz üzerindeki etkilerini güçlendirmek yoluyla ACTH salınımını uyarak, glikokortikoidlerin salgılanmasını artırmaktadır. Vazopressin hormonu aynı zamanda β -endorfin gibi pro-opiomelanokortin (POMC) kökenli peptitlerin salınımını da uyarmaktadır. Bu opioid peptitler, analjezik etkiye sahiptirler ve CRH salınımını

azaltma yoluyla stres tepkisinin azaltmasında da etki göstermektedirler (Squires 2003, Bobic vd. 2011). Akut ve kronik stres tepkisinin kontrolünde SA ve HPA sistemleriyle birlikte büyüme hormonu (BH), tiroit hormonları, prolaktin, renin ve insülin hormonları da görev almaktadır (Squires 2003).

Akut stres durumu hipofizden BH salınımına neden olurken, insülin benzeri büyüme faktörü-I (IGF-I) salgılanmasını düşürmektedir. Bu durum ise, enerjinin esas olarak yaşama gücü fonksiyonunun desteklenmesinde kullanılmasını sağlamaktadır. Bunun için BH aynı zamanda, periferel dokularda kan glikozunu depolamak için bir insülin antagonisti olarak görev yapmaktadır. Akut stres durumlarında aynı zamanda hipotalamus-hipofiz-tiroit aksının harekete geçirilmesiyle, tiroit bezinden tiriioditironin (T_3) ve tiroksin (T_4) salgılanması uyarılarak vücudun metabolik hızı da yükseltilmektedir. Akut stres uyarımına tepki olarak birkaç dakika içerisinde prolaktin (PRL) hormonu düzeyi de artış göstermekte ve daha sonra azalmaktadır. Akut stresin aksine, kronik stres durumunda BH salınımı durmakta, tiroit hormonlarının fonksiyonları azalmakta ve yükselen glikokortikoid düzeyleri T_4 'den T_3 'e dönüşümü azaltmaktadır (Squires 2003). Stresin farklı tiplerine tepki olarak böbrekten renin hormonu da salgılanmaktadır. Bu hormon, aktif angiotensin hormonunun üretimi için angiotensinogen olarak fonksiyon yapmaktadır. Angiotensin ise güçlü bir vazokonstriktör'dür. Yine sempatik sinir sistemi yoluyla pankreasta β hücreleri üzerinde bulunan β -adrenerjik reseptörlerin fonksiyon yapmalarının uyarılması da, insülin salgılanmasını baskılamaktadır (Chrousos 1998, Squires, 2003).

2.1.2 Sütçü sığırlarda sıcaklık stresi fizyolojisi

Sığırlar, SS'ye karşı fizyolojik değişiklikler ve davranışsal tepkiler yoluyla uyum sağlamaktadır (Kennedy 1999). Sığırların vücut ter bezleri apokrin tipte olup apokrin hücreler terleme sürecinde hücrenin apikal kısmını dökmektedir. Sütçü sığırlarında ise SS dönemlerinde yükselen katekolaminlerin ter bezlerini uyararak (adrenerjik stimülasyon) terlemeye aracılık ettikleri ve aynı zamanda artan seviyelerine bağlı olarak rumen kasılmalarında azalmaya neden oldukları bildirilmektedir (Bligh 1985).

SS dönemlerinde PRL seviyelerinin arttığı ve bu durumun, sodyum-potasyum dengesizliği ile ilişkili olabileceği bildirilmektedir. SS dönemlerinde önemli miktarda potasyum (K^+) kaybedilmektedir (Hansen 1994). Sığırlar, K^+ 'yı korumak için idrarla sodyum (Na^+) atılımını artırmakta, bu durum ise besleme programında Na^+ ve K^+ 'nin her ikisine de olan ihtiyacını yükseltmektedir (Hansen 1994). Sığırlarda düşük plazma K^+ düzeyi, muhtemelen aldosteron aktivitesini düzenleyen ana faktördür ve Na^+ regülasyonu hormonlar tarafından kontrol edilmektedir (Yousef ve Johnson 1985). Aldosteron, nefronun kortikal toplayıcı tübüllerinde, K^+ atılımı karşılığında Na^+ 'nın aktif alımını artırmak için fonksiyon yapmaktadır. Çoğu hayvanda, aldosteron miktarı, suyu korumak için artmakta ancak sığırlarda farklı şekilde işlev görmektedir.

Sığırlarda, SS dönemlerinde T_3 ve T_4 seviyeleri düşmekte ve bu şekilde vücut tarafından tüketilen kuru madde (KM) ve üretilen ısı miktarı azaltılarak hayvanların yüksek sıcaklıklara gösterdikleri uyuma yardımcı olunmaktadır. Ancak T_3 ve T_4 seviyelerindeki bu düşüşlerin, farklı üreme özellikleri ile birlikte meme gelişimi ve laktogenez üzerinde olumsuz etkileri söz konusudur (Yousef ve Johnson 1985). Sığırlarda T_3 ve T_4 düzeyleri, soğuk stresinde artış göstermektedir (Kennedy 1999). Sığırlarda SS de dahil olmak üzere genel olarak stres, ön hipofizden ACTH'in salınmasına neden olmakta, bu hormon da adrenal korteksten glukokortikoid salınımını uyarmaktadır. Kortikoid düzeyleri, SS'de düşerken, soğuk stresinde artmaktadır. Glukokortikoidler, aynı zamanda ön hipofiz bezinden LH salınımını da inhibe etmektedir (Bearden ve Fuquay 1992, Kennedy 1999). Kortikosteroid seviyelerindeki artış, özellikle meme bezinde gelişenler olmak üzere, enfeksiyonlara karşı gösterilen bağışıklık yanıtının oluşturulmasında önemli etkileri olan nötrofillerin fonksiyonlarını engellemektedir. Kortikosteroidler, nötrofil yapışkanlığını, kemotaksiyi, reseptör aktivitesini, lizozomal enzim salınımını, bakterisidal aktiviteyi ve fagositik aktiviteyi baskılamaktadır (Jacobsen 1996). Çoğu memeli hayvan hücresi, SS'ye tepki olarak ısı şoku proteinleri (İŞP) ve antioksidanlar üretebilme yeteneğine sahiptir ve bu şekilde SS'nin zararlı etkileri sınırlandırılmaktadır (Hansen vd. 1992, Hansen 1994).

Sığırlar SS'ye karşı gölge aramak, uzanmak yerine ayakta durmak, su veya çamur kaynaklarına ilgi göstermek vb. davranışsal tepkiler göstermektedirler. SS altındaki

sığırlarda vücut sıcaklıkları (çekirdek ve rektal) artış göstermektedir. Isı stresinin bir sonucu olarak KM alımı azalırken, su tüketimi, solunum ve terleme artmaktadır. Sığır derisi ve solunum yolu, buharlaşma aracılığıyla (sırasıyla terleme ve soluma) ısıyı dağıtmak için büyük bir kapasiteye sahiptir. Artan solunum düzeyi ise günlük yaşama gücü enerji gereksinimini %7-25 oranında artırmaktadır (Hansen 1994). Sığırlar, bikarbonatın idrarla atılımını artırarak solunum alkalozunu telafi etmektedirler. Tükürük bikarbonatı da aynı zamanda ikincil olarak soluma ile salya içine akarak kaybolmakta ve böylece rumenin tamponlanması için bikarbonat düzeyi azalmaktadır. Azalan rumen pH'sı ise ruminal asidoza yol açmakta ve ayakta durma süresi ile birlikte laminit gelişme riskini artırmaktadır (Hansen 1994). İnekler, SS sırasında daha fazla ayakta durmaktadırlar. Çünkü ayakta solumak yatarken solumaya göre daha kolay olmaktadır. Yine kan akışı, iç sistemlerden periferik deri sistemine doğru yeniden yönlendirilmektedir. Periferik kutanöz damarlarda vazodilatasyonun meydana gelmesi de, kan akışını ve ısı transferini artırmaktadır (Bligh 1985).

2.1.3 Isı değişim mekanizmaları

Çevre ile ısı alışverişi temel olarak dört yolla gerçekleşmektedir: Birincisi taşınma ile doğrudan temas yoluyla ısı transfer edildiğinde meydana gelen iletimdir. İkincisi; ısı, çevresel havaya aktarılmasıyla oluşan konveksiyondur. Konveksiyon, yüksek ortam hava sıcaklıkları ile büyük ölçüde sınırlandırılmaktadır. Radyasyon, ısı değişiminin üçüncü yöntemidir ve subtropikal ve tropik iklimlerde yaşayan sığırlar için muhtemelen en önemlisidir. Araştırmalar, siyah ineklerin beyaz ineklere göre iki kattan fazla güneş radyasyonu absorbe edebildiğini göstermektedir. Çevrenin tamamı veya bir kısmı ineğin yüzeyinden daha soğuk olduğunda radyasyon, önemli bir ısı kaybı aracıdır. SS döneminde hayvandan nispeten daha soğuk çevreye radyasyon olduğundan genellikle gündüz radyasyondan net bir ısı kazancı ve gece radyasyondan net ısı kaybı olmaktadır. Barınaklar, bu duruma göre tasarlanmalıdır. İnekleri gün boyunca sürekli soğutmanın, sadece gündüz saatlerinde soğutmaktan daha faydalı olduğu bildirilmektedir. Isı alışverişinin dördüncü ve son yolu ise buharlaşma olup terleme, soluma ve inekler ıslakken meydana gelmektedir. Buharlaşma, suyun sıvı fazdan buhar veya gaz fazına dönüşmesine izin vermekte, böylece ineğin vücudundan buharlaşan su ile çevredeki

havaya ısı aktarılmaktadır (Fuquay 1981, Bucklin vd.1992, Hansen 1994).Buharlaşma yoluyla ısı kaybı, iletim ve konveksiyon gibi termal gradyana bağlı olmadığından ortam sıcaklığı yükseldikçe, toplam ısı kaybının ana yolu haline gelmektedir (Fuquay 1981).

Diğer birçok çevresel faktörün bir ineğin çevre ile ısı alışverişi yapma yeteneği üzerinde etkisi vardır. Bulutlar, toz parçacıkları, otlar, ısı alışverişini etkileyebilir. Hayvan üzerindeki lif örtüsü de ısıyı dağıtma yeteneği üzerinde çok önemli bir etkiye sahiptir (Gebremedhin 1985). Sığırlarda yaz döneminde deri lifleri, diğer mevsimlere göre daha azdır. Bu nedenle SS'den kaçınmak için kış lif örtüsünü dökmemiş sığırlarda yazın tüm vücutta kırkım yapılması önerilmektedir.

2.1.4 Sığırlarda termoregülasyon

Diğer sıcakkanlı hayvanlar gibi sığırlar da homeotermik olduklarından vücut sıcaklığını kabul edilebilir bir seviyede ($38.4-36^{\circ}\text{C}=101.1-102.2^{\circ}\text{F}$) sabit tutmak zorundadırlar. Ancak soğuk ve sıcak stresi, bu sabit vücut sıcaklığının korunmasını olumsuz etkilediğinden hayvanın sağlığı ve üretimi olumsuz etkilenmektedir (Hansen vd.1992, Jacobsen 1996). Memeli vücudunda periferik ve iç vücut sıcaklığı, deri ve iç sıcaklık sensörleri (hipotalamusta bulunur) ve endokrin sistemin entegrasyonu ile sürekli olarak düzenlenmektedir (Yousef 1985a). Sığırlar, ısıyı dağıtmak için esas olarak buharlaşma yoluyla solunum sistemini kullanmaktadırlar. Ağızları kapalı olarak nefes aldıklarından ısı alışverişi, konka kemiklerinin (turbinate bones) yakınındaki üst solunum yolunun nazal mukozasından gerçekleşir. Isı, nazal mukozaya giden kanla sağlanır ve soğuk kan, kulakların venöz drenajıyla birleştiği kafa tabanındaki venöz sinüslere akar. Beyin tabanına kan sağlayan küçük arterlerden oluşan bir ağ olan rete mirabile, nazal mukozayı, kulakları ve kafatasını boşaltan kanla beyni soğutan kanın soğutulduğu ters akımlı bir ısı değiştirici olarak işlev görür (Robertshaw 1985).

Merkezi sinir sistemi kardiyovasküler, solunum, sindirim ve endokrin sistemi düzenleyici bir süreçte birleştirmekte ve vücuttan olan ısı kaybı veya kazancı bu sistemlerdeki değişikliklere göre düzenlenmektedir. Çevresel sinir sistemi tarafından alınan tüm sinyaller, işlenmek üzere merkezi sinir sistemine iletilmektedir. Sinyallerin

işlenmesi, beyinde hipotalamusun termoregülatör bölgesinde/merkezinde gerçekleşmekte ve sonuçta uygun fizyolojik ve metabolik değişiklikler meydana gelmektedir (Bligh 1985).

Bir hayvanın/sığırın vücut ısı dengesi şu formülle özetlenebilir:

Vücut Sıcaklığı = Metabolik Isı $\pm$ İletim $\pm$ Konveksiyon $\pm$ Radyasyon + Buharlaştırma (Robertshaw 1985).

Vücut sıcaklığının sabit düzeyde tutulması için ısı üretiminin, ısı kaybına eşit olması gerekmektedir. Ancak bu denge, başta sıcaklık ve nem olmak üzere çeşitli çevresel faktörlerin etkisi nedeniyle her zaman sağlanamamaktadır. Bu durum ise şu şekilde formüle edilmektedir (Hansen 1994).

Isı Kaybı = Vücut Tarafından Üretilen Isı + Çevresel Isı

Sıcaklık Stresi = Isı Kaybı = (Vücut Tarafından Üretilen Isı + Çevresel Isı) > Isı Kaybı

Diğer çiftlik hayvanları gibi sütçü sığırların da yaşamlarını daha rahat ve verimli bir şekilde sürdürdükleri bir sıcaklık aralığı vardır ve bu aralık, Konfor Bölgesi (KB=Termo-Nötr Bölge-TNZ) olarak isimlendirilmektedir (NRC 1981). KB, metabolik hızın minimum olduğu ve sıcaklık düzenlemesinin, sadece buharlaşmanın olmadığı fiziksel süreçlerle birlikte otonom sinir kontrolü ve davranışsal tepkilerle sağlanan ortam sıcaklığı aralığı olarak kabul edilir. Bu bölgede ısı kaybı ve üretimi yaklaşık aynı olup hayvan sıcaklığa karşı genellikle fizyolojik tepki göstermemektedir (Yousef 1985b). Nem göz ardı edildiğinde sığırlar için KB sınırları 16-25 °C (41-77 F)'dir (Yousef 1985b, Jacobsen 1996).

2.1.5 Sıcaklık stresinin belirlenmesi ve sıcaklık nem indeksi

Hayvan çevresini oluşturan faktörler; fotoperiyot, ses, rakım, etkili çevre sıcaklığı, kirleticiler, psikolojik sınırlama ve yönetim sistemlerini içerir. Etkili çevre sıcaklığı (EÇS), hayvan ile çevresi arasındaki enerji transfer hızını ifade etmek için kullanılan bir

terimdir. EÇS'yi nicelendirmeye yönelik çabalar yetersiz olsa da çevrenin, hayvanlar üzerindeki etkisini tahmin etmek için faydalı bir kavramdır. EÇS'yi etkileyen esas çevresel bileşenler ise kuru termometre sıcaklığı, nem, rüzgar hızı, temas yüzeyleri, termal radyasyon ve yağıştır (Gwazdauskas 1985). Diğer memeli çiftlik hayvanlarında olduğu gibi sütçü sığırlarda da SS, termal konfor bölgesinin üzerindeki koşullarda tutulmaları halinde ortaya çıkmaktadır. KB' nin üst limiti üzerindeki sıcaklık değerlerinde termal dengenin sürdürülmesi için yeterli ısıya dağıtılamaması durumunda vücut sıcaklığı normal değerinin üstüne çıkarak SS'nin oluşmasına neden olmaktadır. SS ise sağlığı, üreme süreçlerini ve verim özelliklerini olumsuz etkilemekte ve sonuçta ekonomik kayıplar ortaya çıkmaktadır (Kadzere vd. 2002, St-Pierre vd. 2003). Sütçü sığırlarda vücut sıcaklığı, ortam hava sıcaklığının 2-5 saat gerisinde kalmaktadır (Bray vd.1992). Isının, sığırlar üzerindeki etkilerini tahmin etmek için birçok karmaşık matematiksel formül mevcuttur, ancak çevresel değişkenlerden bağımsız olarak bir ineğin vücut sıcaklığı (rektal veya çekirdek), SS' ye verilen fizyolojik tepkinin en iyi göstergesidir. SS'nin oluşmasına neden olan temel faktörler ise esas olarak; kuru ve ıslak termometre sıcaklığı (°C), çiğ noktası (°C), nem oranı (%), güneş ışınları (solar radyasyon) ve rüzgar hızı gibi barınak içindeki ve dışında etkili olan iklimik faktörlerdir (Kennedy 1999, Dikmen vd. 2009). Sütçü sığırlarda SS'nin etkilerini tahmin etmek için iklimik faktörlerin yer aldığı çeşitli modeller/yöntemler kullanılmaktadır. Yaklaşık 20 yıldır termal konforun göstergesi olarak en yaygın olarak Sıcaklık Nem İndeksi (SNİ) modeli kullanılmaktadır (Igono vd. 1992, Kennedy 1999). Termal konforun göstergesi olarak aynı zamanda ısı yükü indeksi de (IYİ) kullanılmaktadır.

Bir hayvanın yüksek hava sıcaklıklarına karşı gösterdiği tolerans, havadaki su buharı miktarına bağlıdır. Çünkü su buharı miktarı, buharlaşmalı soğutma yoluyla olan ısı kaybı oranını etkilemektedir. Hava sıcaklığı ve su buharı içeriği arasındaki ilişki ise, SNİ olarak tanımlanmaktadır (Thom 1959). SNİ, modelinde SS'nin oluşacağı sınır hesaplanırken sıcaklık ve nem değeri birlikte değerlendirilmektedir (Kennedy 1999). Ancak Çizelge 2.1'den görülebileceği gibi farklı sıcaklık ve nem değerleri arasındaki etkileşimlere bağlı olarak aynı SNİ değeri oluşabilmektedir. Yine sıcaklık stresinin belirli bir sıcaklıktaki etkisi de bağıl neme göre değişebilmektedir. Örnek olarak, 83 °F

sıcaklıkta ve %20 bağıl nemde SS oluşmazken 83 °F sıcaklıkta ve %90 bağıl nemde oluşabilmektedir.

Çizelge 2.1 Farklı sıcaklık ve nem değerlerinde SNİ değerleri (Chase 2023)

Sıcaklık °F	Nem %	SNİ
84	15	72
80	30	72
77	50	72
75	65	72
72	95	72
83	20	<72
83	90	>72

Çizelge 2.2’den görülebileceği gibi SS’nin sığırlar üzerindeki etkilerini tahmin etmek için çeşitli SNİ modelleri kullanılmaktadır Bu modellerden $THI = T + (0.36) T_{dp} + 41.5$ dir (Yousef 1985)’nin daha yaygın olarak kullanıldığı söylenebilir. Eşitlikte yer alan T, sıcaklığı ve T_{dp} ise çiğ noktası sıcaklığını ifade etmektedir. Yaygın olarak kullanılan diğer bir modelin ismi ise Siyah Küre Sıcaklığı (SKS) olup bu modelde ise; hava sıcaklığı, çok yönlü radyasyon ve ortalama hava hızının etkileri birlikte değerlendirilmektedir. SKS, güneş radyasyonuna basit bir sıcaklık ölçümü olmaktan daha fazla önem vermektedir (Berman ve Wolfenson 1992).

Çizelge 2.2 Sütçü sığırlarda SS hesaplamalarında kullanılan SNİ modelleri

İndeks	İndeks Bileşenleri*	Kaynak
Rahatsızlık indeksi (Discomfort indeks- DI) = $0.4 (t_d + t_w) + 15$	t_d ve t_w : °F cinsinden sırasıyla kuru ve yaş termometre sıcaklıkları.	Thom (1959)
Ağırlıklı birleşik sıcaklık ölçeği (Weighted combined temperature scale) $SNİ = (0.35 \times T_{db} + 0.65 \times T_{wb}) \times 1.8 + 32$ $SNİ = (0.15 \times T_{db} + 0.85 \times T_{wb}) \times 1.8 + 32$	T_{db} : kuru termometre sıcaklığı (°C) T_{wb} : yaş termometre sıcaklığı (°C) °F olarak hesaplanırsa DI' ye benzerlik göstermektedir	Bianca (1962a) Bianca (1965)
$SNİ = T_{db} - [0.55 - (0.55 \times RH/100)] \times (T_{db} - 58)$	T_{db} : kuru termometre sıcaklığı (°F) RH: bağıl hava nemi	Buffington vd.(1981) Amundson vd.(2005)

Çizelge 2.2 Sütçü sığırlarda SS hesaplamalarında kullanılan SNİ modelleri (devam)

İndeks	İndeks Bileşenleri*	Kaynak
$SNİ = (0.8 \times T) + (RH/100) \times (T-14.4) + 46.4$	T: Santigrat derece (°C) cinsinden sıcaklık RH: Bağıl hava nemi	Davis vd.(2003) Mader vd.(2006)
(1) $SNİ = (1.8 \times Tdb + 32) - [(0.55 - 0.0055 \times RH) \times (1.8 \times Tdb - 26)]$ (2) $SNİ = (Tdb + Twb) \times 0.72 + 40.6$ (3) $= (0.55 \times Tdb + 0.2 \times Tdp) \times 1.8 + 32 + 17.5$	Tdb: Kuru termometre sıcaklığı (°C) RH: Bağıl hava nemi Tdp: Çiğ noktası sıcaklığı (°C)	NRC (1971) NOAA (1976)
Siyah küre nem indeksi (Black globe humidity index-SGH): $tbg + 0.36 \times tdp + 41.5$	Tbg: Siyah küre sıcaklığı (°C) Tdp: Çiğ noktası sıcaklığıdır (°C)	Buffington vd.(1981)
$SNİ = Tdb + 0.36 \times Tdp + 41.2$	Tdb: Kuru termometre sıcaklığı (°C) Tdp: Çiğ noktası sıcaklığı (°C)	Yousef (1985)
$SNİ = (1.8 \times T + 32) - [(0.55 - 0.0055 \times RH) \times (1.8 \times T - 26)]$ IYİ: IF [BGT >25, $8.62 + (0.38 \times RH)$ $+ (1.55 \times BGT) + \exp(-WS + 2.4) - 0.5 \times WS,$ $10.66 + (0.28 \times RH) + (1.3 \times BGT) - WS],$	T: Hava sıcaklığı (°C) RH: Nispi nem (%), IYİ: Isı yükü indeksi BGT: Siyah Küre Sıcaklığı (Black globe temperature °C) WS: Rüzgar hızı	Igono vd. (1992)
Yaş termometre küre sıcaklık indeksi (= Wet bulb globe temperature index, WBGTI): $(0.7 \times Twb) + (0.2 \times Tbg) + (0.1 \times Tdb)$	Twb: Yaş termometre sıcaklığı(°F) Tbg: Siyah küre sıcaklığı (°F) Tdb: Kuru termometre sıcaklığıdır (°F)	Budd (2008)

*İndeks değerlerinin karşılaştırılabilir olması için ölçü birimleri önerilmektedir.

2.1.6 Sütçü sığırlarda sıcaklık stresi ve üretim ilişkileri

2.1.6.1 Stresin bağışıklık sistemi üzerindeki etkileri

Uzun süreli olumsuz koşullara maruz kalmanın, hayvan sağlığını olumsuz olarak etkilediğini gösteren birçok kanıt bulunmaktadır. Farklı entansif çiftlik hayvanı üretim

sistemlerinde, hayvanların bağışıklık sistemlerinin zayıflamasına bağlı olarak, hastalıklara karşı gösterilen direnç azalmaktadır. Özellikle sinir sistemindeki değişimler, bağışıklık sisteminin zayıflamasında önemli etkiye sahiptirler ve bu sistemin fonksiyonunu doğrudan değiştirmektedirler. Bu ise, hem HPA aksı hem de immun hücrelerin yakınında bulunan sinir hücrelerinin salgılamış olduğu noradrenalinin, bu hücreler üzerindeki parakrin etkisi yoluyla gerçekleşmektedir (Minton 1994, Blecha 2000, Tsigos ve Chrousos, 2002, Squires, 2003).

Hayvanlarda HPA aksında glikokortikoidler, hücresel düzeyde lenfatik dokunun miktarını ve lenfositlerin ve özonofillerin sayılarını azaltarak ve bunların doğal hücre öldürücü fonksiyonlarını engelleyerek immun tepkiyi zayıflatmaktadırlar. Glikokortikoid düzeylerinin artış göstermesi, timüs hücrelerini parçalamakta ve T hücrelerini olumsuz olarak etkilemektedir. Glikokortikoidler aynı zamanda, antikor oluşumunu engelleyerek B hücreleri üzerinde de negatif etki gösterirlerken, Tip 1 pro-inflamatuar sitokinlerin üretimini engelleyerek de immun tepkileri değiştirmektedirler. Çünkü Tip 1 pro-inflamatuar sitokinler, hücresel immunitenin güçlenmesini ve özellikle de interlökin 1'in (IL-1), hipotalamustan CRH salınımının artmasını uyarmaktadırlar. CRH ise, hipofizden ACTH, ACTH da adrenal korteksten glikokortikoidlerin salınımını artırmaktadır. CRH aynı zamanda, dalakta ve sinir uçlarında bulunan immun hücreler tarafından da üretilmekte ve inflamasyon bölgesinde bulunan immun hücreler üzerinde fonksiyon yapmaktadır. Glikokortikoidler ve CRH, daha sonra negatif geri bildirim yoluyla immun sistem üzerinde etki göstererek nötrofillerin oluşumunu artırmakta fakat makrofaj ve lenfositlerin oluşumunu azaltmaktadırlar. Glikokortikoidler, aynı zamanda immun hücreler tarafından pro-inflamatuar lökotrin'lerin ve prostaglandinlerin üretimini de azaltmakta ve nükleer faktör-KB (NF-KB) ve aktive edici protein-1 (AP-1) gibi pro-inflamatuar transkripsiyon faktörlerinin fonksiyonlarını da engellemektedirler (Minton 1994, Chrousos 1998, Elsasser vd. 2000, Manteuffel 2002, Squires 2003).

Hücresel immunitedeki azalma ile birlikte inflamasyonun verdiği acı ve bulantı davranışı, hayvanın kısa süreli stres durumlarına karşı daha etkili tepki vermesine neden olmaktadır. Buna karşın, uzun süreli stres nedeniyle hücresel immunité de ortaya çıkan depresyon, hayvanın virüs, bakteri, mantar ve protozoa tarafından oluşturulan

enfeksiyonlara karşı savaşma yeteneğini azaltmakta ve hastalık ihtimalini artırmaktadır. Bu nedenle uzun süreli stres istenmeyen bir durumdur ve hayvanları hastalığa karşı daha hassas hale getirmektedir. Uzun süreli stres nedeniyle oluşan diğer değişimler ise; adrenal hipertrofi, kanama, iskelet kasında dejenerasyon, dalak ve timus gibi diğer organların ağırlıklarındaki azalma gibi olaylardır (Munck vd. 1984, Minton 1994, Squires, 2003).

2.1.6.2 SS'nin beslenme üzerindeki etkileri

Diğer çiftlik hayvanlarında olduğu gibi sütçü sığırlarda da su, sıcaklık stresine uyum aısından en önemli besin maddesidir. Çünkü suyun yüksek ısı kapasitesine sahip olması, soğuk hava koşullarında vücut sıcaklığını ve daha sıcak hava koşullarında da vücut suyunu koruyarak termal bir tampon sağlamaktadır. Sütün yaklaşık %87'sidir. Sığırlarda yetersiz su temini durumunda, diğer tüm besinsel girdiler karşılanırsa bile süt üretiminde daha hızlı ve önemli bir azalma ortaya çıkmaktadır. SS esnasında su tüketimi, yaklaşık %33 artabilmektedir. Kurudaki ineklerde 82 °F'ye maruz kalma durumunda, 28 °F'ye göre, vücuttan olan toplam su kaybı %58 düzeyinde artmaktadır (Beede 1992). Sığırlar, genellikle daha soğuk su yerine daha sıcak suyu tercih etmektedirler. Ancak ekonomik olarak avantajlı olmasa da, soğuk su sağlanması daha faydalı bir uygulama olduğu gösterilmiştir (Bearden ve Fuquay 1992, Beede 1992).

SS altındaki sığırlara, bikarbonat (HCO_3^-) ve potasyum (K^+) gibi ek tamponların verilmesi, iştahın artmasına ve rumen pH'sının yükselmesine neden olmaktadır (Bearden ve Fuquay 1992, Rebhun 1995). SS altında otlayan sığırların yaşama payı enerji gereksinimleri, kapalı tutulan sığırlara göre, %40-50 düzeyinde artış göstermektedir. Sığırlara verilen lif miktarı, rumen fermentasyonunun metabolik ısısının arttırmasına neden olmaktadır. Yüksek düzeyde yapısal bileşenlere sahip lif kaynakları, rumen fermentasyonunun ısısının yükselmesine katkı yapmaktadırlar. Bu nedenle verilen liflerin kalitesi önemlidir (Fuquay 1981). Sütçü sığırlar, SS dönemlerinde KM alımlarını %25 düzeyine kadar azalabilmektedir (Hansen 1994, Jacobsen 1996). SS,

yaşama payı enerji ihtiyacını artırmakta ve bu durum ise yemden yararlanma etkinliğini düşürmektedir (Armstrong 1996).

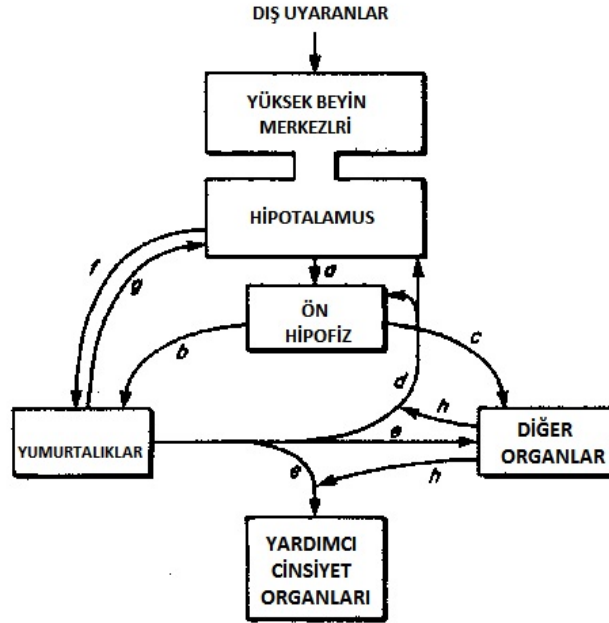
Sığırların büyük çoğunluğunda doğum sonrası dönemde normal olarak negatif bir enerji dengesi görülmektedir. Bu dönemde sıcaklık stresine maruz kalma, enerji ihtiyacının artmasına, KM tüketiminin ise azalmasına neden olmaktadır. Sonuçta ise bu durumdan süt üretimi ve üreme süreçleri olumsuz etkilenmektedir. Sığırlarda SS, rumen laktik asit seviyelerinde artışa neden olma eğilimindedir. Bu etki ise rumen pH'sını düşürerek hayvanları laminitise yatkın hale getirmektedir (Christopherson 1985). Sütçü sığırların SS dönemlerinde protein ihtiyaçları artabilmekte ve nitrojenli bileşiklerin deri salgıları yoluyla gerçekleşen kayıplarında artışlar ortaya çıkmaktadır (Fuquay 1981). Bu nedenle SS altındaki sütçü ineklerin, rasyon proteinlerinin artırılması, süt üretiminin artmasına neden olmaktadır (Shearer vd.1991).

2.1.6.3 Sığırlarda sıcaklık stresinin üreme süreçleri üzerindeki etkileri

Diğer çiftlik hayvanları gibi sütçü sığırlar da sıcaklık, nem, radyasyon ve rüzgar gibi iklim faktörlerinden etkilenmektedir. İklimin aşırı değişimi, hayvan ile çevresi arasındaki enerji transferini değiştirerek üreme süreçleri üzerinde olumsuz etkiler göstermektedir (Gwazdauskas 1985).

2.1.6.3.1 SS'nin üreme aksı hormonları üzerindeki etkisi

Sığırlarda SS, üreme süreçleri üzerindeki etkilerini doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki şekilde göstermektedir. SS'nin doğrudan etkileri esas olarak hipotalamus, ön hipofiz, uterus, follikül, oosit ve embriyo üzerinde görülürken dolaylı etkileri, KM alımının azalması nedeniyle, metabolizmada meydana gelen değişiklikler sonucunda görülmektedir (De Rensis ve Scaramuzzi 2003). Şekil 2.1'den görülebileceği gibi SS, üreme süreçleri üzerindeki doğrudan etkilerini üreme aksını oluşturan iç salgı bezlerinin endokrin fonksiyonlarını değiştirerek göstermektedir.



Şekil 2.1 SS'nin üreme süreçleri üzerindeki doğrudan etkileri

a (GnRH= Gonadotropin salıverme hormonu), b (gonadotropinler FSH=Folikül geliştirici hormon, LH= Lüteinleştirici hormon), c (diğer hipofiz hormonları), d (geri bildirimi etkileyiciler: steroidler, inhibin), e (periferik steroid eylemler), f (yumurtalık sinirleri), g (yumurtalık sinirleri), h (steroid metabolizmasında rol alan enzimler) (Armstrong 1986)

SS, üreme aksını (hipotalamus- hipofiz- hedef üreme organları) kontrol eden endokrin sistem üzerinde doğrudan ve yıkıcı bir etkiye sahiptir. SS, merkezi sinir sistemini ve hipotalamusu olumsuz etkileyerek Gn-RH salınımını baskılamakta ve bu duruma bağlı olarak hipofiz bezinin ve hedef dişi ve erkek üreme organlarının fonksiyonları bozulmaktadır. Örneğin dişi hayvanlarda ovaryumlar ve oositler ve erkek hayvanlarda testisler ve spermiler zarar görmektedir. Yine stresin bir sonucu olarak kortikosteroidler tarafından LH salgılanması baskılandığı için oosit yaşama gücü önemli düzeylerde düşmektedir (Armstrong 1986, De Rensis ve Scaramuzzi 2003). Kronik SS'ye maruz kalan hayvanlarda üreme performansı, kalmayanlara göre daha düşük olmaktadır. Akut SS faktörleri de aynı zamanda ovulasyon, erken gebelik ve laktasyon gibi üreme dönemleri esnasında olumsuz etki yaratmaktadır. Stres, hipotalamus tarafından Gn-RH salgılanmasını azaltmakta, buna bağlı olarak da hipofiz bezinden LH ve FSH ve gonadlar tarafından da cinsiyet steroidlerinin salınımını azaltmaktadır. Bu durum ise libido ve fertilité oranlarının düşmesine, zigotun implantasyonun gerçekleşmemesine ve

embriyo büyümesinin yavaşlamasına neden olmaktadır (Squires 2003).

Glikokortikoidler, hipofiz tarafından gonadotropinlerin ve gonadlar tarafından da steroidlerin üretimi üzerinde negatif etki göstermekte ve bunu, doğrudan ve/veya gonadal steroidlerin hipofiz gonadotropinleri üzerindeki geri bildirim etkilerini olumsuz etkileyerek dolaylı olarak gerçekleştirmektedir. Bu duruma bağlı olarak da hedef organların, cinsiyet steroidlerine karşı göstermiş oldukları duyarlılık azalmaktadır. Bu durum ise, dişi hayvanlarda pubertasin gecikmesiyle birlikte embriyo gelişimi ve implantasyonun ve dolayısıyla fertilitenin, erkek hayvanlarda da testis fonksiyonunun ve libidonun olumsuz olarak etkilenmesine neden olmaktadır. Kronik stres durumlarında glikokortikoidler, ACTH, CRH, vazopressin ve β -endorfin gibi opioidler, hipotalamustan Gn-RH salgılanmasını azaltırlarken, IL-1 de, hipotalamus-hipofiz-gonad aksı üzerinde olumsuz etki göstermektedir (Tilbrook vd.2000, Squires 2003, Maeda ve Tsukamura 2006). FSH sentezi ve salınımı, östradiol ve inhibin tarafından kontrol edilmektedir. Ancak inhibin kaynağı olan granuloza ve teka hücrelerinin SS'ye duyarlı olmaları nedeniyle folliküllerde üretilen östradiol ve inhibin düzeyi düşmektedir (Wolfenson vd. 1995, Wolfenson vd. 1997, Wolfenson vd. 2000). Östradiol ve inhibin düzeyinin düşük kalması sonucunda; hem SS'nin oluştuğu siklusta hem de takip eden siklusta FSH düzeyi yüksek kalmaktadır (Roth vd. 2000). İklimin aşırı etkileri endokrin fonksiyonların ve profillerin değişmesine neden olmaktadır. Hipertermide, adrenal fonksiyon azalmakta ve bunun sonucunda kortikosteroidlerin daha düşük kalorijenik etkileri sayesinde hayvan çevre ile başa çıkabilmektedir (Gwazdauskas 1985). Östrojenler, östrus döngüsünün proöstrüs ile metöstrüs döneminde ve gebeliğin ilerleyen dönemlerinde düşüktür. Ancak iklimsel stres, östrusun kısa sürmesine ve buzağı doğum ağırlığının düşmesine neden olmaktadır (Gwazdauskas 1985).

Gebe ineklerde 18.2°C (kontrol grubu) ve 33.5°C 'lik sabit sıcaklıklara maruz kalma durumunda östrus döngüsü boyunca kan plazması glukokortikoidlerinin düzeyleri, ısıya maruz kalmanın 1. gününde yükselmekte ancak döngünün büyük kısmında belirgin bir şekilde düşmektedir. 33.5°C'ye maruz bırakılan ineklerde 2. estrus döngüsü sırasında glukokortikoidler, estrus fazı dışında, kontrol grubunun altında kalmaktadır. Ancak hipertermi (32°C), PGF2a ile oluşturulan estrusun ardından 6 ve 4 saatlik aralıklarla

alınan kan örneklerinde bazal glukokortikoidler arasında farklılık oluşturamamıştır. ACTH enjeksiyonları, hipertermi sırasında glukokortikoid salınımını düşürmüştür. Hipertermiye bağlı olarak adrenal bez fonksiyonunun azalması, sığırlar için kalorijenik olarak faydalı olabileceği de ileri sürülmüştür (Gwazdauskas 1985). Sıcak hava koşullarında ve kontrol edilen SS altında laktasyonda ve laktasyonda olmayan süt sığırlarında kan plazmasındaki östradiol değişimi değerlendirilmiştir. 32°C'ye maruz kalan süt sığırlarında preovulatoriyel estradiol pikleri düşük ve estrus süresi daha kısa olarak saptanmıştır. Günlük SKS'nin 27.9°C ve gölge altındaki sıcaklığın 24.8°C olması durumunda östradiol düzeyleri arasında genel olarak farklılıklar yoktur (Adeyemo vd. 1981, Yousef, M.K. ve Johnson, H.D. 1967).

Gölgelik alanda tutulan sığırlarda estradiolün proestrus dönemindeki yükselişi, gölgelik alanda tutulmayan sığırlara göre daha düşük olmaktadır (Toda vd. 2002). Hipertermi nedeniyle proestrus ile metestrus fazı arasında östrojen düzeyinin düşmesinin, uterusu olan kan akışını azaltabilmektedir. Azalan uterus kan akışı ise, uterus sıcaklığının artmasına neden olarak uterusun besin ve su kullanılabilirliğini ve dolayısıyla metabolik süreçleri olumsuz etkileyebilmekte ve gebe kalma oranını düşürebilmektedir (Adeyemo vd. 1981, Yousef, M.K. ve Johnson, H.D. 1967). Kontrollü hipertermik ortamlarda tutulan sığırlarda bazal ve preovulatuvar atımlı LH konsantrasyonları daha düşük olmaktadır. Kontrol grubundaki dişi sığırların %87'sinde LH atılımı olurken, SS altındaki dişi sığırlarda bu düzey, %37.5'dir. Ancak kan örnek alma sayısının düşmesi, LH pikinin kaçırılması neden olabilmektedir. Bu çalışmaların aksine Rosenberg vd. (1982), Vaught vd. (1977) luteinize edici hormon ve progesteron değerleri tarafından kontrollü ve doğal sıcak çevresel koşullarda tutulan laktasyonda ve laktasyon olmayan sığırlardan daha sık aralıklarla toplanan kan örneklerinde yapılan çalışmalarda; hiperterminin preovulatuvar LH atımları üzerinde bir etkisi saptanamamıştır. Bu sonuçlara göre araştırmacılar; diğer araştırma sonuçlarını da dikkate alarak, hipertermi koşullarına bakılmaksızın, hiperterminin estrus aktivitesini, preovulatuvar LH atılımını ve ovulasyonu etkilemediğini, bu durumun da termal ortamın LH'yi etkilememe olasılığını gösterdiğini bildirmişlerdir (Gwazdauskas 1985)

Hipertermi altındaki sığırlarda aldosteron ve antidiüretik hormon (ADH) sınırlı ölçüde değerlendirilmiştir. Plazma aldosteron düzeyi, 35°C'ye maruz kalmanın ilk 8 saati boyunca etkilenmemektedir (EI-Nouty, F.D. vd. 1980). Ancak, 24 saatlik SS'nin ardından, aldosterondaki düşüş termoneutral sığırlara kıyasla önemli ölçüde artmaktadır. Sadece 30 saat boyunca SS'ye maruz kalma, plazma ADH düzeyini artırmaya eğilimi göstermiştir. Doğal yaz SS'ne maruz kalan sığırlarda plazma aldosteron düzeyleri, gölgelik alanda bulunmayan hayvanlarda daha düşüktür (Collier, R. vd. 1982). Bu çalışmalarda aldosteron ve ADH ile üreme süreçleri arasındaki ilişkiler değerlendirmemiş olmakla birlikte, bu hormonların elektrolit ve su dengesinin düzenlenmesinde kritik öneme sahip oldukları ve hipertermi altında, üreme hormonu değişikliklerine karşı tepkileri düzenlemede rol oynayabilecekleri bildirilmiştir. (Rouselt, J.D. vd. 1983) tarafından yapılan bir çalışma buzağılarda ve laktasyondaki sığırlarda estrus döngüsü boyunca serum aldosteronun kavisli bir şekilde değişim gösterdiği belirlenmiştir. Dolayısıyla, çevresel stres olmaksızın da ADH ve aldosteronun üreme süreçlerindeki rollerinin daha detaylı bir şekilde incelenmesi gerektiği ileri sürülmüştür (Gwazdauskas 1985).

Aşırı çevresel sıcaklıklar, tiroid hormonlarının konsantrasyonlarını ve metabolik fonksiyonlarını etkilemektedir. SS altında, laktasyondaki sığırlarda plazma T₃ ve T₄ konsantrasyonları, termoneutraliteye kıyasla önemli ölçüde azalmaktadır (Magdub, A. vd. 1982). Tersine, dışarıda tutulan sığırlarda çevre sıcaklığı -15°C olduğunda ise bazal T₃ ve T₄ düzeyleri, içeride tutulan sığırlara göre daha yüksek düzeylere çıkmaktadır (Christopherson, R.J. vd. 1979). Besin alımları yüksek çevresel sıcaklıklardan etkilendiğinden, enerji metabolizmasının değişebileceği ve dolayısıyla tiroidler tarafından düzenlenen metabolik aktivitenin de üreme verimliliğini dolaylı olarak etkiliyor olabileceği bildirilmiştir (Gwazdauskas 1985). Boğalarda çevresel streslere bağlı endokrin değişiklikler üzerinde çok az sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte erken oluşan hipertermiye maruz kalan erkek sığırlarda testosteron düzeylerinin düştüğü ve buna bağlı olarak spermatogenezin bozulduğu bilinmektedir. Rhynes, W. E. ve L. L. Ewing. (1973), Hereford boğalarda plazma testosteron düzeyinin, hipertermi süresince ilk 2 haftada düştüğünü, daha sonra 7 hafta boyunca 35.5°C'ye maruz kalınan süre sonunda ise kontrol grubuna yakın değerlere ulaştığını belirlemişlerdir. 15 gün

süreyle 34°C ve 22°C'ye maruz bırakılan Angus ırkı boğalarda ise 34°C'ye maruz kalmanın ardından 2 gün içinde sperm hareketi hızı ve canlı sperm yüzdesi, kontrol grubuna göre belirgin şekilde düşmüştür. Bu sonuçlar hipertermi durumunda sperma kalitesinin azaldığını göstermiştir. Aynı çalışmada, hipertermik boğaların 6. günde ortalama LH konsantrasyonları, 12 saatlik LH profilleri ve LH'nin episodik salınım büyüklüğü kontrol grubuna göre daha düşüktür. Ancak, 15. günde ise sadece ortalama LH konsantrasyonlarında düşme görülmüştür. GnRH'ye verilen tepkiler, stresli ve kontrol boğaları arasında benzerdir. Serum testosteron konsantrasyonları, 6. günde kontrol grubu ile benzerdir. Testosteron seviyeleri 15. gününde hafifçe düşmüştür. GnRH sonrası serum testosteron seviyeleri 34 ve 22° C' deki boğalar ile benzerdir.

2.1.6.3.2 Sıcaklık stresinin dişi sığırlarda üreme süreçleri üzerindeki etkisi

SS'nin folikülogenez, oosit olgunlaşması, embriyo gelişimi ve yaşaması gücünü olumsuz etkilemesine bağlı olarak toplam üreme verimliliği olumsuz etkilenmektedir (Hansen 1994).

2.1.6.3.2.1 Kızgınlık döngüsü

SS, ineklerde kızgınlık döngülerinin oluşumuna engel olmamakta ancak kızgınlık oluşumu, süresi ve belirtileri üzerinde etki göstermektedir (Imtiaz Hussain vd. 1992, De Rensis ve Scaramuzzi 2003). SS'nin ineklerde kızgınlık döngüsü süresini uzattığı (>30 gün), kısalttığı (<15gün), değiştirmedığı ve anöstrusa neden olduğu yönünde farklı araştırma sonuçları bulunmaktadır (Howell vd. 1994, White vd. 2002, Ajuha vd. 2005). Sütçü ineklerde SS'ye bağlı ortaya çıkan çok önemli sorunlardan birisi kızgınlık şiddetinin ve süresinin düşmesidir. Bu alanda yapılan araştırmaların hemen tamamının sonuçlarına göre; ineklerde SS dönemlerinde LH düzeyinin düşmesi nedeniyle dominant folliküller yeterli düzeylerde gelişemediklerinden bunların ürettikleri östradiol miktarı düşmekte ve dolayısıyla kızgınlığın süresi ve dış kızgınlık belirtilerinin şiddeti azalmakta ve kızgınlık süresinde 10-18 saat arasında azalmalar meydana gelebilmektedir. Bu duruma bağlı olarak ise kızgınlıkların tespit edilememesi ve/veya yetersiz düzeyde tespit edilmesi nedeniyle tohumlama sayısı azalmakta ve

tohumlamalar zamanında gerçekleştirilememektedir. Sonuçta, gebelik başına düşen başarılı tohumlama sayısı azalmakta ve gebe kalma yüzdesi düşmektedir. Nitekim SS altındaki sütçü ineklerde plazma östradiol konsantrasyonlarının düşük olduğu ve bu etkinin, belirlenen dominant follikülün küçüklüğü ve LH konsantrasyonunun düşüklüğü ile uyumlu olduğu bildirilmektedir (Imtiaz Hussain vd.1992, Hussain vd. 1992, De Rensis ve Scaramuzzi 2003, Sönmez vd. 2005). Kış ayları ile karşılaştırıldığında yaz aylarında kızgınlık belirtilerinde ve takibinde düşüşler görülmektedir. Yaz aylarındaki yüksek sıcaklıklarla birlikte ineklerde motor aktivitelerde görülen düşüşlerle birlikte kızgınlık davranışlarının süresi ve yoğunluğu azalmakta, anöstrus süresi uzatmakta ve sakin ovulasyon oranı artmaktadır (Wolfenson vd. 2000). Bu değişikliklere bağlı olarak ta gebelik başına tohumlama sayısı azalırken gebelikle sonlanmayan tohumlama sayısı artmaktadır (Hansen 1994, Barash vd. 2001). ABD'nin güneydoğusunda sütçü sığır sürülerinde görülen üreme verimi düşüklüğünün en önemli nedenlerinden birisi olarak bu durum gösterilmektedir (Shearer ve Beede 1990). İnekler, günün daha serin/soğuk kısımlarında en yüksek düzeyde kızgınlık aktivitesi göstermektedirler. İlkbahar ve yaz aylarında kızgınlık gösteren ineklerde atlama davranışı, kış aylarında kızgınlık gösteren ineklere göre daha düşük olmakta ve atlamalar arasındaki süre uzamaktadır. Yaz mevsiminde çiftleştirilen ineklerde, kızgınlıkların saptanamaması ve/veya düzensiz olması nedeniyle genellikle daha yüksek ortalama servis periyodu ortaya çıkmaktadır (Bearden ve Fuquay 1992, White vd. 2002).

Hansen (2007), sıcaklık stresine maruz kalan ineklerde ortalama östrus süresinin 7 saate düştüğünü ve hayvanların birbirleri üzerine yapmış oldukları aşım davranışının 7-10 arasında değiştiğini tespit etmiştir. Ilıman ve tropikal iklimlerde kızgınlık tespitinde %40 düzeyinde bir kayıp olduğu, SS'nin yoğun olduğu dönemlerde ise bu oranın %75-80'e kadar yükseldiğini belirlemiştir. Araştırmacı, hayvanların sıcaklık stresinde olup olmadığını belirlemenin en iyi yolunun rektal ısı ölçümü ile olduğunu bildirmiştir.

Subtropikal bölgelerde SS döneminde düvelerde, ineklere göre kızgınlık döngüleri daha kısa sürmektedir. Kontrollü çevresel koşullar altında, 32.0°C'ye maruz kalan düvelerde kızgınlığın, 21.3°C'ye maruz kalanlara göre 5 saat daha kısa sürdüğü belirlenmiştir. ABD'de Virginia'da gerçekleştirilen bir araştırmada; ineklerde kızgınlık aktivitesinin,

yılın serin aylarında (Kasım'dan Mayıs'a kadar; saatte ortalama 11.2 kızgınlık) daha sıcak aylara (Haziran'dan Ekim'e kadar; saatte ortalama 4.7 kızgınlık) göre artış gösterdiği saptanmıştır. Östrus aktivitesinin etkilerini değerlendirmek için östrus günündeki maksimum çevresel sıcaklık dikkate alındığında, maksimum çevresel sıcaklık ile kızgınlık aktivitesi arasında kavisli bir ilişki ortaya çıkmaktadır. -10°C'nin altındaki sıcaklıklarda da kızgınlık aktivitesi oldukça düşmektedir. Maksimum günlük sıcaklık, 25°C'ye yaklaştıkça kızgınlık aktivitesi artmakta fakat 30°C'nin üzerinde tekrar azalmaya başlamaktadır (Gwazdauskas 1985).

SS'ye maruz kalan ineklerde kızgınlık döngüsünün uzaması veya kısalması, luteal dönemin sırasıyla uzamasından ve kısalmasından kaynaklanmaktadır. Luteal dönemin uzamasının temel nedeni uterus endometriyumundan PGF2a hormonunun üretiminin azalmasına bağlı olarak korpus luteum'un luteolizisinin gecikmesi iken, kısalmasının temel nedeni PGF2a'nın üretiminin artmasına bağlı olarak korpus luteum'un luteal regresyonunun daha erken bir sürede gerçekleşmesidir (Putney vd.1988, Silvia vd. 1991, Wilson vd. 1998). Östradiol, corpus luteumun luteolizisinin başlaması için uterus endometriyumundan PGF2a hormonunun salgılanmasına neden olan hormundur. Ancak SS nedeniyle foliküllerde östradiol sentezinin azalmasına bağlı olarak uterus endometriyumundan salgılanan PGF2a miktarının düşmesi, normal luteolizis sürecini engellemektedir (Malayer vd. 1990). Nitekim SS'nin ortadan kalkması durumunda foliküllerin normal gelişimlerine devam ettikleri ve normal luteoliz sürecinin geliştiği belirlenmiştir. Diğer yandan luteolizisin engellenmesi ve/veya gecikme nedeniyle luteal fazın süresi uzamakta ve bir sonraki kızgınlık döngünün başlaması için gerekli olan estradiolün dolaşımdaki düzeyi azalmaktadır. Bu duruma bağlı olarak ise, mevcut döngünün süresi uzamakta, bir sonraki döngüsel kızgınlığın başlaması gecikmekte (veya gerçekleşmemekte) ve kızgınlık görülme yoğunluğunda ve süresinde azalmalar meydana gelmektedir. (Fuquay 1981, Thatcher ve Collier 1986, Malayer vd. 1990, Shearer ve Beede 1990, Hansen 1994, Howell vd.1994, Trout vd. 1998, Wilson vd. 1998).

Sığırlarda normalde bir kızgınlık döngüsünde yaklaşık 2-3 foliküler dalga görülmektedir (Mihm vd. 1997). SS, dominant ovaryum foliküllerinin büyümesini geciktirmekte ve

fonksiyonlarını bozmaktadır. Foliküller, gelişimleri sırasında estradiol hormonu üretirler. SS, birinci folikül dalgasındaki dominant folikül gelişimi sırasında ve proestrus aşamasında, dolaşımdaki estradiol konsantrasyonlarında azalmaya neden olmaktadır. Ovulasyondan sonra korpus luteum dokusuna dönüşecek olan dominant folikül hücreleri, gelişimleri sırasında termal stres yaşarlarsa bu durum, korpus luteumun progesteron üretme ve salgılama işlevini olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Hansen 1994, Hansen vd. 1992, Wilson vd.1998). SS yaşayan inekler, daha düşük luteal progesteron düzeylerine sahiptirler ve bu durum, kızgınlık aşamasında LH piki ve dolayısıyla östradiol konsantrasyonları üzerinde bir dereceye kadar olumsuz etki göstermektedir. Ancak SS altındaki ineklerde, teka ve granuloza hücreleri veya her iki hücre grubunda da steroidogenesiz düzeyinde ve folikül boyutunda azalmalar ortaya çıkmakta, bu duruma bağlı olarak ta estradiol konsantrasyonları düşmektedir. SS, aynı zamanda granuloza hücrelerinin canlılığında azalmaya ve steroidojenik enzimlerde daha spesifik değişikliklere neden olarak, yumurtalık fonksiyonlarında anormal değişikliklerin ortaya çıkmasını uyaramaktadır (Wilson vd.1998). SS altındaki ineklere göre konfor bölgesinde tutulan ineklerde kızgınlık döngüsünde ikinci dalga foliküllerinin ovulasyon yapmalarının olasılığı daha yüksektir. SS altındaki inekler, kızgınlık döngüsünün başında daha fazla foliküler dalgalara ve daha uzun luteal fazlara sahiptirler. SS'ye bağlı olarak KM tüketimindeki azalmalar, LH salgılama modellerini değiştirerek veya kan IGF-I konsantrasyonlarını azaltarak foliküler büyümeyi daha da tehlikeye atabilmektedir (Wilson vd.1998).

Gözlenen kızgınlık sırasında Gn-RH uygulamasının, öngörülebilir bir LH salınımına neden olduğu ve böylece luteal progesteron salgılanmasını artırdığı ve embriyonun hayatta kalmasını iyileştirdiği düşünülmektedir (Estrada vd.1994). SS altındaki düvelerdeki gözlemler, SS altındaki ve laktasyondaki ineklerinkine benzerdir. SS tarafından bozulan folikülojenez ve oosit olgunlaşmasının kesin aşamaları bilinmemekle birlikte foliküler hafıza, büyük olasılıkla sığır oosit gelişiminin ve olgunlaşmasının 40-60 günlük periyodunda zarar görmektedir (Hansen 1994, Wilson vd.1998). Sütçü ineklerde SS, kızgınlık döngüsünde folliküler gelişimi etkilemektedir. SS'nin etkisi ile dominant follikülün (graaf follikül) gelişimi aşamasında ve kızgınlığın başlangıcında, çapı 10 mm ve daha büyük follikül sayısı yaklaşık %50 oranında artabilmektedir. Yine

çevre sıcaklığındaki artışla birlikte birden daha fazla sayıda büyük folikül oluşumunun uyarıldığı kabul edilmekte ve özellikle sıcak iklimin olduğu bölgelerde, Mayıs-Temmuz ayları arasında gerçekleşen buzağılamalarda ikizlik oranındaki artışın sebebi olarak bu durum gösterilmektedir (Çolak ve Çoban 2002, Wolfenson vd.2000). SS nedeniyle luteolisizin gecikmesi sonucunda; kızgınlık döngüsünün uzamasına bağlı olarak döngü içindeki folliküller dalga sayısı artmaktadır (Wilson vd. 1998). SS'ye bağlı olarak folliküler dinamiklerde oluşan bu değişiklikler akut ve gecikmiş etkiler olmak üzere iki yönden incelenmektedir. Akut etki; dominant follikülün baskınlığını kaybetmesidir. Folliküler dominantlığın baskılanması nedeniyle sub-ordinal folliküllerin sayısı artmakta (Roth vd. 2000) ve bir sonraki dalganın dominant follikülü daha erken bir aşamada ortaya çıkarmaktadır (Wolfenson vd. 1995). Bu etki; plazma immun reaktif inhibin düzeyinin azalması sonucunda oluşmaktadır. Gecikmiş etki ise SS'nin olduğu kızgınlık döngüsünde küçük follikülerin olumsuz etkilenmeleri nedeniyle takip eden siklusta FSH düzeyinin yüksek olmasına rağmen orta büyüklükteki folliküllerin sayısındaki azalma şeklinde görülmektedir (Roth vd. 2000). SS'nin gecikmiş etkileri, orta büyüklükteki folliküllerde granuloza hücrelerinde düşük östradiol üretimine ve preovulatör folliküllerde de bu hücrelerin yaşama yeteneklerinin azalmasına neden olmaktadır. Bu durum ise oosit kalitesi ve embriyo gelişimini üzerinde olumsuz etki yaratmaktadır (Roth vd. 2001).

Sütçü ineklerde SS, kızgınlık döngüsünde folliküler dinamiklerinin değişimini esas olarak iki şekilde etkilemektedir: Birincisi; 2.folliküler dalganın dominant/preovulatör follikülünün SS'den dolayı normalden 2-3 gün önce şekillenebilmesidir. Bu durum fizyolojik bakımdan önemlidir. Çünkü; daha erken bir sürede şekillenen dominant preovulatör folikül, döngünün kızgınlık ve ovulasyon zamanının değişmemesi nedeniyle, yaşlanarak normalden daha yaşlı bir follikül olarak ovulasyon yapmaktadır. İneklerde preovulatör follikülün dominantlık süresi ile fertilite arasında negatif bir ilişki bulunmaktadır (Wolfenson vd. 2000). Persiste folliküllerin, erken embriyonik kayıplar üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; bu folliküllerden elde edilen oositlerin fertilize olabildiği fakat embriyoların 16 hücreli aşamadan önce öldükleri tespit edilmiştir (Ahmad vd.1995). İkincisi ise, inhibin hormonu düzeyinin düşük kalması nedeniyle FSH salınımı baskılanamadığı için birinci folliküler dalga sırasında dominant

follikülün baskınlığını kaybederken sub-ordinal folliküllerin gelişimlerine devam etmeleri ve bu durumdan dominant follikülün gelişiminin olumsuz etkilenmesidir (Wolfenson vd. 1995). SS, FSH ve inhibin hormonu konsantrasyonu ve korpus luteumun fonksiyonu ile birlikte follikül sayısını da olumsuz yönde etkilemektedir. Yüksek sıcaklıklarda ovaryum'da teka ve granuloza hücrelerinde aromataz aktivitesi ve androstenedion sentezi azalmaktadır (Wolfenson vd. 1997, Wilson vd. 1998, Roth vd. 2000). SS'nin periferik LH konsantrasyonu üzerine etkileri tartışmalı olmakla birlikte SS durumunda LH salınım sıklığı ve amplitütüsü azalmaktadır. Preovulatoir LH salınımındaki düşüşlerin nedeni açık olmamakla birlikte SS nedeniyle östradiol salınımının azalmasına bağlı olarak düşebileceği ifade edilmektedir. Sütçü ineklerde SS'nin kızgınlık döngüsünde progesteron hormonu üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmalardan farklı sonuçlar elde edilmektedir. Yüksek sıcaklıklarda progesteron konsantrasyonlarının arttığını (Abilay vd. 1975, Wolff-Vaught vd.1977) azaldığını (Rosenberg vd.1977, Rosenberg vd.1982,Younas vd. 1993, Howell vd. 1994, Jonsson vd. 1997, Ronchi vd. 2001), değişmediğini (Wilson vd. 1998b, Roth vd. 2000,Güzeloglu vd. 2001) ve düştüğünü (Howell vd. 1994) gösteren araştırma sonuçları bulunmaktadır. Bu farklılıkların adrenal progesteron salınımı, karaciğer metabolizması, hemodilüsyon veya hemokonsantrasyon, hiperterminin derecesi, SS'nin tipi (akut veya kronik), ineğin yaşı, laktasyon dönemi ve beslenme sistemi vb. faktörlerden kaynaklandığı bildirilmektedir.

Bununla birlikte SS altındaki ineklerde progesteron düzeylerinin düştüğü belirlenen bazı araştırmaların bulguları, laboratuvar bulguları ile de desteklenmiştir. Kronik SS'ye maruz kalmış ineklerden elde edilen ovaryum granuloza ve teka hücrelerinin in vitro ortamdaki progesteron üretimlerinin azaldığı ve bu bulgularla uyumlu olarak serin mevsimlerde serum progesteron düzeyinin sıcak mevsimlere göre daha yüksek olduğu saptanan araştırma sonuçları vardır (Howell vd. 1994). Yine yapılan laboratuvar çalışmalarında 40°C'ye maruz kalan luteal hücrelerin, 38°C'ye maruz kalan hücrelere göre %30 daha düşük progesteron ürettikleri belirlenmiştir. Azalan progesteron miktarı ise tohumlama öncesinde ve sonrasında problemler oluşturmaktadır (Çolak ve Çoban 2002). Düşük progesteron konsantrasyonu, folliküler gelişimi bozmakta, anormal oosit olgunlaşmasına ve erken embriyonik ölümlere sebep olmaktadır. Ayrıca düşük

progesteron konsantrasyonu, endometriyumun morfolojisini ve fonksiyonunu değiştirmektedir (Wolfenson vd. 2000). Buna karşın, Wilson vd. (1998)'e göre SS'nin, plazma progesteron düzeyi üzerinde etkisi bulunmamakta fakat luteolizisi geciktirmektedir. Oosit, folikülogenezisin en erken evrelerinde SS'den zarar görebilmekte ve periovulatuvar dönemde SS'ye duyarlı kalmaktadır. SS'ye bağlı olarak oosit kalitesindeki değişiklikler, değişen folikülogenez modellerinin ve muhtemelen yüksek vücut sıcaklığının oosit üzerindeki doğrudan etkilerinin bir sonucudur. Yüksek sıcaklığın oosit üzerindeki olumsuz etkileri in vitro olarak gözlemlenirken, ovaryumun lokal olarak soğutulması ve foliküler sıvının koruyucu etkileri in vivo olarak bu etkileri sınırlayabilmektedir. SS'nin, aynı zamanda döllenme oranını da tehlikeye atabileceği bildirilmektedir (Hansen 2017).

Sütçü ineklerde SS'nin kızgınlık döngüsü üzerindeki etkilerini araştırmaya yönelik gerçekleştirilen bazı araştırmaların sonuçları aşağıda verilmiştir

Malayer vd. (1990) tarafından ABD'de Columbia eyaletinde ineklerde yapılan bir çalışmada, 31-35,5°C sıcaklık ve %60 nem koşullarında östradiol düzeyi, foliküler faz süresi ve folikül büyüme oranlarının azalış gösterdiği saptanmıştır. Hales vd. (1996)'ya göre; SS'ye maruz kalan ineklerde kızgınlık süresi daha kısa olmaktadır. Kızgınlık davranışları, havanın serin olduğu gece saatlerinde ortaya çıkmakta ancak gece yetiştirici tarafından gözlem yapılamayacağı için kızgınlık takibinde sorunlar oluşmaktadır. Wilson vd. (1998), küçük folliküllerin SS'ye karşı daha duyarlı olduklarını ve bu folliküllerin ovule olabilmesi için 42 günlük bir süreye gereksinim duyulduğunu bildirmiştir. Hansen ve Areéchiga (1999), yaz aylarında yüksek sıcaklıklardan dolayı östrus süresinin ve yoğunluğunun azaldığını saptamışlardır. KhodaeiMotlagh vd. (2011) tarafından SS'ye maruz kalan östrustaki ineklerin vücut metabolizmalarının yüksek sıcaklıklardan etkilendikleri için kızgınlık gösteremediklerini bildirilmiştir. Zeron vd. (2001) tarafından yapılan araştırmalarda; kış aylarında ovaryumlardan elde edilen oosit sayısının yaz mevsimine göre daha fazla olduğu, in vitro ortamda elde edilen embriyoların bölünme oranlarında farklılık olmamasına rağmen blastosist evresine ulaşma oranlarının yaz aylarında düştüğü tespit edilmiştir. Bülbül ve Ataman (2009) tarafından 1995-2003 yılları arasında 9972 baş

ineğe ait kızgınlık kayıtları kullanılarak iklim koşullarının kızgınlık üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Kızgınlığın görülmesinde belirgin bir mevsimsel değişim belirlenmiştir. Ocak, Mart, Kasım ve Aralık aylarında gözlenen kızgınlık oluşumu, Haziran ve Eylül aylarına göre daha az olmuştur ($P<0.05$). Kızgınlık oluşumunun yıllık dağılımı ile çevre sıcaklığı ve izolasyon süresi arasında pozitif, yağış ile negatif korelasyon hesaplanmıştır ($P<0.01$). Ancak kızgınlık oluşumu ile bağıl nem arasında bir ilişki bulunamamıştır. >72 SNİ değerinde kızgınlık tepkisinde önemli olmayan ($P>0.05$) hafif bir düşüş görülmüştür. Çevre sıcaklığında 23°C ' ye kadar olan artış, yumurtalık aktivitesinde baskılayıcı bir etki oluşturmamıştır. Bu çalışmada Holstein ineklerde kızgınlık oluşumunun yıllık dağılımının, ortam sıcaklığı ve izolasyon süresi ile pozitif, yağış ile negatif ilişkili olduğu belirlenmiştir.

2.1.6.3.2.2 Gebelik dönemi

Sütçü ineklerde SS ve yüksek nem düzeyinde gebelik oranı düşmektedir. Sütçü ineklerde SS yumurtalık fonksiyonu ve ovulasyon, fertilizasyon, oosit olgunlaşması ve kalitesi, gebelik dönemi hormonları, korpus luteum oluşumu ve gelişimi, erken zigot ve embriyo gelişimi, implantasyon ve yaşama gücü üzerinde olumsuz etkiler göstererek gebeliğin şekillenmemesine ve/veya şekillenen gebeliğin sonlanmasına neden olmaktadır (Biggers vd.1987, Sprott vd. 2001, Lucy 2002).

SS'nin gebelik dönemi üzerindeki olumsuz etkileri, esas olarak doğrudan anne vücut sıcaklığının artmasıyla ilişkilidir. SNİ ve rektal ve vücut sıcaklığındaki yükselişe bağlı olarak olarak östrojen düzeylerinin düşmesi, dolaşımdaki kan akışının içten dışa doğru yeniden dağılımını değiştirerek (iç organlara ve periferik dolaşıma olan kan akışında değişim olmaktadır) ve kan akışını azaltarak dişi üreme kanalında sıcaklığın yükselmesine, besin değişiminin azalmasına (endometrium ve ovidukt dokularına olan besin ve hormon perfüzyonu azalmaktadır.) ve yumurta kanalı ve uterus salgılarının hacminde ve içeriğinde değişikliklere yol açmaktadır (Shearer ve Beede 1990, Hansen vd.1992). Sütçü ineklerde yapılan araştırmalarda anne vücut sıcaklığında meydana gelen düşük artışların bile gebelik oranını düşürdüğü belirlenmiştir. Nitekim Ulberg ve Burfening (1967); 37.5°C , 38°C , 38.5°C düzeylerindeki rektal ve Biggers vd. (1987);

38,9 °C, 39,2 °C, 39,8°C düzeylerindeki vücut sıcaklıklarında gebelik oranlarını sırasıyla %60, %57, %40 ve % 82, % 67, %55 oranlarında saptamışlardır. Dunlap ve Vincent (1971) tarafından etçi ineklerde SNİ değerlerinin >40°C olması durumunda gebelik oranlarında önemli düşüşlerin ortaya çıktığı belirlenmiştir. Ingraham vd. (1974) sütçü ineklerde gebelik oranının 70-80 SNİ değerlerinde %10-55 düzeylerinde düştüğünü bildirmişlerdir. Hansen (1994) göre ise uterus sıcaklığında normalin üstündeki 0,5°C'lik bir artış bile gebelik oranında yaklaşık %12,8'lik bir düşüşe neden olabilmektedir.

Rektal sıcaklık ve solunum oranları arasında yüksek düzeylerde önemli pozitif korelasyonlar elde edilirken, gebelik oranı ile rektal sıcaklık ve solunum oranları arasında yüksek düzeylerde önemli negatif korelasyonlar elde edilmektedir (Hansen ve Aréchiga 1999, Hansen 2017). SS, sütçü ineklerde gebelik üzerindeki olumsuz etkisini ilk aşamada ovaryum sıcaklığında artışa neden olarak göstermektedir. Yüksek ovaryum sıcaklığı, üretilen oositlerin kaliteleri doğrudan olumsuz etkilemektedir (De Rensis ve Scaramuzzi 2003). Kızgınlığın başlangıcında yüksek sıcaklıklara maruz kalan ineklerde döllenme oranında ve canlı embriyo sayısında düşüşler gerçekleşmektedir (Putney vd. 1989). Laktasyondaki yüksek verimli ineklerde fertilizasyon oranları, yüksek metabolizma ve SS nedeniyle düşmekte ve sıcak mevsimlerde anormal oosit gelişimi ve döllenmemiş oosit oranında artışlar oluşmaktadır (Sartori vd. 2002). Mevsime bağlı olarak oositlerin morfolojileri de değişmektedir. Kış aylarında oositlerde koyu bölgelerin homojen bir görünümde olmadığı ve oositlerin görünümündeki değişimlerin oosit membranında ve yağ kompozisyonunda mevsime bağlı oluşan farklılıklardan kaynaklandığını bildirilmektedir (Zeron vd. 2001). Sütçü ineklerde SS, gebelik dönemi hormonları üzerinde olumsuz etkilere sahiptir. Erken gebelikte ve kuru dönemdeki gebe ineklerde yüksek sıcaklıklarda progesteron, interferon tau (IFN- τ) ve sitokinlerin üretimi ve salgısı azalırken (Wise vd.1988, Wolfenson vd.1988), uterus endometriumundan salgılanan PGF2 α miktarı artmaktadır (Rocha vd. 1998, Wolfenson vd. 2000). Erken gebelikte progesteron, interferon tau (IFN- τ) ve sitokinlerin düzeylerinin düşmesi, embriyo implantasyonunu ve gebeliğin anne tarafından tanınmasını olumsuz etkilerken PGF2 α miktarının artması da erken embriyonik

ölümleri uyarmaktadır. Sonuçta ise; yüksek sıcaklığın etkisiyle tohumlama sonrası gebelik oranı düşmekte ve/veya gebelik başına tohumlama sayısı artmaktadır.

Sütçü ineklerde ilk 7 gün embriyolar için kritik bir gelişim dönemidir Armstrong (1996) ve 35. gün itibariyle erken embriyo ölüm oranı %17,2 - %25,5 arasında değişmektedir (Drost 1997). Sığır embriyolarının, gelişimin 3. gününden itibaren termotolerans göstermeye başladıkları belirlenmiştir (Hansen 1994). Sığırlarda gebeliğinin tanınması, normal olarak kızgınlık döngüsünün 1-17. günleri arasında gerçekleşmektedir (Drost 1997). İnterferon- olarak bilinen sığır trofoblast proteini-1(tau), erken gelişen embriyo tarafından üretilmekte ve gebeliğin erken döneminde maternal prostaglandin üretimini inhibe eden bir anitluteolitik ajan olarak fonksiyon yapmaktadır (Jacobsen 1996). Ancak interferon üretimi, termal stres altındaki embriyonik hücrelerde azalma eğilimindedir. Yüksek sıcaklıkların, interferon salgısını azaltması nedeniyle implantasyon ve korpus luteumun yapısı da olumsuz etkilenmektedir (Putney vd. 1988).

Korpus luteum ve progesteron, gebelik için gereklidir ve düşük progesteron ile kısırılık arasında bir ilişki bulunmaktadır. Luteal progesteron seviyeleri ve proöstrus estradiol/progesteron oranlarının her ikisi de gelişmekte olan preovulatör folikülün kalitesi, kızgınlık davranışının yoğunluğu ve uterus ve yumurta kanalının mikro çevresi ve erken dönem embriyo gelişimi üzerinde etkiye sahiptirler (Thatcher ve Collier 1986). Ancak SS'nin ovaryum follikülleri ile birlikte korpus luteum üzerinde de etkiye sahip olmasına (Wilson vd. 1998) karşın endometrial fonksiyon için gerekli olan progesteron desteğinin SS tarafından riske atılıp atılmadığı açık değildir (Hansen 1994). Bununla birlikte artan uterus sıcaklığı, dişi kanalında sperm kapasitasyonuna zarar verebilmektedir (Bearden ve Fuquay 1992). Sütçü sığırlarda SS'nin en zor belirlenen olumsuz etkilerinden birisinin erken dönem embriyo ölümleri olmakla birlikte SS, anormal embriyo oranında artışa ve embriyo yaşama gücünde azalışa neden olmaktadır Fuquay (1981) ve Armstrong (1996). Düşük gebelik oranı, multifaktöriyel bir bozukluk olmasına rağmen erken embriyonik ölüm, gebelik oranlarının düşmesinde önemli bir rol oynamaktadır. İneklerde ortam koşulları, oosit ve embriyo kalitesi üzerinde etkiye sahiptir. SS'nin, oosit olgunlaşması ve embriyo gelişimini olumsuz olarak etkilediği in vivo ve in vitro'nun her ikisinde de gösterilmiştir. (Hansen 1994).

Embriyonik gelişimin ilk 7 günü, SS nedeniyle bozulmaya karşı çok hassastır. Bu dönem boyunca embriyonun SS'ye karşı duyarlılığı çok hassastan (2 ila 4 hücreli aşama) büyük ölçüde dayanıklıya (morula aşamasıyla) doğru hızlı bir değişime uğramaktadır (Hansen 2017). Dolayısıyla embriyo, gelişiminin erken dönemleri (8-16 hücreli evre), yüksek sıcaklıklara karşı daha duyarlı olup gebeliğin 13.-14. günlerinde embriyo kayıpları yüksek olmaktadır (Ryan vd. 1992, Biggers vd. 1987). SS'ye maruz kalan embriyoların ağırlıklarında döllemeden 17 gün sonra düşüşler tespit edilmiştir (Hansen vd. 1992). Farelerde olduğu gibi ineklerde de erken gebe hayvanların ısıya maruz kalmalarıyla embriyo yaşam kabiliyeti azalmaktadır. Bunun yanında fertilizasyon sonrası 1.günde bulunan erken dönem embriyolar, daha ileri dönem embriyolarına göre sıcaklık stresine daha duyarlıdır. Erken embriyonik dönemde vücut sıcaklığının artması, embriyoların gelişimine olumsuz etkilemektedir. Aynı şekilde erken dönem embriyoların (1-8 hücre) SS'ye maruz kalmaları, bunların blastosit aşamasına ulaşma oranını ve blastosit hücre sayısını belirgin bir şekilde geriletmektedir (Zhandi vd. 2009; Namekawa vd. 2010; Roth vd. 2002a; Schrock 2011; Sakatani vd. 2007). Yine erken embriyonik dönemde sıcaklık stresi blastomerlerde reaktif oksijen türevlerinin (ROS) birikmesine neden olmaktadır (Ozawa vd. 2002; Sakatani vd. 2007). Çoğu hücre tipinin aksine, ovulasyon öncesi oositi ve erken dönem embriyolar, termal strese yanıt olarak ısı-şoku proteinlerini üretememektedirler (Hansen 1994). Ancak embriyonun, ısıya karşı toleransı ve ısı-şoku proteinleri üretimi gelişimi ile birlikte artmaktadır. Bu proteinlerin, stres esnasında embriyonun korunmasında potansiyel etkileri bulunmaktadır.

Embriyoların, termal strese karşı dirençlerinin arttırılmasında çeşitli uygulamalardan yararlanılmaktadır. Bunlardan birisi antioksidan (lar) ile besleme ve uygulaması olup alanin, taurin ve glutatyon gibi antioksidanların ve farmakolojik ajanların tümünün, gelişmekte olan embriyoları termal stresten koruma kapasiteleri olduğu gösterilmiştir. SS'nin oosit, dölleme ve erken embriyo üzerindeki etkilerinden kaçınmanın diğer etkili bir yolunun ise embriyo transferi yoluyla etkileri atlamak olduğu ileri sürülmektedir. Çünkü embriyolar tipik olarak termal direnç kazanıktan sonra dişilere aktarılmaktadır. Yine SS'ye karşı ineğin endogen endokrin ortamını düzenleme uygulamalarına da başvurulmaktadır. Ancak bu uygulamalardan pratikte etkin bir şekilde yararlanılamadığı ve bu nedenle SS sorununa uzun vadeli en iyi çözümün, ineklerin sıcaklık stresine karşı

genetik dirençlerini artırmak olduğu kabul edilmektedir. Termo tolerans genleri, sütçü ırklarında mevcuttur ve bu genler, diğer ırklardan geleneksel yöntemlerle veya gen düzenlemesiyle aktarılabilir. Aynı zamanda SS dönemlerinde barınak içinde ve dışında soğutma uygulamalarından da yararlanılmaktadır. Farklı soğutma uygulamalarının bulunmasına karşın bunların çoğu enerji maliyetlerini artırmaktadır. Bu nedenle uzun yıllardır sıcaklığın yükseldiği aylarda gölgeliklerden yararlanma uygulaması üzerinde yoğun olarak durulmaktadır.

Sıcak havalarda gölgelik alanlarda tutulan gebe inekler, tutulmayanlara göre, SS'den daha az etkilenmektedirler ve gölgelik alanlarda tutulan ve tutulmayan gebe ineklerin fizyolojik özellikleri bakımından genellikle olarak şu farklılıklar saptanmaktadır: gölgelik alanda tutulan ineklerin solunum ve kalp atış hızları daha düşüktür; gölgelik alanda tutulmayan gebe ineklerin doğumdan 1 hafta önceki vücut ağırlıkları biraz daha düşüktür ve bu durum muhtemelen yaz aylarında KM alımının azalmasından kaynaklanmaktadır; gebelik süresinin farklı olmamasına karşın, gölgelik alanda tutulan ineklerden doğan buzağların canlı ağırlıkları, gölgelik alanda tutulmayan ineklerden doğanlardan yaklaşık 3 kg daha yüksek olmaktadır; gölgelik alanda tutulan ineklerde, gölgelik alanda tutulmayanlara göre, plazma ortalama prepartum progesteron düzeyi daha yüksektir (6.0 ng/ml'e karşı 5.1 ng/ml); progesteron düzeyleri, doğum gününde farklı değildir ve doğumdan önceki yüksek progesteron düzeyi, luteal progesteronun salgılanmasındaki artış ve metabolizmadaki azalıştan kaynaklanabileceğini ileri sürülmektedir; serbest östrojen düzeyleri gölgelik alanda tutulan ve tutulmayan gebe inekler arasında farklılık göstermemektedir; estron sülfat konsantrasyonları, gebeliğin son üç aylık döneminde gölgelik alanda tutulan ineklerde daha düşük olmaktadır (Geisert vd.1988 ; Collier, R.J., 1982 ; Erb vd.1982).

Yüksek süt verimli ineklerin sıcaklık stresine karşı daha duyarlıdır. Örneğin Al-Katanani vd. (1999) tarafından ABD Florida'da süt ineklerinde yaptığı bir çalışmada, bir yıl boyunca 90 günlük geri dönüş oranları incelenmiş ve yüksek süt verimli ineklerde yaz aylarında infertilitenin arttığı gözlenmiştir. Bu nedenle yüksek süt verimli ineklerde SS'nin gebelik oranının düşmesinde daha büyük bir etkisi olduğu kabul edilmektedir. Yine süt üretimi ile birlikte metabolik ısı üretimi artış gösterdiğinden

sağmal inekler, sağmal olmayanlara göre SS'ye karşı daha duyarlıdır.

Sütçü ineklerde SS'nin gebelik dönemi üzerindeki etkilerini araştırmaya yönelik gerçekleştirilen bazı araştırmaların sonuçları aşağıda verilmiştir.

SS, sütçü inek ve düvelerde östrus süresini kısaltarak (Gangwar vd.1965), uterusun fonksiyonlarını engelleyerek (Collier vd.1982) ve embriyonik ölümlere neden olarak (Evans vd. 2010) gebe kalma oranını düşürmektedir (Ingraham vd. 1976).

(Brown, D. E., ve P. C. Harrison 1981; Brown, D. E., ve P. C. Harrison 1981) tarafından geç gebelik döneminde SS sırasında azalan kan akışının, plasental fonksiyon üzerinde olumsuz bir etki gösterebileceği, bu durumun ise gelişmekte olan fetusa besin maddesi sağlama konusunda sınırlamaya yol açarak düşük doğum ağırlıklarına neden olabileceği bildirilmiştir. Gebeliğin son üçüncü döneminde uterin kan akışının hipertermik olarak azalmasında merkezi sempatik ve periferik α - ve 3-adrenerjik etkileşimlerin rol almadığı tahmin edilmiştir.

Sütçü ineklerde gebelik sırasında SS sırasında pH, karbon dioksit kısmi basıncı, PGE ve anjiyotensin II değişimleri üzerinde yeterince durulmamıştır. Bu faktörlerin normal düzeylerindeki değişimlerin, östrojenin gelişmekte olan fetusa yeterli uterin kan akışını sağlamadaki görevinde aksamalara neden olabilecekleri ileri sürülmüştür. Ayrıca soğuk stresinin de döl tutma oranlarını azalttığı gösterilmiştir. Soğuk çevresel koşulların döl tutma oranlarını azaltmadaki nedenler tam olarak bilinmemekle birlikte, metabolik ve endokrin sistemlerdeki değişikliklerin ve yapay tohumlamada donmuş spermanın soğuk şoku gibi etkilerin rol oynayabileceği düşünülmektedir. İlave olarak, günlük iklimsel değişimlerdeki büyük varyasyonların, hayvanların çevreye uyum göstermelerine göre üreme süreçleri üzerinde daha fazla olumsuz etkiye sahip olabileceği ileri sürülmektedir (Gwazdauskas 1985). Soğuk stresi, hem akut hem de kronik şekilde etki gösterebilmektedir ve bu duruma inekler acil tepki gösterilebilmekte veya uyum sağlayabilmektedirler. Koyunlarda soğuğa (-2 ila 4°C) maruz kalma sonrasında termonetral ısı üretimi artmakta ve glukokortikoid konsantrasyonları ile birlikte epinefrin ve norepinefrin düzeyleri yükselmektedir (Graham vd.1981; Young, B.A.,

1983). 32,2°C'ye maruz kalan ineklerde 21°C'ye maruz kalan ineklere göre progesteron konsantrasyonlarının daha yüksek olduğunu belirlemiştir. Araştırmacı, yüksek progesteron düzeylerinin tohumlama, dölleme ve erken embriyo bölünmesi süreçlerine zarar verebileceğini ve embriyoların erken bölünmelerini yavaşlatabileceğini bildirmiştir (Dickman, Z., 1970). Avustralya'da 12 yıllık dönemde yapılan bir çalışmanın sonucunda; günlük sıcaklık ortalamasının 27°C nin üzerinde olduğunda inek ve düvelerin gebelik oranlarının % 55-% 80 aralığında azaldığı belirlenmiştir.

Hansen (1994), yazın buzağılayan yüksek verimli ineklerde, kışın buzağılayan yüksek verimli ineklere göre gebelik başına tohumlama sayısını %27 daha fazla, ilk tohumlamadaki gebelik oranını ise %22 daha düşük olarak saptamıştır. Fuquay vd. (1993) ve Rebhun (1995)'a göre; yazın sıcaklıkta ve nemli bölgelerde SS'nin, gebe kalma oranları üzerinde çok olumsuz etkisi vardır ve bu nedenle bu dönemlerde çiftleştirme yapılmamalıdır. McGowan vd.(1996) SNİ,>72 olduğunda ilk tohumlamada gebelik oranının düştüğünü saptamıştır. Al-Katanani vd. (1999), tohumlamadan önce meydana gelen SS, gebelik oranını düşüreceğini bildirilmiştir. Roth vd. (2000), sıcak aylarda Siyah Alaca ırkı ineklerde gebe kalma oranının %10-20 arasında düştüğünü tespit etmişlerdir. Hansen ve Rivera (2001) göre; hipertermal stres vücut sıcaklığını artırmakta ve uterus ortamını tehlikeye atarak embriyonun implante olabilme imkanını azaltmaktadır. Aynı zamanda yüksek oranda embriyonik ölüm oranına da yol açmakta olup bu durum, yaz aylarında yetersiz üreme performansının ana nedenlerinden birisidir.

Hansen vd. (2001) göre; SS'nin fertilité üzerine etkileri sonbahar aylarında da devam edebilmektedir. Fertilitédeki düşüş, Ekim-Kasım ayları arasında sıcaklık stresinin ortadan kaldırılmasından sonra bile görülmektedir. De Rensis vd. (2003), Yaz aylarının sonlarında sütçü ineklerde görülen düşük fertilitenin en önemli problemlerinden birisinin SS olduğunu bildirmişlerdir. Kış aylarına göre yaz aylarında doğumlarda %20-30 düşüş ortaya çıkabilmektedir. Amundson vd. (2005), Bos taurus melezi ineklerde SNİ'nin gebelik oranı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Araştırmada 10 yıllık buzağılama kayıtları (ortalama 182 inek/yıl) kullanılmıştır. Çiftleştirme mevsiminin başlangıcından üreme 21., 42. ve 60. günlerine kadar olan dönemlerde gebe kalan ineklerin oranı ve buna karşılık gelen çevresel değişkenler arasındaki ilişkiler

belirlenmiştir. Üreme mevsiminin ilk 21 ve 42. gününde minimum sıcaklık ve SNİ ile gebelik oranı arasında negatif ilişki belirlenmiştir ($P < 0.01$). Nabenishi vd. (2011), tohumlamadan sonra meydana gelebilecek maksimum SS'nin, gebelik oranını olumsuz etkileyeceğini belirtmiştir.

El-Wishy (2013), SNİ değerinin 69'dan 74'e yükselmesi, gebelik oranı % 34.1'den % 15.7'ye düşürdüğünü saptamıştır. Yılın sıcak aylarında SS'nin tohumlama başına gebelik oranında önemli düşüşlere neden olduğunu bildirilmiştir. Tucker ve Oxender (2008), erkek fertilitesi üzerindeki mevsimsel etkileri incelemişlerdir. Kuzey yarım küre iklimlerinde erkek fertilitesi, 6 yaşından büyük boğalarda kışın, 4 yaşından küçük boğalarda ise yazın en düşük seviyededir. Bu durum; genç erkeklerin yüksek sıcaklıklara, yaşlı erkeklerin ise soğuğa karşı daha duyarlı olmaları ile açıklanmıştır. Kontrollü çevresel hipertermi altında, 28 aylıktan büyük boğalara göre genç boğalarda spermatogenezde bozulma ortaya çıkmıştır. Ejakülasyon hacminin önemli ölçüde etkilenmemesine karşın başlangıç hareketliliği, sperm yoğunluğu ve toplam sperm sayıları etkilenmiştir.

2.1.6.3.2.3 Doğum sonrası dönem

SS'nin doğum sonrası dönem üreme özellikleri üzerindeki etkileri birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir.

(Collier, R. J., vd. 1982) tarafından gebeliğin son üçte birindeki hipertermi etkilerinin, doğum sonrası üreme değişiklikleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Prepartum dönemde SS'ye maruz kalmak, doğum sonrası erken dönemde plazma 13,14-dihidro-15-keto PF2 α (PGFM) düzeylerinde artışa neden olmakta ve yavru zarlarının atılma hızını artırmaktadır. Prepartum plazma progesteron düzeyinin yükselmesine ve estron sülfat düzeyinin azalmasına rağmen, doğum sonrası PF2 α yükselmiş olsa da, bu endokrin değişiklikler ilk estrus tespit edilen günler, servis periyodu ve gebe kalma başına tohumlama/çiftleştirme sayısını (sırasıyla gölgelikte tutulan inekler için 28.2 gün, 114.4 gün, 2.6 gebe kalma başına tohumlama sayısı ve gölgelikte tutulmayan inekler için 35.9 gün, 91.6 gün ve 2.4 gebe kalma başına tohumlama sayısı) etkilememiştir.

SS altındaki ineklerde fetal boyutun, konfor bölgesinde olan ineklere kıyasla tutarlı bir şekilde daha düşük olduğu gösterilmiştir. SS altında buzağılayan ineklerde ayrıca toplam kuru plasenta ağırlıkları da daha düşük olmaktadır. İnekleri, özellikle de kurudaki inekleri SS'den korumanın, daha sağlıklı buzağuların doğmasına, üretkenliğin artmasına ve ineklerin genel sağlığının iyileşmesine yol açacağı kabul edilmektedir (Thatcher ve Collier 1986, Hansen vd.1992). Geç gebelik dönemindeki inekler, SS altında erken buzağılayabilirler. Bu duruma bağlı olarak ise fetal zarlarının atımındaki gecikme ve azalan KM tüketimi ile şiddetlenen periparturient hipokalsemi ve ketozis gibi metabolik bozukluklar ortaya çıkabilmektedir (Ingraham vd. 1974, Shearer ve Beede 1990). SS'ye bağlı olarak fetal zarlarının atımındaki gecikmeler, ilk çiftleşmeye kadar geçen sürenin ve servis periyodunun/açık günlerin uzamasına ve gebelik başına çiftleşme/tohumlama sayısının artmasına neden olabilmektedir.(Shearer ve Beede 1990).

Kadzere vd. (2002) Mayıs ile Eylül ayları arasındaki sıcak mevsimde doğum yapan ineklerde (%24 ve %79 doğum) plasenta retansiyonu ve doğum sonrası metritis geliştirdiğini ve bu durumun, daha düşük sıcaklıklarda doğum yapan ineklere (%12 ve %98 doğum) göre daha yaygın olduğunu belirlemişlerdir ($P<0.05$). Araştırmacılar, SS'ye bağlı olarak plasenta retansiyonu ve doğum sonrası metritisi olan ineklerin gebe kalma süresinin/servis periyodunun (279 gün), bu semptomları göstermeyen ineklere göre (273 gün) ($P<0.05$) daha uzun olduğunu ve bu durumun SS'nin, sütçü ineklerde sağlık üzerindeki doğrudan etkilerinden kaynaklandığını bildirmişlerdir. Jacobsen (1996), sıcak, nemli bölgelerde tutulan ineklerde zor doğum ve ölü doğan buzağı oranında artış olduğu bildirilmiştir. Daha sıcak bölgelerde tutulan inekler ve özellikle ilkine buzağılayan düveler, buzağılama dönemlerinde hipertermi, sıcak çarpması ve hatta güç/zor doğum vb. sorunlar yaşayabilmektedirler. Bu nedenle bu hayvanlara, güneş ısısından korumak için gölgelik sağlanması gerektiği önerilmektedir (Shearer ve Beede 1990). Subtropikal iklimlerde yeni doğan buzağılarda serum IgG düzeylerinin yaz aylarında kış aylarına göre daha düşük olduğu gösterilmiştir (Shearer ve Beede 1990). IgG seviyelerindeki düşüşler esas olarak; yeni doğan buzağılarda artan serum kortikosteroidlerinin, ince bağırsağın IgG' lere karşı geçirgenliğinin azalmasına yol açmasından ve yeni doğanların SS sırasında emme yeteneklerinin azalmasından

kaynaklanmaktadır (Shearer vd.1992). SS, üreme üzerindeki nihai etkisini, ineklerin buzağılamadan sonra tekrar gebe kalmalarındaki gecikmeler şeklinde göstermekte ve bu duruma bağlı olarak mevsimsel buzağılama modelinde ve ardından süt fiyatlarında mevsimsel değişiklikler ortaya çıkmaktadır. Doğumdan sonra yeniden çiftleştirmelerin gecikmesinin başlıca iki nedeni vardır. Bunlar; sırasıyla kızgınlığı tespit edilen ve gebeliği başlayan ve devam eden tohumlanmış inek sayısındaki azalmadır (Hansen 1994). Yaz aylarında buzağılayan ineklerde buzağılamadan ilk tohumlamaya kadar geçen sürenin uzamasının, yüksek sıcaklığa bağlı olarak üreme hormonlarının konsantrasyonlarındaki değişimlerden ve/veya aralarındaki antagonistik ilişkilerden (Jonsson vd. 1997, Roth vd. 1997, Wolfenson vd. 2000, Hansen vd. 2001) ve uterus endometrium'unun morfoloji ve fonksiyonundaki bozulmalardan kaynaklanabileceği bildirilmiştir.

Zewdu vd. (2014); Hindistan'da Marathwada eyaletinde Marathwada Tarım Üniversitesi'nde yetiştirilen 256 baş Holstein Friesian × Deoni melezi ineğin 30 yıllık (1981-2010) dönemdeki toplam 1485 laktasyon kaydını esas alarak maksimum sıcaklık, maksimum nem, parlak güneşlenme saatleri ve maksimum SNİ faktörlerinin kuru dönem süresi (KDS) ve buzağılama aralığı (BA) üzerindeki etkilerini analiz etmişlerdir. Araştırma sonucunda maksimum sıcaklık, nem, rüzgar hızı ve SNİ değerleri ile kuru dönem ve buzağılama arası dönem özellikleri arasında önemli ve pozitif korelasyonlar elde edilmiştir. Yani iklim faktörlerinin ortalama değerleri arttıkça ve kuru dönem ve buzağılama arası dönem özellikleri de gerileme göstermiştir. Etkileri araştırılan iklim faktörlerinin, KDS ve BA özellikleri bakımından toplam varyasyonun sırasıyla %25 ve %23'nden doğrudan sorumlu oldukları hesaplanmıştır. Araştırmacılar, elde edilen bu sonuçlara göre melez ineklerin çoğunun SS'nin olumsuz etkilerine maruz kaldığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada KDS ve BA süreleri kış ve yaz mevsiminde sırasıyla 106.91 ± 3.84 ; 404.72 ± 5.94 gün ve 134.42 ± 3.72 ve 440.37 ± 6.41 gün olarak saptanmıştır. Kış mevsminin, bu iki özellik üzerindeki etkisi önemli değil iken yaz mevsiminde sıcaklık, bağıl nem, güneş ışığı radyasyonu ve SNİ'deki artış, KDS ve BA süresinin birkaç gün uzamasına neden olmuştur ($P < 0.05$). Benzer bulgular, Ray vd. (1992), Bouraoui vd. (2002) ve Gaafar vd. (2011) tarafından da elde edilmiş olup yaz mevsiminde SS, KDS ve BA süresinin uzamasına neden olmaktadır.

Sarı (2013); Balıkesir ili Manyas ilçesinde bir süt sığırı çiftliğinde Holştayn ırkı 238 baş inekte SS'nin fertilité üzerindeki etkisini araştırmıştır. SS faktörleri olarak, MGM'nün 2009-2012 yılları arasındaki Nisan - Ekim aylarına ait aylık minimum ve maksimum sıcaklık, relatif nem ve solar radyasyon değerleri kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, bölgenin coğrafik yapısı ve iklim şartlarından dolayı ineklerde SS'nin Mayıs ayının ikinci yarısından sonra etkisini hissettirmeye başladığı, Haziran-Ağustos ayları arasında şiddetini arttırdığı, Eylül ayından itibaren ise etkisini kaybetmeye başladığını göstermiştir. Ortalama sıcaklığın artmaya başladığı dönemlerde tohumlama indeksi etkilenmemiş ($r=-267$, $p>0,05$) ancak sıcaklık, SNİ'deki artışla birlikte etkisi hissettirmiştir. Solar radyasyon, tek başına suni tohumlama indeksinde düşüş ($r=104$, $p>0,05$) yaratmamış ancak sıcaklık ve relatif nem değerleri ile birleşerek düşüşe neden olmuştur. Süt verimindeki düşüş ile suni tohumlama indeksi arasında güçlü bir negatif ilişki tespit edilmiştir. Elde edilen verilere göre; SS'nin ineklerde gözden kaçırılan östrus oranında artışa ve suni tohumlama indeksinde yükselmelere sebep olarak, dolaylı yoldan, gebe kalma oranında ve yavru alımında düşüslere ve dolayısıyla ekonomik zararlara yol açtığı belirlenmiştir.

2.1.6.3.3 Sığırlarda sıcaklık stresinin büyüme özellikleri üzerindeki etkileri

Gebelik döneminde öncelik sırasına göre uterus, plasenta ve fõtal büyüme gerçekleşmektedir. Fetal büyümenin önemli bir kısmı gebeliğin son üç ayında meydana gelir ve bu büyüme, meme bezinin eş zamanlı gelişimi ile birleşmektedir (Hansen 1994, Thatcher ve Collier 1986, Shearer ve Beede 1990).

Glikokortikoidler, katabolik etkiye sahip olup büyüme performansını olumsuz olarak etkilemektedirler. Bunu dokularda glikogenesizi artırarak, protein birikimini ise azaltarak gerçekleştirmektedirler. Strese karşı vücudun geneli bakımından gösterilen tepki büyüme hızının azalmasına neden olmakta, büyüme için besin maddelerinden yararlanma etkinliğini düşürmekte ve yaşama gücü için gerekli olan enerji gereksinimini artırmaktadır. Endokrin tepkilere ilaveten stres iştahı, bağırsak motilitesini ve besin absorpsiyonunu azaltarak ve hayvanın aktivite düzeylerini etkileyerek de, besin temini ve bundan yararlanmayı düşürmektedir. Aynı zamanda alınan besinlerin kullanımı

büyümeden uzaklaştırılarak vücutta sıcaklık (ateş) artışına yöneltilmektedir (Elsasser vd. 2000, Squires 2003).

Stresin, farklı dokularda metabolizma üzerindeki etkileri bu dokuları oluşturan hücrelerin stres esnasında üretilen farklı hormonlara karşı göstermiş oldukları tepkilere bağlılık göstermektedir. Anabolik etki gösteren GH ve IGF-I, hastalık döneminde engellenmektedir. Stres esnasında üretilen ACTH ve glikokortikoidler, katabolik etkilere neden olmaktadır. Tiroit hormonları ise bazal metabolik hızı düzenlemekte ve hücreler tarafından besin maddelerinin alımını etkilemektedir. Aynı zamanda farklı dokulara gelen besin maddelerinin varlığını ve dokunun hormonlardan etkilenme düzeyini, dokulara olan kan akışındaki değişimler de etkilemektedir. Kan damarlarının daralması veya genişlemesi şeklindeki değişimler arasıdonik asit metabolitleri (prostaglandin'ler, prostasilin'ler ve tromboksan'lar) ve nitrik oksit (NO) tarafından gerçekleştirilmektedir. Farklı dokular arasında besin maddelerinin kullanımı bakımından da öncelikler vardır ve bu nedenle stresten, farklı dokular farklı düzeylerde etkilenmektedir. Şiddetli stres durumu, stres hormonlarının ve sitokinlerin çok yüksek düzeyde üretilmelerini uyarmakta, bu hormonlar da metabolizmada önemli düzeyde değişimlere neden olarak, katabolizmanın, doku zayıflamasının ve patolojik durumların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Örneğin, sitokinler grubuna giren IL-1, vücutta ateşin yükselmesini ve yem alımının azalmasını uyarmaktadır (Hart 1983, Elsasser vd. 2000, Squires 2003, Hossner 2005).

Sığırlarda SS'nin büyüme özellikleri üzerindeki etkilerini araştıran bazı araştırmaların özetleri aşağıda verilmiştir:

Webster (1970) tarafından sığırlarda soğuk ve rüzgarlı ortamlarda vücut enerji değişimleri, hava sıcaklığı ve vücut ağırlığının doku yalıtımı üzerindeki etkilerini ve rüzgar hızı ve lif örtüsü derinliğinin dış yalıtım üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Tahminler için kısmi regresyon denklemleri kullanılmıştır. Bu özelliklere ait ölçümler, besi danaları, gebe inekler ve buzağılar için gerekli olan durgun hava kritik sıcaklıklarını tahmin etmek üzere termonötr ısı üretimi tahminleriyle birleştirilmiştir. Bu değerler üç grupta sırasıyla -31 ile -38, -11 ile -23 ve -16 ile -21°C arasında değişmiştir.

Kanada'da farklı bölgelerden alınan meteorolojik kayıtların analizlerine göre soğuk hava, korunaklı alanlarda tutulan besi sığırlarının enerji verimliliği üzerinde ihmal edilebilir bir etkiye sahip iken, gebe inekler ve büyüyen buzağılar üzerindeki etkileri önemlidir ancak aşırı değildir. Araştırmacı; soğuk, rüzgar, güneş ışığı ve yağışın kritik sıcaklık üzerindeki etkilerinin, Kanada'da besi sığırcılığı ekonomisi üzerinde etkiye sahip olduğunu bildirilmiştir. (Brown vd.1977; Collier vd.1982) tarafından yapılan araştırmalarda; gebelik sırasında hipertermiye maruz kalan ineklerden doğan buzağının doğum ağırlıklarının düştüğü belirlenmiştir. Hahn vd.(1992) tarafından yaz aylarında SS'nin etkisi nedeniyle besi hayvanlarında canlı ağırlık artışının azaldığı ve gebelik oranlarının %36 oranında düştüğü belirtilmiştir. Shearer ve Beede (1990) ve Jacobsen (1996)'a göre; yaz mevsiminin ortasından sonuna kadar doğan buzağılar, kış aylarında doğanlara göre genellikle daha düşük canlı ağırlıktadırlar ve düşük ağırlıkta doğan dişi buzağının ilerideki süt verimleri de düşük olmaktadır. Toda vd. (2002) göre; SS altında büyüyen düvelerin pubertas yaşları ve ilk ovulasyonları genellikle önemli düzeylerde gecikmektedir. Gebe inekler, özellikle geç gebelik döneminde olmak üzere, SS'ye maruz kaldıklarında, yem tüketimlerinin düşmelerine bağlı olarak fetüsün büyümesi için gerekli olan besin maddelerini karşılayamadıkları için doğan buzağının doğum ağırlıkları normal duruma göre daha düşük olmaktadır.

Kadzere vd. (2002) tarafından Güney Amerika ve Karayip bölgelerinde yapılan çalışmalarda daha düşük enlemlerde yetiştirilen Holstein ırkı dişi düvelerin, SS nedeniyle doğumda yaklaşık %6-10 ve ergin yaşta %16 daha düşük vücut ağırlığına sahip oldukları bildirilmiştir. Mejía-Lastra vd. (2022), Siyah Alaca sığırlarda yaz sıcaklığı stresinin ergin inek ve genç düvelerde bazı verim özellikleri üzerindeki etkisi incelemiştir. Buzağılamadan önce SS' ye maruz kalan düvelerin kolostrum Ig düzeyleri, termonötr ortamda tutulan düvelerden daha düşük miktarlarda belirlenmiştir. Yaz sıcaklığı stresine tabi tutulan ergin inek ve genç düvelerden doğan buzağının doğum, 30 ve 60. gün ağırlıkları ve ölüm oranları arasındaki farklılıklar önemsiz ($P>0.05$) olarak saptanmıştır. Araştırmacılara göre; SS'ye maruz kalan kuru dönemdeki ergin inekler, doğumdan 30 gün önce sprey ve fanlarla soğutulduklarında, bunların fizyolojik tepkileri ve buna bağlı olarak verim özellikleri, genç düvelere göre daha iyi olmaktadır.

2.1.6.3.4 Sığırlarda sıcaklık stresinin süt üretimi üzerindeki etkisi

Karada yaşayan memelilerinin süt sentezleri ve salgılamaları üzerinde etkiye sahip en önemli çevresel faktörün çevresel sıcaklık olduğu bildirilmektedir (Johnson 1965). Çoğu memeli hayvan türünde laktasyonda görevli fizyolojik mekanizmalar tam olarak bilinmediğinden SS' nin laktasyon üzerindeki etkileri de yeterince analiz edilememiştir.

Çiftlik hayvanlarında sütün salgılanması, optimal çevresel koşullar altında hayvanların genetik kapasitelerine göre değişmektedir. Süt üretimi için "rahatlık bölgesi", hayvanın maksimum süt üretimini optimal olarak sürdürebilmesi için vücut sıcaklığını normal aralığında tuttuğu bölge şeklinde tanımlanmaktadır (Brody vd. 1955) Ancak rahatlık bölgesi, minimum ısı üretimi veya termonetralite bölgesi değildir. Çünkü minimum ısı üretimi, rahatlık bölgesinin üstündedir (Johnson ve Kibler, yayınlanmamış veriler). Rüzgar, radyasyon ve nem seviyesi bu bölgeyi değiştirebilmektedir. Rahatlık bölgesinin üzerindeki sıcaklıklarda artan rüzgar veya hava hızı bu bölgeyi genişletmekte, radyasyon ve nem ise kritik sıcaklık bölgesini düşürmektedir.

Laktasyon için optimal sıcaklık bölgesi/rahatlık bölgesi, soğuk veya sıcak toleranslarına bağlı olarak, türler, türe giren ırklar ve ırklara dahil bireyler arasında farklılık göstermektedir. Yem alımı ve büyüme özellikleri dikkate alındığında bu bölge, küçük laboratuvar memelilerinin laktasyonları için daha dar veya sınırlıdır. Süt sentezi, memeye gelen kanda bulunan çeşitli metabolitlerin sürekli bir şekilde süte dönüştürülmesine bağlıdır ve bu dönüşümün etkinliği, meme bezindeki hormonal ve enzimatik aktivitenin belirli bir optimum sıcaklıkta gerçekleşmesine bağlıdır. Bu nedenle, meme bezinde süt sentezi/laktasyon, yüksek ve düşük çevresel sıcaklıklardan etkilenmektedir.

Memelilerde çevresel sıcaklıktaki değişimler süt sentezini doğrudan ve dolaylı olarak etkilemektedir. Doğrusal etkiler esas olarak 3 önemli yolla gerçekleşmektedir: (1): Deri reseptörleri ve merkezi sinir sistemi aracılığıyla doğrudan etki ederek hipotalamus ve hipofiz aracılığıyla nöro-endokrin sistemini etkileyerek. (2): Vücut sıcaklığında ve hipotalamik bölgeye perfüzyon sağlayan kanın sıcaklığında değişikliklere neden olarak.

(3): Meme bezinin sıcaklığında ve bu şekilde memenin metabolik aktivitesinde değişikliklere neden olarak. Sıcaklık değişimleri süt sentezi üzerindeki dolaylı etkilerini ise, hayvanların iştahını ve/veya yem alımını değiştirerek ve böylece meme bezinin süt sentezinde kullandığı substratların veya hazır prekürsörlerin miktarını azaltarak göstermektedir (Meites, 1963). Günümüzde nöral ve endokrin faktörlerin laktasyon üzerindeki etkileri iyi bir şekilde açıklanmış olup hipotalamus, çevresel sıcaklık değişimlerinin laktasyon üzerindeki etkilerinin düzenlenmesinde çok önemli bir konuma sahiptir. Sıcaklık, özellikle de soğuk/düşük sıcaklık, TSH ve ACTH'yi ve bunlarla ilişkili fonksiyonları uyarmaktadır (Meites, 1963). Ancak yüksek çevresel sıcaklıkların bu iki hormonun fonksiyonları üzerindeki etkilerine ait bilgiler daha sınırlıdır. PRL (laktogenik hormon) ve ACTH, laktasyonun sürdürülmesi için gerekli olan hormonlardır. BH ise, laktasyonu desteklemektedir. Adrenal kortikal hormonlar ve insülin de süt sentezi için gereklidirler ancak düzeylerinin yükselmesi, diğer hormonlar üzerinde baskı oluşturmaktadır. Tiroid bezi laktasyon için mutlak gerekli değildir bu bezden salgılanan T₃ ve T₄ hormonları yetersiz olduğunda laktasyonun yoğunluğu ve süresi azalmaktadır Cowie (1961), Meites (1965). Bazı araştırma sonuçlarına göre; ACTH'nın yüksek çevresel sıcaklıklarda yükselmesine karşın Missouri laboratuvarında yapılan çalışmalar Bergman (1965) ısı maruziyet süresinden sonra glukokortikal fonksiyonunun, yüksek vücut sıcaklığında daha düşük olduğunu göstermiştir.

Sığırlarda orta laktasyon eğrisi tipiktir ve bu durum, çoğu üretici için 18°C (65°F)'ye kısmi uyumu veya düşük bir seviyede stabilize olmuş bir süt üretimi göstergesidir (Johnson 1965).

2.1.6.3.4.1 Sığırlarda sıcaklık stresinin süt miktarı üzerindeki etkisi

Diğer çiftlik hayvanlarında olduğu gibi sütçü sığırlarda da sıcaklık ve nem hayvanları olumsuz etkilemekte ve bu nedenle süt verimi ile iklimsel faktörler arasında genellikle önemli ve negatif korelasyonlar hesaplanmaktadır. Süt sığırı çiftliklerinin bulunduğu bölgelerde çevre sıcaklıklarının, normal değerlerin üstüne çıkması önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Örneğin ABD'de bir dönem SS'nin süt sığırlarında bağışıklık sistemi ve üreme ve süt verimi üzerinde oluşturduğu olumsuz etkiler

nedeniyle yılda yaklaşık 0.9-1.5 milyar dolar ekonomik kaybın ortaya çıktığı bildirmiştir (St-Pierre vd. 2003, Collier vd. 2006).

Sütçü sığırlar SS'nin olumsuz etkilerine karşı koymak ve termal dengeyi korumak için farklı fiziksel, biyokimyasal ve fizyolojik süreçleri devreye sokmaktadırlar. Bunlar arasında kan-hormon düzeylerini değiştirme, vücut sıcaklığını artırma, su tüketimini artırma, yem tüketimini ve süt sentezini düşürme, metabolik hız ve yaşama payı besin ihtiyacı düzeyini değiştirme, dışkı ve idrar atımını azaltma, rektal sıcaklığı artırma, evaporasyonla sıvı kaybını artırma (terlemeyi ve solunum sayısını ve hızını artırarak), salya üretimi ve akıtma miktarını artırma, kalp atış hızını artırma gösterilebilir (Ray vd. 1992, Armstrong 1994, Kadzere vd. 2002, Koubkova vd. 2002, Spiers vd. 2004, Key vd. 2014). Süt verim yönlü sığırlarda esas olarak iki önemli faktör nedeniyle SS'nin önemi artmaktadır. Bunlardan ilki; iklim değişikliği nedeniyle ortaya çıkan küresel ısınmadır ve daha fazla beklenen ısı dalgaları endişe yaratmaktadır. İkincisi ise; artan süt verimi ile birlikte metabolik enerji tüketiminin ve dolayısıyla vücut ısısının artmasıdır. Laktasyondaki süt inekleri büyük miktarda metabolik ısı üretmelerinin yanında radyan enerji yoluyla ek ısı biriktirmektedirler. Bu iki etki, ineklere uygulanan yetersiz serinletme uygulamaları ile birleştiğinde, inekte sırasıyla ısı yükünün artmasına ve yem tüketiminde ve süt veriminde ve kalitesinde düşmeye neden olmaktadır (West 2003).

İneklerin, çevresel ortamda homeostasilerini korumaları için ürettikleri ve çevreden kazandıkları ısı miktarının, kaybedilen yani çevreye verilen ısı miktarına eşit olması gerekmektedir. Isı kazanımı şu eşitlikle ifade edilmektedir:

$$\text{Isı kazanımı} = \text{Kütle} \times \text{özlü ısı} \times \text{sıcaklık değişimi}$$

Bir hayvan tercih ettiği vücut sıcaklığından ne kadar uzaklaşırsa, üretim süreçleri için sıcaklık o kadar zararlı hale gelmektedir. TNB aralığı (düşük kritik sıcaklık ile üst kritik sıcaklık arası) yaş, tür, ırk, yem alımı, rasyonun bileşimi, önceki sıcaklık alışkanlığı veya aklimatizasyonu, hayvanın ısı ve su dengesi, üretim düzeyi, barınak koşulları, doku yalıtımı (yağ, deri), dış deri yalıtımı (lif örtüsü), hayvan davranışı gibi faktörlere

göre değişim göstermektedir (Yousef 1985, Kadzere vd. 2002). Bazal metabolizma hızının üstündeki ısı üretiminin artmasında birçok faktör etkili olmaktadır. Bunlar arasında egzersiz, titreme, kaslardaki fark edilmeyen gerginleşme, metabolik hızdaki kimyasal artış, ısı artışı ve hastalık (ateş) vb. faktörler gösterilebilir. Isı kaybını azaltan faktörler arasında ise kan dolaşımındaki değişim, doku iletkenliğindeki azalma veya karşı akım ısı değişimindeki azalma, terleme, su buharının buharlaşması, solunum, hava hareketinin artması, konveksiyon gibi faktörler yer almaktadır (Kadzere vd. 2002).

Süt inekleri vücut ısılarını kondüksiyon (iletim), konveksiyon (taşıma), radyasyon (ışınım) ve evaporatif (buharlaşma) soğutma yoluyla kaybetmektedirler. Kondüksiyon, ısıнын sıcaktan soğuğa akması prensibine dayanır. Konveksiyonda, derinin sıcaklığı ile üzerindeki hava tabakası daha soğuk havası değiştirilir. Evaporatif soğutmada, ter ve nem deri veya solunum yoluyla atılmaktadır. Bu durum, SS sırasında süt ineklerinin terleme ve solunum hızlarını artırmalarının çok önemli nedenidir. Yüksek nem ise, evaporatif soğutmadan yararlanmak için ineğin yeteneğini sınırlamaktadır. Sığırlarda yüksek sıcaklıklarda endojen ısıнын yaklaşık %15'i solunum yoluyla doğrudan vücut çekirdeğinden kaybedilir. Kalan metabolik ısı, deriye transfer edilmekte ve burada kondüksiyon, konveksiyon, radyasyon ve terleme yoluyla dağıtılmaktadır. Sıcak bir ortamda duran sığırda, metabolizma %15 civarında ısı üretmekte ve geri kalan ısı terleme yoluyla kaybedilmektedir (Kadzere vd. 2002).

Deri üzerinden kaybedilen ısı deri, hava ve katı cisimler arasındaki sıcaklık gradyanına kısmen bağlıdır. Ortam sıcaklığı düştükçe buharlaşmayan ısı kaybı azalır ve inekler, ısı kaybını artırmak ve vücut sıcaklığındaki yükselmeyi önlemek için periferik damar genişlemesine ve su buharlaşmasına daha bağımlı hale gelirler. Hayvanların arasındaki radyant ısı transferi her iki yönde de gerçekleşir ve cisimler farklı sıcaklıklarda olduğunda daha sıcaktan daha soğuğa doğru net ısı transferi olur. Bu net ısı transferi, hayvanın kızıl ötesi radyasyonu emerek veya yayarak, ısı kaybetmesi veya kazanmasıyla gerçekleşir. Çevre sıcaklığı arttıkça vücuttaki fazla ısıнын su buharlaşması yoluyla atılmasının önemi de artmaktadır (Kadzere vd. 2002). Nefesle alınan hava, nefes borusuna/trakeaya ulaştığında sıcaklığı, vücut sıcaklığı düzeyine ayarlanmaktadır. Hava hareketinin hızı, konveksiyon hızını etkilemekte ve lif örtüsü gibi hava hareketine

direnç gösteren şeyler, konveksiyon yoluyla ısı transfer hızını azaltmaktadır. İneklerin çevreye ısı yaymak ve metabolik ısı üretimini azaltmak için yaptığı çoğu ayarlamalar, ısıyı çevreye dağıtmak ve metabolik ısı üretimini azaltmakla ilgilidir (Kadzere vd. 2002). SS'nin ölçüldüğü/tanımlandığı sıcaklık derecelerinde (ortalama 15-25°C arası) inekler, güneş radyasyonundan ve metabolik süreçlerden ısı kazanmaktadırlar. Eğer kazanılan ısı miktarı iletim, taşıma, buharlaşma ve radyasyon yoluyla kaybedilen ısı miktarını aşar ise, bu ısı farkı ilave olarak vücutta depolanmaktadır. Bu duruma bağlı olarak ise vücut sıcaklığı yükselerek inekte SS ortaya çıkmaktadır. Geceleyin, atmosfer sıcaklığının düşmesi durumunda, vücutta depolanmış ısı çevreye geri verilmekte/ yayılmakta ve bu duruma bağlı olarak da vücut sıcaklığı düşmektedir (Kadzere vd. 2002).

Dünyanın sıcak ve ılıman bölgelerinde, SS'den kaynaklanan düşük süt üretimi, süt üretimi bakımından sağlanan önemli genetik ilerlemeleri olumsuz etkilemektedir. Süt üretimindeki genetik ilerleme, artan yem alımıyla yakından ilişkilidir. Yüksek yem alımı, metabolik ısıda artışa neden olmaktadır. Yüksek metabolik ısı artışında ise, vücut sıcaklığının termonötral bölgede ve fizyolojik homeostazda tutulması için termoregülasyon mekanizmalarının etkili bir şekilde fonksiyon yapmaları gerekmektedir. İnekler, termonötraliteyi koruyamazlarsa hipertermiye maruz kalabilirler. İneklerin SS'ye girdikleri zamanın doğru bir şekilde ölçülmesi, enerji dengesi kadar su, Na, K ve Cl metabolizması da etkilediğinden karmaşıktır. Su, Na, K ve Cl, terin önemli bileşenleridir ve terleme, fazla vücut ısını dağıtmak için kullanılan temel bir termoregülasyon mekanizmasıdır. Özellikle daha sıcak aylarda yüksek metabolik ısı artışı nedeniyle, yüksek verimli süt inekleri, eğer ek ısıdan kaynaklanan stresi fizyolojik adaptasyonlarla karşılayamazlarsa, daha düşük verimli olanlara göre daha erken bir sürede SS'ye girebilmektedirler. Bu durumda, ısı stresini azaltmaya yönelik stratejiler geliştirilerek ineklerin genetik potansiyellerini tam olarak ifade edebilmelerine olanak tanınmalıdır (Kadzere vd. 2002). Sığırlarda çevre sıcaklığının süt verimi üzerindeki etkilerini araştırmaya yönelik çalışmalar yaklaşık 1900'lü yılların başlarında başlamıştır. Nitekim, Johnson (1965) tarafından gerçekleştirilen bir erken dönem çalışmada; ineklerin düşük sıcaklıklarda (-10 ila -39°C) daha az, yüksek sıcaklıklarda (5-12°C) ise daha fazla süt ürettiği saptanmıştır.

Sütçü sığırlarda SS'nin yem tüketimi ve dolayısıyla üreme ve süt verimi üzerindeki etkilerinin analizine yönelik çalışmalar esas olarak 1980'li yılların başından sonra yoğunlamıştır. Günümüze kadar yapılan çalışmaların sonuçlarına göre sütçü sığırlarının fiziksel çevre koşullarına adaptasyon yeteneklerinin iyi olduğu ancak yüksek sıcaklığın hakim olduğu dönemlerde metabolizmalarının değişerek yem tüketimi, süt üretimi ve üreme etkinliklerinin düştüğü bildirilmiştir. Bununla birlikte sütçü sığırlarda optimum vücut sıcaklığı, konfor bölgesi sıcaklığı ve süt veriminin olumsuz etkilenmeye başladığı sıcaklıklar için farklı değerler elde edilmiştir ve bu durum, esas olarak süt sığırlarının yetiştirildikleri coğrafi bölgelerin iklimsel özellikleri ve buralara olan adaptasyonun düzeyleri, genetik yapıları, maruz kaldıkları yönetim uygulamaları ve diğer çevresel faktörlerin etkilerinden kaynaklanmıştır. Belirli derecelerin üzerindeki sıcaklık ve nem değerleri arasında çok önemli düzeylerde ilişkiler bulunduğundan sütçü sığırlarda yüksek sıcaklık ve nemle birlikte oluşan SS'yi ölçmek amacıyla yaklaşık 40-50 yıldır esas olarak SNİ modeli kullanılmaktadır. SNİ, yalnızca çevresel sıcaklık ve nem düzeyi bileşenlerini içerirken güneş radyasyonu, rüzgar hızı (WS, m/s), genotip (ırk vb.), yönetim (gölgeleme etkisi vb.) faktörlerin etkilerini içermemektedir. Tropik ve subtropikal bölgelerde SNİ ve SS'nin süt inekleri üzerindeki etkileri iyi bir şekilde belirlenmiştir (West vd. 2003, Dikmen ve Hansen 2009). Bununla birlikte SS'ye karşı toleransın daha düşük olduğu ılıman olmayan bölgelerde de çevresel sıcaklık ve SNİ ile süt verim özellikleri arasındaki ilişkilerin analizine yönelik çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir (Bruegemann vd.2011, Hammami vd. 2013, Dunn vd. 2014, Hill ve Wall 2014). Nitekim ılıman olmayan bölgelerde yetiştirilen sığırlarda maksimum süt verimi için uygun sıcaklık bölgesi, 7°C-25°C olarak bildirilmektedir (Shinde ve Taneja 1986). Sıcaklığın 25/27°C'yi aşmasıyla birlikte süt üretiminde düşüşler meydana gelmektedir (Broucek 1997, Novák vd. 2000). Bu bölgelerde sığırlar için uygun sıcaklık değerlerinin 4-24 °C arasında olduğu, 24 °C' nin üzerindeki sıcaklıklarda süt üretiminin genellikle düşmeye başladığı ve sıcaklığın 35°C'ye yükselmesi sonucunda süt üretiminde %50 düzeyinde düşüş meydana geldiğini bildiren araştırma sonuçları da bulunmaktadır (Ekmekyapar 1991, West 2003). Ancak ılıman iklimlere adapte olmuş sığırlar için uygun sıcaklık değerleri 15-27°C arasındadır ve bu bölgelerde 35°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda süt üretimi düşmeye başlamaktadır.

Çizelge 2.3'den görülebileceği gibi uluslararası kaynakların büyük çoğunluğuna göre süt verim yönlü sığırlarda SNİ değerinin >72 olması, hayvanda SS başlangıcının bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Ancak coğrafi ve iklimsel, adaptasyon, genetik değişimler vb. faktörler nedeniyle farklı ülkelerde ve sığır ırklarında SS'nin ve süt verimi üzerindeki olumsuz etkisinin başladığı noktanın sınıflandırılmasında kullanılan SNİ değerleri farklılık göstermektedir. Nitekim ılıman olmayan bölgelerde süt sentezindeki düşüşler, SNİ değeri ≥ 65 (Zimbelman vd. 2009), 68 (Renaudeau vd. 2012, Gauly vd. 2013) ve hatta 60 (Bruegemann vd. 2012) olması durumunda başladığını bildirilen araştırma sonuçları bulunduğu gibi tropikal bölgelerde süt sentezindeki düşüşlerin, SNİ değerinin ≥ 72 olması durumunda başladığını bildiren araştırma sonuçları da bulunmaktadır (Igono vd. 1992, Ravagnolo ve Misztal 2002, Gaughan vd. 2008)

Özet olarak üzerinde çalışılan sürülerde; 65-72 SNİ değerleri, ortalama süt verimine sahip bir ineğin etkilendiği noktayı göstermektedir. Dolayısıyla sütçü sığırlarda süt üretiminde SS nedeniyle ortaya çıkacak olan kayıpların düşürülmesi ve/veya engellenmesi için SNİ değerinin 65'e ulaşmasıyla birlikte soğutma/serinletme uygulamalarına başlanması ileri sürülmektedir (Armstrong 1994, Ravagnolo vd. 2000, Gaughan vd. 2008, Dikmen vd. 2009).

Çizelge 2.3 Farklı ülke ve sığır ırklarında SNİ ve SS sınıfı değişimleri

Ülke	SNİ değerlerine göre stres sınıfları					Kaynak
	Stres yok	Hafif	Orta	Şiddetli	>90: Ölüm	Armstrong (1994)
Brezilya	≤ 70 :Normal	70–72; Uyarı	72-78: Kritik alarm	78-82: Tehlike >82:Acil durum	-	Aparecido vd. (2021)
Cezayir	<72:Termal konfor	72-78: Hafif stres	-	>78: Şiddetli	-	Houari vd. (2022)
-	<72:Termal konfor	72-78: Hafif	-	>78: Şiddetli	-	Kadzere vd. (2002)
-	-	72:Stres başlangıcı	-	-	-	Du Preez (vd. 1990), Bouraoui vd.(2002), West vd.(2003),Chase (2006), Bernabucci vd.(2014), Sinha (2017)

Çizelge 2.3 Farklı ülke ve sığır ırklarında SNI ve SS sınıfı değişimleri (devam)

Ülke	SNI değerlerine göre stres sınıfları					Kaynak
	Stres yok	Hafif	Orta	Şiddetli	>90: Ölüm	
-	<71	72-79	80-90	>90	-	Armstrong (1994) Igono vd. (1992) Armstrong (1994) Ravagnolo ve Misztal (2002), Gaughan vd. (2008)
Türkiye	-	72:Hafif	79:Orta	89:Şiddetli		Akyüz vd.(2010)

Sütçü sığır ırklarında SNI'nin üretilen süt miktarı üzerindeki etkisini analiz etmek amacıyla gerçekleştirilen araştırmaların özetleri aşağıda verilmiştir.

Williams (1959)'a göre; üretim için metabolik enerjiyi kullanma etkinliği -5 veya -10° C'nin altındaki sıcaklıklarda önemli ölçüde artar ancak bundan sonra yüksek oranda ısı kaybından dolayı verim azalmaktadır. Johnson vd. (1963), rektal sıcaklıktaki 0.55°C'lik bir artışın toplam sindirilebilir besin maddesi alımında ve süt veriminde sırasıyla 1.8 kg ve 1.4 kg azalışa neden olduğunu saptamışlardır. Maksimum SNI değerinin 77'ye ulaşmasının, KM tüketiminde ve süt veriminde önemli düzeylerde düşüslere neden olduğunu belirlemişlerdir. Bianca (1965), ABD 'nin güney bölgesinde Holstein, Jersey ve Brown Swiss ırkı sığırlarının süt verimlerinde, 29°C sıcaklık ve %40 bağıl nemde sırasıyla %3, %7 ve %2 oranında düşüş meydana gelirken bağıl nem %90'a çıktığında düşüşler sırasıyla %31, %25 ve %17 düzeyine yükselmiştir. Araştırmacı bu bulguları esas alarak ABD' nin Güneydoğu bölgesindeki temel zorluklardan birisinin yüksek bağıl nem ile yüksek çevre sıcaklığının birleşik etkileri olduğunu bildirmiştir. Johnson (1965) sütün verimi ve bileşiminin 0-21°C aralığında genellikle değişmediğini belirlemiştir. Ancak 21°C (70°F)' den 27°C (80°F)'ye kadar, verim yavaşça bir şekilde azalmakta ve yağ yüzdesi düşmektedir. Fakat 27°C (80°F)' nin üzerinde, verimdeki düşüş daha belirgin hale gelirken, yağ yüzdesi artmakta ve yağsız katı madde içeriği genellikle azalmaktadır.

Berman (1968)'a göre; laktasyondaki sütçü ineklerde 20°C'nin üzerindeki ortalama sıcaklıklarda deriden evaporatif yolla sıvı kaybı artarken, yem alımında, süt üretiminde ve metabolik hızda düşme gerçekleşmektedir. Dolayısıyla sütçü sığırlar için üst kritik

sıcaklık, süt üretimine veya önceki iklim uyumuna bakılmaksızın 25-26°C olarak bildirilmiştir. Alexander (1974), düşük kritik sıcaklık üzerindeki çevre sıcaklıklarında vücut sıcaklığının, yüksek kritik sıcaklığa kadar korunamadığını bildirmiştir. McDowell vd. (1976) tarafından sütçü ineklerde SNİ'nin, termal konfor şartlarının bir göstergesi olarak kullanılabileceği ve SNİ'nin ≥ 72 olmasının, süt inekleri için genellikle üst sınır olduğu bildirilmiştir. West (2003), SNİ'deki her bir birim artışın, süt veriminde 0.32 kg düşüşe neden olduğunu belirlemiştir. Sabit sıcaklıkta (30°C) nispi nemin %50'den %70'e yükselmesiyle süt veriminin ve yem tüketiminin %10 ve %12 düzeyinde azaldığını saptamıştır. Berman vd. (1985), Holstein ırkı sığırlarının stabil bir vücut sıcaklığını koruyabilecekleri çevresel sıcaklığın üst sınırının 25-26°C olduğunu ve 25°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda vücut sıcaklığının yükselmesini en aza indirmek için önlemler alınması gerektiğini önermişlerdir. Berman vd. (1985) tarafından ineklerin 25°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda vücut sıcaklığındaki artışı minimize etmeye başlamaları gerektiği bildirilmiştir. Lemerle ve Goddard (1986), süt ineklerinde SNİ > 80 durumunda, rektal sıcaklık ve solunum hızının arttığını belirlemişlerdir. Kume vd. (1998), laktasyondaki süt sığırları için yüksek sıcaklığın 25°C olduğunu ve nemin >%80 olması durumunda, sıcaklığın etkilendiğini bildirmişlerdir. Roenfeldt (1998), laktasyondaki sütçü sığırlarının, 5-25°C arasındaki ortalama sıcaklıkları tercih ettiklerini bildirmiştir. Ortalama >26°C sıcaklıklarda sütçü sığırların vücut sıcaklıkları, uzun süre yeterli düzeyde düşüremeyecekleri/serinleyemeyecekleri bir noktaya ulaşmakta ve buna bağlı olarak ta SS başlamaktadır (Kadzere vd. 2002).

Schneider vd.(1988), SS altındaki sütçü sığırların, uygun sıcaklık bölgesinde barındırılan sığırlardan daha az yem (13.6-18.4 kg/gün) ve daha fazla su (86.0-81.9 lt/gün) tükettikleri ve süt verimlerinin (16.5-20 kg/gün) düştüğünü belirlemişlerdir. Sainsbury ve Sainsbury (1988) göre; ergin sütçü sığırları için optimum sıcaklık 10-20°C arasındadır ve -6°C ve 25°C arasındaki sıcaklıklar, verim üzerinde çok az etkiye sahiptir. WMO (1989) göre; sütçü sığırları için düşük kritik sıcaklık, yüksek kritik sıcaklık ve optimum sıcaklık değerleri sırasıyla -15° C, 27° C ve 5-15° C'dir. Igono vd. (1992), tarafından çöl koşullarında yetiştirilen Holstein ırkı ineklerde yapılan çalışmanın sonuçlarına göre SS şiddetinin, ortalama sıcaklıktaki günlük dalgalanmalara önemli ölçüde bağlı olduğu bildirilmiştir. Ortalama sıcaklıkların gün

boyunca 21° C'den düşük olduğu çevre koşullarında en yüksek süt verimi elde edilmiştir. Yüksek orta ve düşük süt üretimi ortalamaları için minimum, ortalama ve maksimum sıcaklık ve SNİ değerleri sırasıyla 21, 27 ve 32°C ve 64, 72 ve 76 olarak saptanmıştır. SNİ'nin ≥ 72 olması durumunda SS'den dolayı ineklerin süt veriminde genel olarak azalmanın başladığı belirlenmiştir. Muller ve Botha (1994); ineklerin, sıcaklığın gece 3-6 saat 21°C'nin altına düşmesi durumunda önceki günden kazandıkları ısıyı gece kaybetmek için yeterli fırsata sahip olduklarını bildirmişlerdir. Webster (1994)'e göre; süt sığırları için optimum sıcaklık değerleri 10-15/20 °C iken, optimum sıcaklık alt sınırı 7°C'dir. Uygun sıcaklık değerleri 4-24 °C olup 24°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda süt üretiminde düşüşler başlamaktadır.

Msechui vd. (1995),Tanzanya'da Mpwapwa'daki Hayvancılık Üretim Araştırma Enstitüsünde Bos indicus ve Bos taurus melezi olan ve % 20 düzeyinde Taurus geni taşıyan ineklerde ortalama sıcaklık ve toplam yağış miktarı ile süt verimi arasındaki ilişkileri çoklu regresyon analizi ile analiz etmişlerdir. Araştırma bulgularına göre; yüksek sabah (09.00) sıcaklıkları, aynı dönemdeki süt verimini olumsuz yönde etkilerken, minimum sabah sıcaklıkları ve öğleden sonraki (15.00) yüksek sıcaklıklar önemli düzeyde olumlu yönde etkilemiştir. Aynı dönemde ve önceki dönemdeki yüksek yağışlar, süt verimi üzerinde olumlu etki göstermiştir. Öğleden sonra yüksek ıslak termometre sıcaklığının olumlu etki göstermesi, nem ve güneş ışınları arasındaki ters ilişki ile açıklanmıştır. Çünkü; otlatılan süt sığırları güneş ışığına maruz kalmaktadırlar ancak yüksek nem bulutlu hava ile ilişkili olup güneş ısısının azalmasına neden olabilmektedir. Hillman (1996)'a göre; sığırlar, normal metabolik faaliyetlerini gerçekleştirebilmek için vücut sıcaklıklarını 38,5-39,3°C arasında tutmaları gereklidir. Sığırlar, metabolik olaylarla enerji üretirken, ürettikleri enerjiyi radyasyon, konveksiyon, kondüksiyon ve buharlaşma ile kaybederek vücut sıcaklıklarını dengelemeye çalışırlar. Holter vd. (1996), ABD'de Jersey sığır ırkında aynı gün hesaplanan maksimum ve minimum SNİ değerleri ile KM tüketimi ve süt verimi arasında oldukça yüksek negatif korelasyonlar tahmin etmişlerdir. Holter vd. (1997), Güneydoğu ABD'de ineklerde minimum SNİ ile KM tüketimi arasındaki ilişkinin, maksimum SNİ ile KM tüketimi arasındaki ilişkiden daha güçlü olduğu saptanmıştır. KM tüketimindeki düşüşler, minimum 56-59 SNİ ve maksimum 71-73 SNİ aralığında

başlamıştır. Keown ve Grant (1997), ineklerde ortam sıcaklığı 25-26°C'nin üzerine çıktığında yem tüketiminde azalma ve süt veriminde düşmenin başladığını, sıcaklığın 32°C'yi geçmesi sonucunda ise süt veriminin %3-20 oranında azaldığını bildirmişlerdir.

Ravagnolo vd. (2000), 72 SNİ değerinde her bir birim artışa bağlı olarak süt veriminde 0.2 kg bir azalış saptamışlardır. Araştırmacılara göre; SS'yi ölçmede maksimum sıcaklık ve minimum bağıl nem en kritik değişkenlerdir ve her ikisi de kolayca SNİ'ye dönüştürülebilmektedir. Ravagnolo ve Misztal (2000), ineklerin vücut sıcaklığının 39°C'nin üzerine çıktığı zaman süt veriminin azaldığı belirlemişlerdir. Barash vd. (2001) tarafından ineklerde hava sıcaklığındaki °C artışın, süt veriminde -0,01 kg düzeyinde bir azalışa karşılık geldiği saptamışlardır. Umphrey vd. (2001), ABD Alabama'da laktasyondaki ineklerde süt verimi ile rektal sıcaklık arasındaki -0.135 düzeyinde bir kısmi korelasyon hesaplamıştır. Bouraoui vd (2002), tarafından ineklerde 69 SNİ değerinin her bir birim aşılmasında inek başına süt veriminde 0.41 kg bir azalmanın meydana geldiği belirlenmiştir. Ravagnolo ve Misztal (2002), SNİ'nin ≥ 72 olması durumunda SS'den dolayı ineklerin süt veriminde genel olarak azalmanın başladığını bildirmişlerdir. Kadzere vd. (2002)'e göre; çoğu çiftlik hayvanı için optimum sıcaklık 10-20°C arasındadır. Süt ineklerinin vücut ısısı 38,0-39,3°C arasında değişir ve ortalama 38.6°C'dir. Yüksek nem koşullarında bile, sığırlar 4-24°C arasında iyi ürerler. Maksimum süt verimi için 7°C-25°C sıcaklık aralığı (konfor bölgesi/optimal sıcaklık aralığı) yeterli olmaktadır. Sıcaklık 25°C'yi geçince süt üretiminde düşüşler başlamaktadır. Bu düşüşler, $\geq 32^\circ\text{C}$ 'de %50'ye kadar çıkabilmektedir. $>26^\circ\text{C}$ ortam sıcaklığında, sığırlar SS'den korunmak için vücutlarını soğutmaya başlarlar ve barınak içerisine girmeye çalışırlar. Çok ani sıcaklık dalgalanmaları, çok düşük sıcaklıklar (örneğin -10°C) olmadığı sürece, çok az etkiye sahiptir. ≤ 70 SNİ değeri hayvanların stressiz, 75-78 stresli ve >78 ise aşırı stresli olduklarını göstermektedir. Laktasyondaki sığırlar, ısı düzenleme mekanizmaları vücut ısılarını dengeleyemedikleri durumlarda vücut ısılarındaki artmadan dolayı aşırı stres yaşamaktadırlar.

Keister vd. (2002), ineklerde SNİ değerinin günün ilerleyen saatlerinde 75'in üzerine çıkması ile KM tüketiminde düşüş ve süt üretiminde 2,8 kg'lık bir azalış tespit etmişlerdir. SNİ'nin 75'in altına düşmesi durumunda ancak ertesi gün süt veriminde

yükselme görülmektedir. Damlama sisteminin ve soğutucu fanların yardımı ile SNİ değerinin 2 birim düşürebileceğini saptamışlardır. Toda vd. (2002), ineklerde çevre sıcaklığı ile süt verimi arasında önemli ilişki olduğunu ve sıcak iklimlerde sıcaklık artışı nedeniyle süt veriminin düştüğünü ileri sürmüşlerdir. Araştırmacılar, bu ilişkiyi göstermek için şu modeli geliştirmişlerdir: $Y = -0,04 \cdot X + 0,18$ ($r = -0,53$, $P < 0,03$). Bu model, günlük ortalama ortam sıcaklığındaki (Y, kg/gün/°C) her bir birim artışa bağlı olarak süt verimi düzeyinde (X, kg/gün) beklenen azalışı göstermektedir. Araştırmacılar, bu modeli kullanarak 20, 30 ve 40 kg/gün süt veren Holstein ineklerde çevre sıcaklığındaki 1°C artışın, süt veriminde sırasıyla 0.6, 0.0 ve 1.4 kg/gün azalışa neden olduğunu hesaplamışlardır. West vd. (2002), Holstein ırkı ineklerde vücut sıcaklığında (süt sıcaklığı olarak ölçülen) değişikliklerin aynı gün ölçülen iklim faktörlerine karşı en yüksek düzeyde duyarlılık gösterdiklerini belirlemişlerdir. İneklerden sabah sağılan süt sıcaklığı üzerinde en büyük etkiyi o günün minimum hava sıcaklığı gösterirken, akşam sağılan sütün sıcaklığı en çok o günün ortalama hava sıcaklığından etkilenmiştir. İneklerin KM tüketimi ve süt verimi, inek vücut sıcaklığına göre iklim değişkenlerinden daha fazla etkilenmiştir. Sıcak hava koşullarında incelenen çevresel değişkenler arasında, süt verimi üzerinde en büyük etkiye sahip olan değişkenin, iki gün önceki ortalama SNİ olduğu saptanmıştır. Ancak KM tüketimi, en çok iki gün önceki ortalama hava sıcaklığından etkilenmiştir. İki günlük gecikmeli ortalama SNİ’de bir birimlik artış başına süt veriminde, 0.88 kg miktarında bir düşüş gerçekleşirken, KM tüketiminde ortalama hava sıcaklığındaki her bir °C artış başına 0.85 kg miktarında bir düşüş gerçekleşmiştir. West (2003), etkin bir soğutma sistemi bulunmayan ahırlarda tutulan ineklerde süt veriminin %10-50 düzeyinde azalabileceğini ve SS’nin, her laktasyonda inek başına süt veriminde 600-900 kg’lık bir düşüşüne sebep olabileceğini bildirmiştir.

West vd. (2003), ılıman, sıcak ve nemli hava şartlarında tutulan laktasyondaki Holstein ve Jersey ırkı ineklerde artan çevre sıcaklığı, nispi nem ve SNİ’nin, KM tüketimi, süt verimi ve süt sıcaklığı üzerindeki etkisi araştırmışlardır. Minimum ve maksimum sıcaklıklar 17,9°C ve 29,5°C (ılıman dönem) ve 22,5 °C ve 34,4°C (sıcak dönem) ve minimum ve maksimum SNİ, 63,8 ve 76,6 (ılıman dönem) ve 72,1 ve 83,6 (sıcak dönem) olarak sınıflandırılmıştır. Soğuk dönemdeki çevresel koşullar, KM tüketimi ve süt verimi üzerinde düşük düzeylerde etki göstermişlerdir. Sıcak dönemde süt verimi ve

KM tüketim üzerinde en büyük etkiyi, SNİ'nin ve ortalama hava sıcaklığının 2 gün önceki ölçümleri göstermiştir. Holstein ve Jersey ırkının, her ikisi de soğuk dönemde süt sıcaklığını normal aralıkta tutmuştur. Ancak Holstein ve Jersey ineklerin akşam süt sıcaklıkları sıcak dönemde sırasıyla 39.6 ve 39.2°C olarak ölçülmüştür. Sıcak dönemde ineklerin akşam süt sıcaklığı üzerinde en önemli etkiyi günlük ortalama hava sıcaklığı, sabah süt sıcaklığı üzerinde ise minimum hava sıcaklığı göstermiştir. Sıcak dönemde KM tüketimi ve süt verimi, artan hava sıcaklığı ve SNİ ile lineer olarak azalmış, süt sıcaklığı ise artan hava sıcaklığı ile lineer olarak artmıştır. KM tüketimi ve süt veriminin her ikisi de, süt sıcaklığı ile eğrisel bir ilişki göstermiştir. Araştırmacılar, yüksek sıcaklığın inek vücut sıcaklığı üzerindeki etkilerinin azaltılması için çevresel değişiklikler yapılmasını ve sağımın, havanın daha serin olduğu sabah saatlerinde ve ineklerin dinlendikleri zamanlarda yapılmasını bildirmişlerdir. Yine SS'nin KM tüketimi ve süt verimi üzerindeki etkisinin daha sonra görülebileceğini ve bu nedenle modellerde ve hesaplamalarda 2 gün önceki SNİ ve çevresel sıcaklık değerlerinin dikkate alınması gerektiğini vurgulamışlardır.

St-Pierre vd.(2003), 2007- 2014 döneminde Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında saatlik sıcaklık ve bağıl nem ortalamalarından saatlik SNİ değerlerini hesaplamışlardır. Daha sonra her güne ait SNİ eşik değeri olan 70 değerini geçen süre belirlenmiş ve günlük sığır başına süt kayıplarını belirlemişlerdir. Gaughan vd. (2008), ineklerde SNİ değerinin ≥ 72 'ye ulaşmasıyla birlikte süt veriminde genel olarak düşüşlerin başladığını belirlemişlerdir. Dikmen ve Hansen (2009), ABD'de Orta Kuzey Florida'da subtropikal bir ortamda laktasyondaki Holstein ırkı ineklerde termal stres düzeyini ölçmeye yönelik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışma, laktasyondaki 1.280 baş inek üzerinde yürütülmüş ve stres ölçümleri için rektal sıcaklık, ahırda ölçülen meteorolojik kayıtlar ve 8 farklı SNİ modeli kullanılmıştır. Rektal sıcaklıklar, Ağustos ve Aralık ayları arasında saat 15-17 arasında ölçülmüştür. Ahırda ölçülen meteorolojik veriler; kuru termometre sıcaklığı (Tdb), bağıl nem (RH), çiğ noktası sıcaklığı ve rüzgar hızıdır. Yaş termometre sıcaklığı hesaplanmıştır. Analizlerin ilk aşamasında, SNİ'nin yanı sıra meteorolojik değişkenleri kullanarak rektal sıcaklığı modellemek için regresyon analizi kullanılmıştır. İkinci aşamada; meteorolojik değişkenlerle ileri seçim, geriye doğru eleme ve kademeli seçim prosedürleri kullanılarak regresyon analizi yapılmıştır. Tüm

modeller benzer ve iyi bir uyum göstermişlerdir ($R^2 = 0.44$). Hipertermi ile ilişkili meteorolojik ölçümlerin en küçük kareler ortalamasını belirlemek için bir sınıf değişkeni olarak rektal sıcaklık için varyans analizi yapılmıştır. Sırasıyla 29,7°C ve 31,4°C düzeyindeki kuru termometre sıcaklıklarının, 39°C ve 39,5°C düzeyindeki rektal sıcaklıklara neden olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar elde edilen sonuçlara göre; subtropikal ortamda yetiştirilen laktasyondaki Holstein ırkı ineklerde termal stres durumunu gösterme açısından kuru termometre ve rektal sıcaklığının yaklaşık SNİ kadar etkili olduklarını bildirmişlerdir.

Dikmen vd. (2009) tarafından sütçü ineklerde çevre sıcaklığı, SNİ değerleri ve vücut sıcaklık düzeylerindeki değişimi araştırmak amacıyla yapılan bir çalışmada; SNİ değerinin 78.2 ve çevre sıcaklığının 28.4°C olması durumunda ineklerin vücut sıcaklıklarının normal düzeyde kaldığı belirlenmiştir. SNİ değerinin 79.6 ve çevre sıcaklığının 29.7°C olması durumunda ise kritik vücut sıcaklığı sınırı olan 39°C düzeyine ulaşıldığı saptanmıştır. Araştırmacılara göre; vücut sıcaklığı, SS etkilerinin ölçülebileceği en temel göstergedir ancak daha karmaşık modellerle elde edilen SNİ'ye gerek kalmadan, yalnızca çevre sıcaklığı kullanılarak da SS düzeyi hakkında bilgi almak mümkündür. Rhoads vd. (2009), çevre sıcaklığının, termonötral değeri her 1°C aştığı zaman yem tüketiminde 0.85 kg düzeyinde gerçekleşen azalmaya bağlı olarak süt veriminde yaklaşık % 36 düşüş meydana geldiğini saptamışlardır. Süt verimindeki düşüşün %35'i besin madde alımındaki azalmadan, % 65'i ise SS' nin doğrudan fizyolojik etkisinden kaynaklanmıştır. Zimbelman vd. (2009)'a göre; SNİ, çoğu çalışmada termal konforu ölçmek için kullanılmıştır ve süt inekleri için genellikle üst sınır SNİ ≥ 72 olarak kabul edilmektedir. Bunun üzerindeki değerlerde ineklerin süt verimi SS nedeniyle genellikle düşmektedir. Ancak bu araştırmacılar SNİ değerinin, ≥ 65 olması durumunda da süt üretiminde azalmanın başladığını bildirmişlerdir. Wheelock vd. (2010) tarafından çevre sıcaklığının 35°C'nin üzerine çıkması durumunda besin madde alımındaki azalmaya bağlı olarak süt veriminin azaldığı belirlenmiştir. Collier vd. (2011)'e göre; birçok süt sığırı ırkı için termonötral değer, 10-30° C'dir ve çevre sıcaklığının 30° C'nin üzerine çıkması durumunda besin alımı ve süt verimi azalmaktadır. SNİ > 65 değeri, eşik değerdir. Gaafar vd. (2011), çevre sıcaklığının üst kritik sıcaklığa, 27-28°C'ye çıkmasıyla birlikte, ineklerin beslenme durumu ve enerji

dengeinin bozulduğunu bildirmişlerdir. Gantner vd. (2011), %100 bağıl nem/22°C ; %50 bağıl nem/25° C; %20 bağıl nem/ 28°C sınıfının üçünün de 72 SNİ değeri ürettiğini ve >72 SNİ değerlerinde süt üretiminin olumsuz etkilendiğini belirlemişlerdir. Ortalama çevre sıcaklığındaki bir birim artışın, inek başına süt veriminde 1,8 kg, SNİ değerindeki bir birim artışın ise 0.3 kg azalışa neden olduğunu saptamışlardır. Joksimović-Todorović ve vd. (2011), ineklerin vücut sıcaklığı 39° C'nin üzerine çıktığı zaman süt veriminin azaldığı belirlemişlerdir. Atrian ve Shahryar (2012)'e göre özellikle sıcak iklimde veya yazın ortaya çıkan SS, sütçü sığırların laktasyonda süt verim özelliklerini ve kurudaki ineklerin performansı ve sağlığını olumsuz yönde etkileyen önemli bir faktördür. Vaidya vd. (2012), sığırlarda sıcak koşullarda süt verimi, fertilité ve büyümede meydana gelen düşüşlerin, vücut sıcaklığındaki artıştan kaynaklandığı ve vücut sıcaklığındaki değişimin ise ısı üretimi ile ısı kaybı arasındaki dengeye bağlılık gösterdiği bildirmişlerdir. Süt sığırları için kabul edilen konfor bölgesi çevre sıcaklığı, oransal nem, rüzgar hızı ve solar radyasyon için sırasıyla 13-18°C, %60-70, 5-8 km/saat ve orta düzey olup SNİ değerinin 72'yi aştığı koşullarda solunum sayısı ve rektal sıcaklık değerleri yükselmektedir. Hill ve Wall (2014), İskoçya'da Holstein ırkı ineklerde SS'nin süt verimi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Süt verimi günlük olarak ölçülerek, 1369 baş hayvandan 762.786 test günü kaydı elde edilmiştir. İklim faktörleri olarak yerel dış hava istasyonlarında ölçülen 11 hava iklim özelliği kullanılmış ve SS'nin göstergeleri olan sıcaklığın ve SNİ'nin göreceli etkisi, her bir özellik ve özellik seti için ayrı ayrı maksimum olasılık modelleri kullanılarak analiz edilmiştir. Doğrudan tek bir sıcaklık ölçüsü (kuru termometre, yağ termometre, çim veya toprak sıcaklığı) ve tek bir SNİ içeren modeller, süt verimi üzerindeki etkileri en iyi bir şekilde açıklamıştır. Test gününden itibaren bir haftalık zaman içinde kullanılan hava özellikleri, daha kısa zaman (3 gün, test günü, test günü -1) içinde kullanılan hava özelliklerine göre süt verimini üzerindeki etkileri daha iyi açıklamıştır. Bir sonraki aşamada sınırlı maksimum olasılık modeli kullanarak temel hava değişkenlerinin bir alt kümesi incelenmiş ve SNİ, rüzgar hızı ve güneşlenme saatlerinin süt verimini üzerindeki etki gösterdikleri belirlenmiştir. Bu etkilerin şekli ve büyüklüğü, test gününde hayvanların barınak içinde ve dışında olmalarına bağlılık göstermektedir. Dışarıdaki ineklerde süt verimi, SNİ'nin uç noktalarında, ortalama değerlerden daha düşüktür ve en yüksek verim, sabah saat 09.00'da SNİ 55'de biriminde elde edilmiştir.

Ahır içindeki ineklerde SNİ arttıkça süt verimi de düşmüştür. Ilımlı rüzgar hızları, SS'yi azaltmıştır. Araştırmacılar, elde edilen sonuçlara göre, İskoçya'da süt veriminin hali hazırda ineklerin SS'ye uyum sağlamak için çok az baskıya maruz kaldığını ancak SNİ'nin maksimum değerlerinden etkilendiğini bildirmişlerdir.

Zewdu vd. (2014); Hindistan' da Marathwada eyalatinde Marathwada Tarım Üniversitesi'nde yetiştirilen 256 baş Holstein Friesian (HF) × Deoni (D) melezi ineğin 30 yıllık (1981-2010) dönemdeki toplam 1485 laktasyon kaydını esas alarak maksimum sıcaklık, maksimum nem, parlak güneşlenme saatleri ve maksimum SNİ faktörlerinin laktasyon süt verimi ve süresi üzerindeki etkilerini çoklu regresyon yöntemi ile analiz etmişlerdir. Analizler sonucunda; maksimum sıcaklık, maksimum nem, parlak güneşlenme saatleri ve maksimum SNİ'nin laktasyon süt verimi ve laktasyon uzunluğu üzerinde önemli düzeyde negatif etki gösterdiği hesaplanmıştır. Bu iklim faktörlerinin, laktasyon süt verimi ve süresi bakımından görülen varyasyonun %28 ve %21'nden sorumlu oldukları saptanmıştır. Melez ineklerin süt verim özelliklerinin mevsimsel değişikliklere karşı daha duyarlı oldukları görülmüş ve esas olarak yüksek SNİ'den ve dolayısıyla SS'den daha yoğun etkilenmişlerdir. Bu nedenle, laktasyon döneminde SS'nin inekler üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için çevresel faktörlerin iyi yönetilmesinin gerekli olduğu önerilmiştir. Thornton vd. (2015)'e göre süt sığırcı ırkları için termonötral değer, 10-30°C'dir ve çevre sıcaklığının >30°C'nin olması durumunda yem alımı ve süt veriminin azalmaktadır. Das vd. (2016), çevre sıcaklığının 35°C'nin üzerine çıkması durumunda besin maddesi alımındaki azalmaya bağlı olarak süt veriminin azaldığını bildirmişlerdir. Aparecido vd. (2021) Brezilya'da süt sığırıcılığının en yoğun yapıldığı orta batı bölgesinde SNİ'nin süt üretimi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Bölge genelinde 10 kg (PL10) ve 25 kg (PL25) olmak üzere 2 süt üretim seviyesi grubu belirlenmiştir. En sıcak ve en soğuk aylar için SNİ hesaplamasında 1989–2019 yılları arasındaki hava sıcaklığı (Ta, °C) ve bağıl nem (%RH) verileri kullanılmıştır. Yıl boyunca "normal", "uyarı" ve "kritik uyarı" olmak üzere 3 SNİ sınıfı ortaya çıkmıştır. Tüm orta batı bölgesinde, sonbahar ve kış arasında SNİ, "normal" (< 70) olarak sınıflandırılmıştır ve bu dönemde 10 kg (PL10) ve 25 kg (PL25) süt üretim seviyesinin her ikisinde de düşüş görülmemiştir. Buna karşın ilkbahar ve yaz arasında PL25 üretim düzeyine sahip ineklerin süt üretiminde 1-2 kg düzeyinde

azalmıyorsa meydana gelirken, PL10 üretim düzeyine sahip ineklerin süt üretiminde azalma olmamıştır.

Houari vd. (2022) Cezayir'de batı kıyısı ikliminde yetiştirilen Prim Holsteins ineklerde SNİ'nin süt verim özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. SNİ, SS eşiğinin bir göstergesi olarak kullanılmıştır. 75 baş laktasyondaki inek SNİ seviyesine göre üç gruba ayrılmıştır. Grup 1: Şiddetli stres-SNİ>78; Grup 2; Hafif stres-SNİ 72-78; Grup 3: Termal konfor- SNİ <72. Analizlere göre; günlük çiğ süt üretimi, sütün fiziko-kimyasal kalitesi (TB, TP ve EST) ve hijyenik kalitesi (toplam bakteri florası), SNİ eşiğinin artmasıyla düşüş göstermiştir. Sütün fiziko-kimyasal ve mikrobiyolojik parametreleri üzerinde SS'nin etkisi önemlidir ($p<0.05$). Çiğ süt örneklerinde toplam bakteri florası sayım değerleri, 1.SNİ ve 2.SNİ grubu için en yüksektir. Araştırmacılar elde edilen ön sonuçlara göre; SS'nin, Prim Holsteins ineklerinin performansları üzerinde olumsuz etkiye sahip olduğunu ve bu durumun aynı zamanda Cezayir'de kıyı bölgesinde SS'nin süt üretimi ve kimyasal ve hijyenik kalitesi üzerindeki olumsuz etkisinin önemini de gösterdiğini ileri sürmüşlerdir. Bu nedenle SS'nin süt inekleri üzerindeki olumsuz etkileri hafifletecek önlemlerin alınmasının faydalı olacağını bildirmişlerdir. Bouraoui vd. (2002), Akdeniz ikliminde laktasyondaki Friesian-Holstein ineklerinde SNİ değerlerini kullanarak SS'nin süt üretimi, süt bileşimi ve KM tüketimi üzerindeki etkilerini ölçmüşlerdir. Bu amaçla ilkbahar ve yaz dönemleri için iki SNİ grubu (sırasıyla 68 ± 3.75 ve 78 ± 3.23) oluşturmuşlardır. Günlük SNİ, süt verimi ($r = -0.76$) ve yem alımı ($r = -0.24$) ile negatif korelasyon göstermiştir. SNİ değerinin 68'den 78'e yükselmesi sonucunda süt üretiminde %21 ve KM tüketiminde %9,6 düzeyinde azalış meydana gelmiştir. 69 SNİ değerinin üzerindeki her bir birim artışta inek başına günlük süt veriminde 0,41 kg azalış gerçekleşmiştir. Süt yağı ve proteini ilkbahar ve yaz grubunda sırasıyla %3,58; %3,24 ve %2,96; %2,88 düzeylerinde belirlenmiştir. SNİ, solunum hızı (RR) ($r = 0.89$), kalp hızı (HR) ($r = 0.88$), rektal sıcaklık (RT) ($r = 0.85$), kortizol ile +0.31 ve serbest tiroksin ile -0.43 korelasyon göstermiştir. SNİ değerleri 68'den 78'e çıktıkça, RT 0,5°C, HR 6 atım ve RR dakikada 5 solunum artış göstermiştir. Ortalama kortizol konsantrasyonu 21.75'ten 23.5 nmol.L⁻¹'e yükselirken ($P > 0.05$), serbest tiroksin konsantrasyonu 15.5'ten 14.5 pmol.L⁻¹'e düşmüştür ($P > 0.05$). Araştırma bulgularına göre; Akdeniz iklim koşullarında kapalı barınaklarda yetiştirilen

laktasyondaki Holstein ineklerde yaz sıcağı stresi, KM tüketimi ve süt verimini azaltmış, süt bileşimini değiştirmiş ve fizyolojik fonksiyonları etkilemiştir.

Sanchez vd. (1994) tarafından çevre sıcaklığının 24-26°C'yi aşması durumunda, yem tüketiminin azalmaya başladığı ve 29°C'yi geçen sıcaklıklarda süt veriminde ani düşüşlerin görüldüğü belirlenmiştir. Yine sütçü sığırlarda 30°C, 32°C ve 40°C'deki yem tüketiminin, normal sıcaklık değerlerindeki yem tüketimine göre sırasıyla %10,%25 ve %33 düzeyinde azaldığı ortaya konmuştur. Bu bulgular, Berman vd. (1985), Chase vd.(1988), McGuire vd.(1989) tarafından elde edilen bulgularla son derece uyum içindedir.

Türkiye’de süt sığırı ırklarında SNİ ile ölçülen SS’nin, süt verim özellikleri üzerindeki etkilerini analiz etmeye yönelik gerçekleştirilen araştırma sayısının yeterli olduğu söylenemez. Bu makalelerden ulaşılabilenlerin özetleri aşağıda verilmiştir.

Ekmekyapar (1991) ineklerde çevresel sıcaklığın 35°C'ye yükselmesi sonucunda süt üretiminde %50 düzeyinde azalış ortaya çıktığını belirlemiştir. Ekmekyapar (2001)’e göre sığırlar için uygun bağıl nem düzeyi %60-75 arasında olmalıdır ve ahırlarında bağıl nem düzeyi %80’i geçmemelidir. Ancak çok soğuk bölgede bağıl nemin %85’e kadar artırılmasına izin verilebilir. Çevre sıcaklığının yüksek olması durumunda, bağıl nemin de yüksek olması sığırların süt verimini olumsuz yönde etkilemektedir. Nitekim süt veriminde 29,5°C sıcaklıkta bağıl nemin %40’tan %44’e yükselmesi ile %3 ve bağıl nemin %90’a yükselmesi ile %30 dolayında azalma olmaktadır. Akyüz vd. (2010) tarafından Kahramanmaraş ilinde SNİ kullanılarak süt inekleri için yılın kritik dönemlerin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla 30 baş süt ineği bağıl ahırlarda barındırılmıştır. İneklerin, Mayıs ortasından Ekim sonuna kadar SS’yi hafif bir şekilde yaşadıkları belirlenmiştir. SNİ’nin 72’yi aşması süt üretimini, kalitesini ve mastitis görülme sıklığını artırmıştır. Araştırmacılar, elde ettikleri sonuçlara göre çiftçilerin, süt üretimindeki kayıpları ve süt bileşimi, süt somatik hücre sayıları ve mastitis frekanslarındaki değişiklikleri önlemek için yaz aylarında SNİ ölçümleri yapmalarını ve SNİ’nin >72 olması durumunda önlem almalarını önermişlerdir.

Sarı (2013), Balıkesir ili Manyas ilçesinde bir süt sığırcı çiftliğinde Holstein ırkı 238 baş inekte SS'nin süt üretimi üzerindeki etkisini araştırmıştır. SS faktörleri olarak, MGM'nin 2009-2012 yıllarında Nisan - Ekim aylarına ait aylık minimum ve maksimum sıcaklık, relatif nem ve solar radyasyon değerleri kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, bölgenin coğrafik yapısı ve iklim şartlarından dolayı ineklerde SS'nin Mayıs ayının ikinci yarısından sonra etkisini hissettirmeye başladığı, Haziran-Ağustos ayları arasında şiddetini arttırdığı ve Eylül ayından itibaren ise etkisini kaybetmeye başladığını göstermiştir. Ortalama sıcaklığın artmaya başladığı dönemlerde süt veriminde düşüşler de başlamaktadır ($r=427$, $p<0,05$). Solar radyasyon, tek başına süt veriminde düşüşe ($r=128$, $p>0,05$) neden olmamakta ancak sıcaklık ve relatif nem değerleri ile birleştiğinde etkisini göstermektedir. Süt verimindeki düşüş ile suni tohumlama indeksi arasında kuvvetli bir negatif ilişki tespit edilmiştir. Elde edilen verilere göre SS'nin süt veriminde düşüşe neden olarak ekonomik açıdan büyük zararlara yol açtığı belirlenmiştir.

2.1.6.3.4.2 Sığırlarda sıcaklık stresinin süt kalitesi üzerindeki etkisi

Sütçü ineklerde SS, sütün kompozisyonu üzerinde de etki göstermektedir. Sütçü sığırlarda SS'nin süt kalitesi üzerindeki etkileri, yaklaşık 1920'li yılların başında çalışmaya başlanmıştır. Ancak son yıllarda iklim değişikliğinin öneminin artmasıyla birlikte bu yönlü çalışmaların sayısında artışlar da yaşanmaktadır. SS'ye maruz kalmış ineklerden elde edilen sütlerde yağ ve protein düzeyi düşmektedir. Bandaranayaka ve Holmes (1976), 15°C ve 30°C sıcaklığa maruz bırakılan ve eşit düzeyde beslenen Jersey ırkı ineklerde 30°C grubunda sütün yağ ve protein içeriğinin düştüğünü saptamışlardır.

Thatcher ve Collier (1986); Hansen (1994); Shearer ve Bray (1994); Jacobsen (1996) tarafından yapılan araştırmalarda; SS altındaki ineklerden üretilen sütlerin protein düzeylerinin minimum düzeyde etkilendiği bildirilmiştir. Somatik hücre sayısı artma eğiliminde iken meme kan akışında azalışlar görülmüştür. Kortizol ve BH, meme metabolizmasını etkilemektedir. Kortizol, memede epitel hücrelerine olan glikoz tedarikini, BH ise uzun zincirli yağ asitlerinin dolaşımını değiştirmede etkilidir. West vd. (2003), ortalama günlük 61-70 SNİ aralığında süt sıcaklığının arttığını, SNİ'nin ≥ 71

olması durumunda ise en yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Hill ve Wall (2014), İskoçya'da 21 yıl süresince Holstein ırkı ineklerde SS' nin süt bileşimi (yağ ve protein içeriği) üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Yağ ve protein yüzdesi haftada bir örnek alınmıştır (1.220 inek/özellik ve 89.331 kayıt). Ahır içinde ve dışında tutulan ineklerde süt yağ içeriğinin, orta SNİ değerlerinden daha yüksek, yüksek SNİ değerlerinden ise daha düşük düzeylerde etkilendiği belirlenmiştir. Süt protein içeriği ise SNİ'deki artışla birlikte azalmış ancak azalış oranının, ahır dışındaki ineklerde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ilımlı rüzgar hızları, SS'yi azaltmıştır. Rüzgar hızı ve güneşlenme saatlerinin sayısı, protein içeriğini açıklamada en önemli faktörlerdir. Araştırmacılar, İskoçya'da süt bileşiminin/kalitesinin hali hazırda ineklerin SS'ye uyum sağlama mekanizmalarından çok etkilendiğini ancak SNİ'nin maksimum değerlerinden etkilendiğini bildirmişlerdir.

2.1.6.3.4.3 Sığırlarda sıcaklık stresi ile genetik ve çevresel faktörler arasındaki ilişkilerin süt miktar ve kalitesi üzerindeki etkileri

Sütçü sığırlarda SS'nin ilişkili olduğu faktörler hayvana bağlı olan ve olmayan şeklinde iki grup altında incelenmiştir.

2.1.6.3.4.3.1 Hayvana bağlı faktörler

Sığır ırkı ve süt verim düzeyi: Diğer memeli çiftlik hayvanlarında olduğu gibi sütçü sığırlarda da ısı toleransı ile üretkenlik arasındaki negatif bir genetik ilişki vardır ve süt verimi genetik olarak yüksek olan hayvanlar SS'ye karşı daha duyarlıdır (Ravagnolo ve Misztal 2000, Kadzere vd.2002, West vd. 2003). SS'nin süt verimi üzerindeki etkileri bakımından sığır ırkları arasında önemli farklılıklar görülmektedir. SS'ye karşı B. indicus türüne giren ve diğer tropikal ırklar, B. taurus ırklarına kıyasla daha az tepki vermektedirler ve bu durum, esas olarak sıcak çevrelere gösterilen uyum düzeyleri ile açıklanmaktadır Kadzere vd. (2002). Süt verimi yüksek olan sığır ırkları SNİ'nin >72 olmasından daha fazla etkilenmektedirler. Nitekim West (2002) tarafından yapılan çalışmada; Holstein ve Jersey ırkı ineklerde SNİ değerinin >72 olması durumunda süt veriminde sırasıyla 0,88 kg ve 0,60 kg düşüş saptanmıştır. Holstein ırkı ineklerin, Jersey

ırkı ineklere göre sıcaklık stresinden çok daha fazla etkilendiklerini belirlemiştir. Yaz aylarında Holstein ırkı inek sütlerinin sıcaklıkları (ortalama 39,3°C), Jersey ırkı inek sütlerinin sıcaklıklarına (ortalama 39,1°C) göre daha yüksek seyretmektedir ve süt sıcaklığı, artan çevre sıcaklığı ile doğru orantılı olarak artış göstermektedir.

Yapılan çalışmalarda SS'nin sığırların, özellikle de süt sığırlarının etkinliği ve üretkenliği için büyük bir engel olduğu kanıtlanmıştır. Süt sığırları, seleksiyonla geliştirilmiş kalıtsal yetenekleri nedeniyle büyük miktarlardaki KM'yi sindirebilmektedirler. Ancak SS'ye karşı daha duyarlıdırlar ve bu nedenle rumen fermantasyonunda ve süt üretim sürecinde daha fazla metabolik ısı üretmektedirler (Hansen 1994). Daha yaşlı, daha ağır, daha yüksek verimli inekler SS'ye karşı en duyarlıdırlar (Bucklin vd.1991 ve 1992, Drost 1997). SS dönemlerinde inekler, özellikle yüksek nemli alanlarda üretilen bu ek metabolik ısıyı dağıtamadıklarından gönüllü olarak KM alımını azaltarak süt üretimi sınırlandırmaktadırlar.

Vücut ısısı, ısı üretimi ve ısı kaybı arasındaki dengeden kaynaklanmaktadır. Vücutta ısı artışı, yem yedikten sonra vücut metabolizmasından elde edilmekte ve bu durum soğuk havalarda faydalı bir mekanizmadır. Ancak yüksek süt verimli ineklerde ısı üretimi daha yüksek olduğundan sıcak çevrenin etkisi, daha yüksek metabolik hız ve ısı üretimi nedeniyle, yüksek süt verimine ve dolayısıyla vücut ısısına sahip ineklerde daha belirgindir (West 2003). Sütçü sığırlarda süt verimindeki artış, SS'ye karşı hassasiyeti artırmakta ve süt kayıplarına neden olan sıcaklık eşiğini düşürmektedir (Berman, 2005). Nitekim Johnson vd. (1988), günlük <25 kg ve >30 kg süt verimine sahip inekler arasında yaptıkları karşılaştırmada, SS'de >30 kg süt verimine sahip ineklerde ortalama süt verim kaybının daha yüksek olduğunu saptamışlardır. Yine Johnson (1987) ve Doležal vd.(2004) göre; yüksek verimli (6 ton/hay) ve özellikle yaşlı hayvanlar için SS, 21°C'den itibaren başlamaktadır. Matsui vd. (2006) ise SS altındaki yüksek süt verimli ineklerde hayvan başına yemden yararlanmanın 24,6 kg'dan 19,6 kg'a ve süt veriminin 43,2 kg'dan 35,5 kg'a düştüğünü saptamışlar ve bu ineklerin süt üretebilmek için daha fazla enerji kullanmaları nedeniyle SS'den çok daha fazla etkilendiklerini bildirmişlerdir

Beslenme durumu: SNİ'nin sütçü sığırlar üzerindeki etkisi, hayvanlara uygulanan besleme sistemleri ile ilişki göstermektedir. Besleme miktarı ve kalitesi, iklim ve hava koşullarına bağlı olarak barınak içinde ve dışında değişebilmektedir. Ancak, beslemenin tipik bir çiftçilik uygulaması olduğu ve dolayısıyla SNİ'nin, sığırlar üzerinde belirlenen etkilerinin pratik önemini azaltmayacağı bildirilmektedir (Hill ve Wall 2014). SS altındaki ineklerde süt üretimindeki azalışla birlikte aynı zamanda lif alımı da azalmaktadır. Bu duruma bağlı olarak ise dolaşımdaki asetat (uçucu bir yağ asidi) düzeyinin düşmesi sonucunda uzun zincirli yağ asitleri nispi olarak artarken süt yağı azalmaktadır (Thompson 1985). Süt veriminin artmasıyla birlikte besin alımı, metabolik ısı üretimi ve vücut ısısı artmaktadır. 600 kg ağırlığında ve %4 yağlı 40 kg süt üreten bir inekğin enerji alımının yaklaşık %31'ini metabolik fonksiyonları için gerekli olan ısı üretimi oluşturmaktadır Kadzere vd. (2002). Aynı zamanda fiziksel aktivite de, iskelet kasları ve vücut dokuları tarafından üretilen ısı miktarını artırmaktadır. Termoneutral koşullara göre 35°C'de yaşama payı ihtiyacı %20 yükselmekte ve bu duruma bağlı olarak inek genellikle süt sentezini durdurarak enerji tüketimini artırmaktadır (NRC 1981). SS sırasında süt ineklerinin yaşama payı enerji gereksinimleri artmaktadır ve bunun nedeni yüksek ısı sırasında vücuttan ısı kaybı için gerekli enerji seviyeleri ve buna ısı stresinin enerji harcaması denir (Toda vd. 2002). Süt verimi bakımından yüksek genetik değere sahip ineklerde sıcak hava, süt üretimini düşürmektedir. Bu nedenle bu ineklerde erken laktasyon döneminde metabolik ve çevresel ısı yükünün azaltılması gerekmektedir. Bu amaçla uygulanan yüksek konsantreli ve minimum lif içeren rasyonların, yüksek verimli ineklerin erken laktasyon döneminde metabolik ısı üretimlerini ve SS'yi azaltmada etkili olduğu gösterilmiştir. Çünkü yüksek konsantreli rasyonların ME değeri, yüksek lif içeren rasyonlara göre daha az ısı ürettiğinden bunlar daha verimli bir şekilde kullanılmaktadır. Yine rumende korunmuş yağ ve protein uygulamalarından da yararlanmaya çalışılmaktadır. Rasyonların özellikle Na, K, Cl, S gibi iyi dengelenmiş bir mineral karışımını içermeleri gerekmektedir. Bu maddeler, ineklerin termal fizyolojisinde kilit rol oynamaktadırlar (Kadzere vd. 2002).

Laktasyon: Laktasyonda olan inekler, laktasyonda olmayan ineklere göre önemli ölçüde daha fazla ısı ürettiklerinden bu ısıyı dağıtmak zorundadırlar. Ancak sıcak ve nemli koşullarda ısıyı dağıtmada daha zorlanmaktadırlar. Laktasyondaki bir inek, süt

sentezinin bir yan ürünü olarak metabolik ısı üretmekte ve daha yüksek verimli hayvanlar, daha düşük verimli hayvanlara göre daha düşük SNİ değerlerinde SS yaşamaktadırlar (Kadzere vd. 2002). 454 kg ağırlığındaki bir inek, ürettiği her 0,45 kg süt için saatte 10 kcal bir metabolik ısı üretmektedir (Fuquay 1981). Yine süt vermeyen (00.0 kg/gün), düşük (18.5 kg/gün) veya yüksek (31.6 kg/gün) süt veren inekler karşılaştırıldığında, düşük ve yüksek verimli ineklerin süt vermeyen ineklere göre sırasıyla %27 ve %48 daha fazla ısı üretikleri belirlenmiştir Kadzere vd. (2002).

Doğum sayısı: SS altındaki ineklerde üretkenlikteki azalma, büyük ölçüde azalan yem alımının bir sonucudur, ancak yüksek sıcaklıkların üreme fizyolojisi ve metabolizması üzerinde de doğrudan etkisi vardır (Renaudeau vd. 2012). Çok doğuran inekler, SNİ'den tek doğuran ineklere göre daha fazla etkilenmektedirler (Holter vd. 1997).

Vücut büyüklüğü ve canlı ağırlık: Sığırlarda vücut büyüklüğü, ısı üretimini etkileyen faktörler arasında yer almaktadır. Örneğin; Jersey ve Holstein ırkı sığırlar arasında ısı üretim ve dağıtım hızındaki farklılıklarda, vücut büyüklüğü bakımından farklılık ta rol oynamaktadır. İç organlar ile dış ortam arasındaki sıcaklık gradyanı, küçük vücutlu Jersey sığırlarında daha dik iken büyük vücutlu Holstein sığırlarında daha azdır Kadzere vd. (2002).

Daha yavaş büyümeye ve daha küçük vücut boyutuna katkıda bulunan faktörler arasında sıcak hava koşullarında artan yaşama payı besin ihtiyacı, düşük iştah ve düşük kaliteli yemler yer almaktadır. Bu nedenle, sıcak iklimlerde ≥ 600 kg ağırlığındaki Holstein ırkı sığırların yetiştirilmesinin oldukça maliyetli olabileceği bildirilmiştir. Yine sıcak iklimde buzağların büyütülmesi de daha maliyetli olabilmektedir (NRC 1981).

Lif gömleği rengi: Vücut sıcaklığının korunması terleme yeteneği, düşük doku direnci, lif gömleği yapısı ve renk gibi özellikler aracılığıyla kalıtsaldır. Ancak Bos taurus türünde, termoregülasyon kapasitesindeki artışın, enerji metabolizmasında azalmaya yol açtığına dair kanıtlar da vardır. Sığırlarda lif gömleği renginin kalıtım derecesi yaklaşık 0.22'dir. Lif gömleği rengi kalıtsal olsa da, renk için yapılacak seleksiyonun faydalı olup olmadığı net değildir. Muhtemelen en büyük faydanın, otlama gibi ışıma enerjisine

yoğun olarak maruz kalan ineklerde elde edileceği bildirilmektedir. Bununla birlikte, beyaz lif gömleğine sahip sütçü ineklerin, siyah renkli olanlara göre üreme ve süt verimi özelliklerinin SS'nin olumsuz etkilerinden daha düşük düzeylerde etkilendikleri bildirilen araştırma sonuçları bulunmaktadır. Nitekim vücutlarında sırasıyla <%40 (beyaz) , %40-%60 (karışık) ve >%60 (siyah) siyah lif bulunan ineklerin süt ve üreme verimi özellikleri karşılaştırılmıştır. Siyah renk grupları arasında süt verim özellikleri bakımından farklılık görülmemesine karşın Şubat ve Mart aylarında doğum yapan beyaz renkli ineklerde, karışık ve siyah renkli ineklere göre gebelik başına daha düşük tohumlama sayısı ve daha kısa servis periyodu süresi elde edilmiştir. Yine Florida'da yapılan bir çalışmada, %70'ten fazla beyaz veya %70'ten fazla siyah renkli olan ineklerin vücut ısıları ve süt verimleri karşılaştırılmış ve gölgeli veya gölgesiz koşulların her ikisinde de beyaz renkli ineklerin, siyah renkli olan ineklere göre, hafifçe düşük düzeyde vücut sıcaklığına ve daha yüksek süt verimine sahip oldukları belirlenmiştir. Bununla birlikte Siyah renkli inekler SS'nin etkilerini beyaz renkli ineklere göre daha erken hissetmelerine karşın, geceleri ısı yayararak stresi daha iyi ve hızlı uzaklaştırmaktadırlar.

Yaş: Gerek ısı yüklenmesi gerekse deri ve solunum yoluyla kaybedilen ısı miktarı genç sığırlara kıyasla ergin sığırlarda daha fazla olmaktadır. Genç dişi düveler, ineklere kıyasla daha az metabolik ısı ürettikleri ve iç organlarına göre daha büyük bir vücut yüzey alanına sahip oldukları için SS'den daha az etkilenmeleri beklenmektedir. (Vaidya vd. 2012).

Hastalık: Sütçü ineklerde sıcaklığın arttığı dönemlerde hastalıklar daha yaygındır ve SS, hayvan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sahiptir. SS doğrudan süt ineklerinin sağlığı üzerinde olumsuz etki yaparken sıcaklık artışı da, haşereler ve diğer hastalık yapıcı etkenlerin daha iyi gelişmesine neden olmaktadır. Tropikal bölgelerde, kene ve iç parazit popülasyonları yaz aylarında patlak verdiğinden çiftçilerin hayvanlarını serinletme ve tedavi masrafları artış göstermektedir Kadzere vd. (2002) vücut sıcaklığını 39°C'nin üzerine çıkaran herhangi bir hastalığın, süt verimini düşürüp % yağ miktarını artırırken rektal sıcaklığı 39°C'nin üzerine çıkarmayan hastalıkların süt verimini etkilerken süt kompozisyonunu etkilemediğini, saptamıştır. Belirgin durumdaki kesik

veziküller veya meme ucu yaraları olmayan ayak ve ağız hastalıklarının süt kompozisyonu üzerinde etkileri, sıcaklık artışlarının etkileriyle oldukça benzer olduğunu bildirmiştir.

2.1.6.3.4.3.2 Hayvana bağlı olmayan faktörler

Mevsim: Mevsim, sütçü inekleri üreme ve süt verimi özellikleri üzerinde çok önemli etkiye sahip olan bir çevresel faktördür. Birçok araştırmanın sonucuna göre yaz mevsiminde süt üretimindeki düşüşler, yem alımının ve/veya yem kalitesinin kötüleşmesiyle birlikte aynı zamanda laktasyonda yer alan fizyolojik mekanizmaların sıcaklık artışlarından ve SS'den etkilenmesinden de kaynaklanabilmektedir. Nitekim; Johnson (1965) Yaz mevsiminde rumen fistül uygulaması ile yapılan kontrollü beslemeye rağmen, sıcak hava koşullarında (31°C veya 88°F) süt üretiminin düzenli olarak azaldığını ancak, süt üretimindeki düşüşlerin rahatlık bölgesi yem alım düzeylerinin (18°C veya 65°F) korunmasıyla önemli ölçüde minimize edilebileceğini göstermişlerdir.

Msechui vd. (1995)'ye göre tropikal bölgelerde hayvancılık üretimi üzerindeki ana kısıtlamalardan biri olumsuz iklimdir. Yağışın mevsimsel deseni, yıl boyunca otlakların mevcudiyeti ve kalitesinde büyük dalgalanmalara neden olmaktadır. Yüksek ortam sıcaklıkları, genellikle yüksek nem ve/veya yoğun güneş ışınları ile birleşmektedir. Bu durum ise SS'ye, SS ise azalan yem tüketimine ve sağlık sorunlarına yol açarak süt üretiminin düşmesine neden olmaktadır.

Nem düzeyi: Nem, sıcaklık değişimi üzerinde etkiye sahip çok önemli bir faktör olduğundan yaz aylarında sıcaklıkla birlikte nem düzeyi de mutlaka dikkate alınmalıdır (Wathes vd. 1983). Havanın oransal nem değerinin %30-%90'nın dışında olması durumunda, sütçü ineklerin de içinde bulunduğu çiftlik hayvanlarında vücut ısı dengeleme mekanizması olumsuz yönde etkilenmekte ve bunun sonucunda hayvanların sağlıkları bozulmaktadır. Yüksek sıcaklık ve bağıl nem iştahsızlık yaratıp maksimum verim için gerekli yem tüketimini azaltarak verimi düşürmekte ve hayvanların hastalıklara yakalanmalarını kolaylaştırmaktadır (Noton 1982). Sığır ahırları için

optimum oransal nem değerleri %60-80 düzeyinde önerilmekle birlikte çok soğuk bölgelerde %80-85'e kadar çıkmasına izin verilebilmektedir (Maton vd. 1985, Olgun 1988, Ekmekyapar 2001).

Güneş radyasyonu: Hissedilen sıcaklık subjektif bir kavram olup termometrenin ölçtüğü aktüel fiziksel hava sıcaklığından farklı olarak, insan ve hayvan vücudunun hissettiği, algıladığı sıcaklıktır. Bu sıcaklık, hayvana bağlı olan ve olmayan faktörlerle birlikte termometre sıcaklığı, nispi nem, rüzgâr ve radyasyon olmak üzere dört önemli meteorolojik faktörden de etkilenmektedir. İlk üç meteorolojik faktör insanın ve hayvanın hissettiği sıcaklıkta önemlidir ama radyasyon biraz daha farklıdır. Örneğin 20 C oda sıcaklığında oturan bir insan dışarsı da 20 C ise üşüdüğünü hissetmemekte fakat eğer dışarsı 20 C'den daha soğuksa o zaman radyasyon kaybı nedeniyle kendisini üşüyor hissetmektedir. Bu konudaki en akılcı yaklaşım olarak, insan ve hayvan vücudunun gerçekte hissettiği sıcaklığın  l s  olarak ıslak hazne hava sıcaklık değerinin alınması olduğu önerilmektedir (MGM 2023).

Güneş radyasyonu, dünya yüzeyinde güneşten aldığımız ısı miktarını belirlemeye yarayan önemli bir meteorolojik değişkendir. Rüzgâr, bulutluluk ve mevsim gibi bazı faktörlere bağlı olarak, daha fazla veya daha az miktarda güneş radyasyonu alınmaktadır. Havayı zorlukla ısıtmadan yer yüzeyini ve nesneleri ısıtabilme özelliğine sahiptir. Kaynağına ve özelliklerine bağlı olarak farklı güneş radyasyonu türleri vardır (Meteorologia en Red 2023). Kökenine ve özelliklerine bağlı olmak üzere dört farklı türü vardır: Doğrudan, yaygın, yansıyan ve küresel. Doğrudan güneş radyasyonu, güneşten doğrudan gelen radyasyondur ve yönlerinde küçük bir değişikliğe  ğrar. Etkisi, b y  k ölçüde olmasa da rüzgarın etkisi ile görülebilir. Rüzgarlı günlerde sıcaklıkta bir azalma hissedilebilir. Doğrudan güneşten alınan radyasyon, güneşten yayıldığında, radyasyon dağılımı 0.5 mikron dalga boyu, mavi-yeşil güneş tayfıyla ve maksimum yoğunlukla karakterize edilmekte ve bu özellikleriyle de yer radyasyonundan ayrılmaktadır. Yaygın güneş radyasyonu, güneşten bize ulaşan radyasyonun bir parçasıdır ve bulutlar tarafından yansıtılır veya emilir. Her yöne yayıldıkları için difuz güneş radyasyonu olarak ta bilinir. Yansıyan güneş radyasyonu, güneşten dünyanın yüzeyine gelen ancak buradan saptırılan radyasyondur. Bu

radyasyonun miktarı ‘albedo’ olarak bilinir. En fazla yansıyan radyasyon alan yüzeyler, dikey yüzeylerdir. Küresel güneş radyasyonu ise gezegende var olan toplam radyasyon olup yukarıda verilen üç radyasyonun toplamından oluşmaktadır. (Meteorologia en Red 2023).

Güneşten gelen radyasyon, Helyograf ve piranometre isimli aletler kullanılarak ölçülmekte ve genellikle Watt/m² (W/m²) cinsinden verilmektedir. Diğer birimler ise aşağıdaki gibi kullanılmaktadır:

$$1 \text{ Langley/hr} = 1 \text{ cal/cm}^2 \text{ -hr} = 11.63 \text{ W/m}^2.$$

Bir ineğin termal toleransı güneş ışınlamından ve ortam havasının hızından da etkilenmektedir. Ortalama çevre sıcaklığı ve SNİ ile birlikte solar radyasyon değerlerindeki artışlar nedeniyle de ineklerin vücut sıcaklıkları yükselmekte ve bu duruma bağlı olarak gölgelik alanları ve diğer soğutma yapılarını arama davranışları artmakta ve buralarda daha fazla zaman geçirmektedirler (Tucker vd. 2008, Dikmen ve Hansen 2009, Graunke vd. 2011, Atriyan ve Shahryar 2012, Hammami vd. 2013).

Legates vd. (1991) tarafından sütçü ineklerde gerçekleştirilen saha çalışmalarında; sabah ve öğleden sonraki hava sıcaklığının, ineklerin fizyolojik ölçümleri ve süt sıcaklığı üzerinde etkiye sahip olan en önemli meteorolojik faktör olduğu ve bu faktörü etki büyüklüğüne göre sırasıyla güneş radyasyonu, buhar basıncı ve hava hareketinin izlediği belirlenmiştir. Araştırmacılar artan hava sıcaklığının, inek vücut sıcaklığı ile çevre sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkını azaltarak, inek tarafından çevreye yapılan ısı transferini düşürdüğünü bildirmişlerdir. Yine Tucker vd. (2008), solar radyasyona karşı alınan tedbirlerin artırılmasıyla rektal sıcaklık değerlerinde düşüşler gerçekleştiğini bildirmişlerdir.

Rüzgar (Hava hızı, hareketi): Çiftlik hayvanlarında SS’nin ve vücut sıcaklıklarının ayarlanmasında önemli etmenlerden biri de rüzgar/hava hızıdır. Hava hızının hayvanlar üzerindeki olumlu ya da olumsuz etkileri, havanın sıcaklığı ve nemi ile yakından

ilgilidir. Rüzgâr, konveksiyon ve buharlaşma yoluyla hayvanın vücut yüzeyinden olan ısı kaybını etkilemektedir. Yüksek hava hızı, özellikle hayvanlarda kirlenme ve vücut yüzeylerinde ıslanma olduğu durumlarda, konveksiyon ve deriden buharlaşma şeklinde gerçekleşen ısı kayıplarını artırarak sıcaklık toleransını çok düşürmektedir (Gebremedhin ve Wu 2001). Sıcaklığın yüksek olduğu bölgelerde ve yüksek yaz sıcaklıklarında hayvanlardan ısı yayılımını kolaylaştırdığı için hava hızının yüksek olması istenir. 10-27°C çevre sıcaklıklarında hava hızının 3,8 m/s'ye çıkmasının sığırlara olumsuz etki yapmadığı bildirilmiştir (Mutaf ve Sönmez 1984). Rüzgâr/hava hızının ölçüm birimi km/saat olup ölçülmesinde havalandırma sistemlerinde ve meteoroloji istasyonlarında Anemometre isimli sensör bir cihaz kullanılmaktadır. Rüzgârın, hayvanın vücudu/cildi üzerine yaptığı soğuma etkisi, rüzgar soğukluğu (wind chill) olarak isimlendirilmektedir. Vücut, üzerine esen rüzgâr sebebiyle hızlı bir şekilde ısı kaybetmektedir. Ancak rüzgar soğukluğu, gerçek bir soğukluk ölçüsü değildir ve genetik yapı, çevre sıcaklığı ve nem düzeyi, yaş, cinsiyet, verim düzeyi ve dönemi, barınak koşulları vb. faktörlere göre değişim göstermektedir. DIN 18910-1 (2004) standardına göre yaz aylarında süt inekleri için 413 m³ h⁻¹ minimum hava debisi sağlaması gerekmektedir. Ancak buna rağmen yazın görülen büyük ısı dalgaları gibi aşırı çevresel koşullarda yüksek performanslı hayvanlarda büyük termal çıkışının telafi edilemediği durumlar ortaya çıkabilmektedir.

Rüzgar etkisine açık alanlarda hava hızının yüksek olması hayvan sağlığı ve verimliliğinde gerilemelere sebep olabilmektedir. Serbest sistemde yapılmış açık ya da sundurma altı barınak tiplerinde ise doğal bir havalandırma söz konusudur (Uğurlu ve Uzal 2004). Bu nedenle açık barınaklarda hava hızının özellikle düşük çevre sıcaklıklarında hayvanlara olumsuz etki yapmaması için, 0,2–0,3 m/s'nin üzerine çıkmaması gereklidir (Mutaf ve Sönmez 1984). Sundurma tipi ahırların kuzey duvarları ve rüzgar kırıcılar sütçü ırk sığırlarda soğuk havalarda birer sigorta görevi yaparlar. Ayrıca, sundurmalar sıcak havalarda hayvanların solar radyasyondan korunmasını sağlarken, soğuk havalarda özellikle gece oluşan ısı kaybını önleyici etki de göstermektedir (Hillman vd. 1996)

Sütçü ineklerde çevresel sıcaklık, SNİ ve rüzgar hızı arasındaki ilişkilerin etkilerinin araştırıldığı bazı çalışmaların özetleri aşağıda verilmiştir

Webster (1981) göre; sütçü sığırlar için düşük kritik sıcaklıklar, düşük hava hızına sahip ortamda (0.2 m/s) -26 °C iken, hava cereyanı olan ortamda (2 m/s) -13 °C'dir. Noton (1982), sütçü inekler için kritik sıcaklık değerini, durgun havada -10 °C, 2 m/s rüzgar hızında ise 2°C olarak hesaplamıştır. Frazzi vd. (2000), ineklerin ayakta dururken, vücut yüzeyinden buharlaşmayı en üst düzeye çıkardıkları ve fayda sağlayan konveksiyonu rüzgardan ürettiklerini bildirmişlerdir. Toda vd. (2002) tarafından doğal rüzgarın, vücuttan olan ısı kaybını artıracak ancak bunun için hava sıcaklığının vücut sıcaklığından daha düşük olması gerektiği bildirilmiştir. Hava sıcaklığı ineklerin vücut sıcaklığından daha yüksek ise vücut cildi ısı kazanmaktadır. Laven ve Holmes (2008)'e göre; bağıl nem oranı, rüzgar hızı ve güneş radyasyonu hissedilen sıcaklığı etkileyebilir ve soğuk stresi gelişebilir. Yüksek ortam sıcaklığı, nem ve rüzgar hızı enerji ihtiyacını artırmaktadır. Ayrıca bu ihtiyacının bir sonucu olarak hayvanların yem tüketimi arttığından daha fazla ısı üretimi gerçekleşmektedir.

Mader vd. (2006), sütçü ineklerde ortam sıcaklığı, bağıl nem, rüzgar hızı ve radyasyon faktörlerinin farklı çevresel koşullar altında etkilerini analiz etmek amacıyla bir iklim indeksi geliştirmeyi hedefleyen bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Araştırma bulgularına göre; 45°C'deki %30 düzeyindeki bağıl nemin etkisi, 16°C'de %100 bağıl nemin etkisine eşittir. Buna karşın -30°C'de %30 düzeyindeki bağıl nemin etkisi ise 3,0°C'deki %100 düzeyindeki bağıl nemin etkisine yaklaşık eşittir ve soğuk koşullarda daha yüksek bağıl nem değerleri, daha düşük görünür sıcaklıklara katkıda bulunmaktadır. Sıcak veya soğuk koşulların mevcut olup olmadığına bakılmaksızın, daha yavaş gerçekleşen rüzgar hızının birimi başına görünen sıcaklıkta en yüksek değişimler/düşüşler ortaya çıkmaktadır. Rüzgâr hızı arttıkça, rüzgar hızının birimi başına görünen sıcaklıkta ortaya çıkan düşüşler daha az olmaktadır. İndekste radyasyon faktörü, doğrudan güneş radyasyonu ve yer yüzeyi radyasyonu olarak ayrılmıştır. Bunların her ikisinin de çevresel sıcaklıkla doğrusal bir ilişkileri olduğu hesaplanmıştır. Araştırmacılar geliştirdikleri indeksin, enerji alışverişi ile ilişkili biyolojik tepki fonksiyonlarının daha geliştirilmesi ve hava durumuna bağlı karar verme süreçlerinin iyileştirilmesi için

faydalı olacağını ve tanımlanan eşik değerlerin, hayvan konforunu sağlamak ve korumak amaçlı yönetim uygulamalarına katkı yapacağını bildirmişlerdir.

Hill ve Wall (2014) tarafından İskoçya’da sütçü ineklerde süt verimi ve bileşiminin aşırı çevresel sıcaklıklardan etkilendiği ancak etkinin derecesinin, hayvanların barınak içinde veya dışında olmalarına göre değiştiği belirlenmiştir. Güneş radyasyonu, SS’yi artırıp süt üretimini olumsuz etkilerken, hafif rüzgarlar SS’nin hafiflemesine yardımcı olmuşlardır. Araştırmacılara göre; süt verim ölçümünden önceki hafta boyunca ölçülen ve kullanılan meteorolojik faktörlere ait değerlerin süt verim özellikleri üzerindeki etkileri, daha kısa süreli meteorolojik faktörlere ait değerlerin etkilerine göre, daha isabetli ve güvenilirdir. Hayvanların tükettikleri yem miktarı ve kalitesinin hava koşullarına bağlı olması ve barınak içinde ve dışında farklı miktar ve kalitede yem tüketmeleri de araştırmanın sonuçları üzerinde etki gösterebileceği ancak besleme ve yönetim sisteminin temel çiftçilik uygulamaları olması nedeniyle bu sorunun da, elde edilen araştırma bulgularının pratik önemini azaltmayacağı vurgulanmıştır.

Barınak koşulları ve yönetimi: Sütçü ineklerin ısı yükleri, barınma sistemi, gölgelik veya açık alan, soğutma/serinletme uygulamaları, havalandırma, hayvanın konumu, sürü içindeki sosyal statüsü vb. faktörlerden etkilenmektedir (Kadzere vd. 2002). Meteorolojik faktörlerin sütçü sığırlarda fizyolojik ve verim özellikleri üzerindeki etkilerini inceleyen öncü çalışmalar, esas olarak Holstein ve diğer ılıman iklim ırkı sığırlarda esas olarak kontrollü iklim odalarında gerçekleştirilmiştir. Ancak ilerleyen yıllarda ılıman iklim ırkları ile birlikte ılıman olmayan iklim bölgelerde yetiştirilen sığır ırklarında da SS ile barınak (padok, mera vb.) koşulları ve yönetim uygulamaları arasındaki ilişkileri araştıran çok sayıda araştırma gerçekleştirilmiştir. Bu araştırmalardan bazılarının sonuçları aşağıda verilmeye çalışılmıştır.

Sıcak ahırdan açık bir alana (ortalama -8°C veya 18°F sıcaklık) geçen ineklerin günlük süt verimlerinde ortalama 0.58 kg azalma olduğunu gözlemlemişlerdir. Ancak, ek besleme bu etkiyi minimize etmiştir. Soğuk ahırlarda tutulan ineklerle sıcak ahırlarda tutulan ineklerin FCM süt verimini karşılaştırarak soğuk ahırda tutulan ineklerin, sıcak ahırda tutulan ineklere göre, yaklaşık %2,7 düzeyinde daha düşük süt ürettiklerini

göstermişlerdir. Mejía-Lastra vd (2022); yaz sıcağı stresinin, açık havada tutulan ineklerde hipertermiye neden olduğunu bildirmişlerdir. Sıcak ve kuru stres koşulları altındaki genç düveler ve ergin inekler doğum yapmalarından önce 30 gün süreyle sprey ve fanlarla soğutulduklarında, ergin ineklerin doğum sonrası fizyolojik ve verim özellikleri, genç düvelere göre, daha olumlu olmaktadır. Igono vd. (1992), sütçü ineklerde sıcaklık, bağıl nem ve güneş radyasyon enerjisi bileşimine bağlı SS'ye rağmen geceleri yeterli soğutmanın sağlanması durumunda ineklerin nispeten yüksek gündüz hava sıcaklıklarına dayanabildiklerini bildirmişlerdir. Yine gün boyunca yüksek çevre sıcaklıklarına rağmen, ineklere 21°C'nin altında 3-6 saatlik bir serinletme sağlanmasının süt verimindeki düşüşleri en aza indirebileceği vurgulanmıştır. Araştırmacılar, sıcak gün ışığı saatlerinde inek vücut sıcaklığındaki artışları en aza indirme uygulamalarının yanı sıra, akşam saatlerinde ineklerin serinletilmesine yönelik uygulamaların devreye sokulmasında kritik öneme sahip olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Kadzere vd. (2002) tarafından kuru dönemde serinletilmeyen ineklerle karşılaştırıldığında serinleten ineklerin 13.6% daha fazla süt ürettikleri ve bunlardan doğan buzağların canlı ağırlıklarının daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bundan dolayı kuru dönemdeki ineklerde SS'nin etkilerini en aza indirmeye yönelik serinletme uygulamalarının çok önemli olduğu ve serinletmenin, bir sonraki laktasyon performansını iyileştirdiği ve daha güçlü ve enerjik yavruların doğmasına neden olduğu vurgulanmıştır. Kadzere vd. (2002), dünyada sığır yetiştiriciliğinde çiftçilerin karşılaştıkları önemli sorunlardan birisinin de SS olduğunu bildirmişlerdir. SS'nin, hava sıcaklığı ve bağıl nemin yanı sıra, ahırın gölgesiz alanlarındaki hava hareket hızı ve güneş radyasyonunun yoğunluğu tarafından da etkilendiğini ileri sürmüşlerdir. Baumgard vd. (2006), serinletme sistemi kullanmayan inek çiftliklerinin süt üretimlerinin, serinletme sistemi kullanan çiftliklere göre, %30-35 daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Berman (2009) tarafından kapalı serbest dolaşım ve serinletme sistemleri bulunan barınaklarda tutulan Holstein ırkı inekler için kritik çevre sıcaklığı düzeyinin 29.7°C olduğu belirlenmiştir. Ancak bu sıcaklık düzeyinin, ineklerin yetiştirildiği çiftlik koşullarına, çiftlikte serinletme sistemlerinin kullanılıp kullanılmadığına ve kullanılanların etkinliklerine göre değişebileceği bildirilmiştir. Hayvanlarda SS'nin değerlendirmesinde kullanılan en yaygın yöntemin SNİ olması

karşın bu indeks, rüzgar hızını veya radyasyon akışlarını dikkate almamaktadır. Bu nedenle bu araştırmacılar, kuzeydoğu Almanya'da inek sütü üretimi yapan çiftliklerde ahır içinde ve dışındaki meteorolojik faktörlerin (hava sıcaklığı, hava nemi, küre termometre sıcaklığı, rüzgar hızı) hayvanların termal konforları üzerindeki etkilerini belirlemek için Ray Man modelini kullanmışlardır.

Broucek vd. (2013)'e göre sıcak iklimlerde veya yazın büyük süt sığırı çiftliklerinde, sağmal ineklerin çoğu sağım için bekletilmeleri nedeniyle SS yaşamaktadırlar. Bu olumsuz durumu ortadan kaldırmak için öğleden sonraki sağımın geciktirilmesi önerilmektedir. Sağılan ineklerin su ihtiyacı kurudaki ineklere göre daha fazladır. Normalde bir süt ineğinin her kg üretilen süt için 4-5 kg suya ihtiyacı vardır. Bu nedenle düşük verimli süt ineklerine göre yüksek verimli süt ineklerinde daha fazla suyun ve yüksek SS'nin zararlı etkilerini azaltmak için daha çok enerji kaybı olmaktadır. Bundan dolayı SS döneminde suya erişimin sağlanması, SS'yi ortadan kaldırmak için uygulanan oldukça yaygın ve önemli bir yöntemdir. Aynı zamanda esas olarak laktasyonun aşamasına, her inek başına düşen alan tahsisine, serbest durak tasarımına ve durağa bağlı olma nedeniyle inek aktivitesinin azalması gibi faktörlere bağlı olarak ta SS etkisi değişim göstermektedir. Hill ve Wall (2014)'e göre SNİ' nin sütçü sığırlarda süt verimi ve bileşimi üzerindeki etkisi, hayvanların barınak içinde veya dışında tutulduklarına göre değişim göstermektedir. Mejía-Lastra vd. (2022), çok doğum yapan ineklere (12 baş) ve düvelere (12 baş) buzağılamalarından 30 gün önce başlanan ve tahmin edilen buzağılama tarihinden önce durdurulan serinleme uygulamasının, fizyolojik ve verim özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Buzağılamadan önce, solunum frekansı (SF) günde iki kez (sabah ve öğleden sonra) olmak üzere haftada bir kez ölçülmüştür. Ayrıca, biyokimyasal profilin analizi için haftada bir kez koksigeal venden kan örneği alınmıştır. Buzağılamadan sonra ölçülen verim özellikleri, buzağı doğum ağırlığı, süttten kesilene kadar büyüme, kolostrum ve süt kalitesi ve süt verimidir. Ergin inekler sabahları düvelere göre %6,5 daha az SF'ye ($P<0,05$) sahipken, bu fark, öğleden sonra %23'e yükselmiştir ($P<0,01$). Ergin inekler, düvelere göre daha yüksek ($P<0,05$) ortalama alyuvar hacmi, ortalama alyuvar hemoglobini ve trombosit dağılım genişliği sergilemişlerdir; ancak düveler, ergin ineklerden daha yüksek ($P<0,05$) kırmızı kan hücresi sayısı göstermişlerdir. Kolostrum yağı, düvelerde daha yüksek iken ($P<0,05$),

protein, SNF ve yoğunluğu bakımından düveler ve ergin inekler arasında benzerlik saptanmıştır. Süt kalitesi inekler ve düveler arasında farklılık göstermemiştir. Fakat 30, 60, 90, 120 ve 150. günlerde süt verimi ergin ineklerde düvelere göre daha yüksek olarak belirlenmiştir ($P<0.05$). Buzağı lm oranı, buzağı doğum ağırlığı, 30 ve 60. günde canlı ağırlık ve ayrıca 60. güne kadar olan günlük ağırlık artışı her iki anne grubu arasında benzerdir. Sonuç olarak araştırıcılar, sıcak ve kurak stresi altındaki ergin ineklerin ve düvelerin buzağılama öncesinde 30 gün süreyle sprey ve fanlarla soğutulmasının, ineklerde fizyolojik ve verim özelliklerini daha olumlu etkilediğini bildirmişlerdir.



3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1 Araştırmanın Yürütüldüğü Çiftliğin ve Bulunduğu Bölgenin Genel Tarımsal, Coğrafi ve İklimsel Özellikleri

Bu çalışma, TİGEM'e bağlı Gözlü Tarım İşletmesi (GTİ)'nde gerçekleştirilmiştir. İşletme, Konya'ya 78 km ve Sarayönü'ne 28 km uzaklıktadır. GTİ, deniz seviyesinden yaklaşık 1.100 metre yükseklikte, 38.490520 enlem ve 32.459152 boylamda yer almaktadır. İklim kurak bir yapıda olup 20 yıllık ekiliş üzerine düşen yağış ortalaması 298,3 mm'dir. Yağışların çoğu aralık ayından mayıs'a kadar düşmektedir. Ancak, miktar ve dağılım yıldan yıla büyük ölçüde değişmektedir. Araştırmanın yürütüldüğü 2018-2020 döneminde ortalama maksimum ve minimum sıcaklıklar sırasıyla 26.5 °C ve 15.5 °C olarak bildirilmiştir.

3.2 Hayvan Materyali

Bu tez çalışmasının materyalini Gözlü Tarım İşletmesi'nde yetiştirilen Simmental ve Esmer sığır ırklarının 2018-2020 yıllarına ait üreme ve süt verimi kayıtları ile birlikte yine bu dönemde aynı çiftlikte MGM tarafından ölçülen iklim verileri oluşturmuştur.

3.3 Sığır Yönetimi

Çiftlikte barınaklar doğu-batı yönlerinde her iki yönü de açık olacak şekilde gezinti alanı olan, yataklıkların, sıyrgıların ve yemlik yollarının bölgedeki sert iklim koşullarından dolayı tamamen kapalı olduğu tiptedir. Barınakların padoklara bakan kısımlarında açılır kapanır rüzgâr perdeleri bulunmaktadır ve bunlar yazın açılır, kışın kapatılırlar. Günde iki kez yemleme yapılır. Önlerinde sürekli taze su bulunur. Otomatik sıyırğı sistemleri gübreyi ahırın her iki tarafına sıyırarak bir kanal vasıtası ile beton karıştırma çukuruna dökmektedir. Padoklarda dışı kauçuk içi sert sünger kalın sünger yataklık vardır. Hayvanlar verim, yaş ve laktasyon dönemine göre gruplandırılarak barınaklara konur.

İşletmede 60 başlık rotary sağım sistemi bulunmaktadır. Sabah 06:30, akşam 18:30 da olmak üzere günde iki sağım yapılmaktadır. Sağım sırası laktasyon eğrisine paraleldir. Önce yeni doğum yapan inek grupları ardından pik gruplar, daha sonra pik sonrası grup ve en son artık kuruya ayrılacak hayvanlar sağılmaktadır. Hayvanlar sağılmak üzere padoktan ayrıldıklarında yemlikte eğer yem kalıntısı var ise bunlar temizlenir ve padoks boş iken taze yem dökülür. Sağımdan gelen hayvanlar taze yem ile karşılaşır. Yaz aylarındaki olası sıcaklık stresine karşı ahır çatıları ısıyı hapseden, sıcaktan ve direkt ışıktan koruyan sandviç panellerle kaplanmıştır. Yemler toplam karma yem olarak kendi yürür yem hazırlama ve dağıtma makineleri ile hazırlanır. Çiftliğin içinde kendi yem fabrikası bulunmakta ve bu fabrikada yem uzmanları tarafından; normal süt yemi, yeni doğum yapan grup, ileri gebe hayvanlar, kuru dönemdeki hayvanlar, düve ve pikini geçen süper laktasyondaki hayvanlar için verim seviyelerine ve hayvanın gereksinimlerine göre her çeşit yem yapılmaktadır.

3.4 Verilerin Yönetimi

3.4.1 Üreme ve süt verimi özelliklerine ait verilerin yönetimi ve istatistiksel analizler

Bu çalışmada Simmental ve Esmer sığır ırklarında SNİ'nin etkisi araştırıldığı üreme ve süt verim özellikleri ve bunların analizinde kullanılan modeller Çizelge 3.1'de verilmiştir. İstatistiksel analizler, SAS (2017) paket programında Proc (GLM/LS means) modülünde gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.1 Araştırmada üzerinde durulan üreme ve süt verim özellikleri ve bunların analizinde kullanılan modeller

Üzerinde durulan üreme ve süt verim özellikleri	Analiz modeli
GEBELİK BAŞINA TOHURLAMA SAYISI (GBTS)	$GBTS_{ijklmn} = \mu + IRK_i + BY_j + LS_l + SN\dot{I}_m + (IRK * SN\dot{I})_{im} + (BY * SN\dot{I})_{jm} + (LS * SN\dot{I})_{lm} + \beta_1 X1_{ijklmn} + \beta_2 X2_{ijklmn} + \beta_3 X3_{ijklmn} + \beta_4 X4_{ijklmn} + \beta_5 X5_{ijklmn} + \beta_6 X6_{ijklmn} + e_{ijklmn}$ Burada: $GBTHS_{ijklmn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci ineğin gebelik başına tohumlama sayısı, μ: gebelik başına tohumlama sayısı bakımından popülasyon ortalaması, IRK_i: i.inci ırkın etki miktarı, BY_j: j.inci buzağılama yılının etki miktarı, LS_l: l.inci laktasyon sırasının etki miktarı, $SN\dot{I}_m$: m.inci sıcaklık nem indeksinin etki miktarı, $(IRK * SN\dot{I})_{im}$: i.inci ırk – m.inci SNİ seviyesinin etki miktarı, $(BY * SN\dot{I})_{jm}$: j.inci buzağılama yılı – m.inci SNİ seviyesinin etki miktarı, $(LS * SN\dot{I})_{lm}$: l.inci laktasyon sırası – m.inci SNİ seviyesinin etki miktarı, $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6$: gebelik başına tohumlama sayısının sırasıyla, ilkinde buzağılama yaşı, kuruda kalma süresi, ortalama rüzgar hızı, ortalama basınç, solar radyasyon ve laktasyon günü üzerine olan kısmi regresyon katsayılarıdır. Bir başka deyişle, sürekli varyasyon gösteren bu faktörlerin gebelik başına tohumlama sayısına etki miktarlarıdır. $X1_{ijltn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci ineğin ilkinde buzağılama yaşı, $X2_{ijltn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci ineğin kuruda kalma süresi, $X3_{ijltn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci ineğin maruz kaldığı rüzgar hızı, $X4_{ijltn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci ineğin maruz kaldığı ortalama basınç, $X5_{ijltn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci ineğin maruz kaldığı solar radyasyon, $X6_{ijltn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci ineğin bulunduğu laktasyon günü (DİM), e_{ijklmn}: tesadüfi hata terimi.

Çizelge 3.1 Araştırmada üzerinde durulan üreme ve süt verim özellikleri ve bunların analizinde kullanılan modeller (devam)

Üzerinde durulan üreme ve süt verim özellikleri	Analiz modeli
BUZAĞILAMA ARALIĞI (BUZARA)	$BUZARA_{ijklmn} = \mu + IRK_i + BY_j + LS_l + SN\dot{I}_m + (IRK * SN\dot{I})_{im} + (BY * SN\dot{I})_{jm} + (LS * SN\dot{I})_{lm} + \beta_1 X1_{ijklmn} + \beta_2 X2_{ijklmn} + \beta_3 X3_{ijklmn} + \beta_4 X4_{ijklmn} + \beta_5 X5_{ijklmn} + \beta_6 X6_{ijklmn} + e_{ijklmn}$ Burada: $BUZARA_{ijklmn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci hayvana ait buzağılama aralığı, μ: buzağılama aralığı bakımından popülasyon ortalaması, IRK_i: i.inci ırkın etki miktari, BY_j: j.inci buzağılama yılının etki miktari, LS_l: l.inci laktasyon sırasının etki miktari, $SN\dot{I}_m$: m.inci sıcaklık nem indeksi etki miktari, $(IRK * SN\dot{I})_{im}$: i.inci ırk – m.inci SNİ seviyesinin etki miktari, $(BY * SN\dot{I})_{jm}$: j.inci buzağılama yılı – m.inci SNİ seviyesinin etki miktari, $(LS * SN\dot{I})_{lm}$: l.inci laktasyon sırası – m.inci SNİ seviyesinin etki miktari, $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6$: buzağılama aralığının sırasıyla, ilkine buzağılama yaşı, kuruda kalma süresi, ortalama rüzgar hızı, ortalama basınç, solar radyasyon ve gebelik başına tohumlama sayısı üzerine olan kısmi regresyon katsayılarıdır. Bir başka deyişle, sürekli varyasyon gösteren bu faktörlerin buzağılama aralığına etki miktarlarıdır. $X1_{ijklmn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci ineğin ilkine buzağılama yaşı, $X2_{ijklmn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci ineğin kuruda kama süresi, $X3_{ijklmn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci ineğin maruz kaldığı rüzgar hızı, $X4_{ijklmn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci ineğin maruz kaldığı ortalama basınç, $X5_{ijklmn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci ineğin maruz kaldığı solar radyasyon, $X6_{ijklmn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci ineğin gebelik başına tohumlama sayısı, e_{ijklmn}: tesadüfi hata terimi.

Çizelge 3.1 Araştırmada üzerinde durulan üreme ve süt verim özellikleri ve bunların analizinde kullanılan modeller (devam)

Üzerinde durulan üreme ve süt verim özellikleri	Analiz modeli
KURU DÖNEM (KURUDON)	$KURUDON_{ijklmn} = \mu + IRK_i + BY_j + LS_l + SN\dot{I}_m + (IRK * SN\dot{I})_{im} + (BY * SN\dot{I})_{jm} + (LS * SN\dot{I})_{lm} + \beta_1 X1_{ijklmn} + \beta_2 X2_{ijklmn} + \beta_3 X3_{ijklmn} + \beta_4 X4_{ijklmn} + \beta_5 X5_{ijklmn} + e_{ijklmn}$ Burada: $KURUDON_{ijklmn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci hayvana ait kuruda kalma süresi μ: kuruda kalma süresi bakımından popülasyon ortalaması, IRK_i: i.inci ırkın etki miktarı, BY_j: j.inci buzağılama yılının etki miktarı, LS_l: l.inci laktasyon sırasının etki miktarı, $SN\dot{I}_m$: m.inci sıcaklık nem indeksi etki miktarı, $(IRK * SN\dot{I})_{im}$: i.inci ırk – m.inci $SN\dot{I}$ seviyesinin etki miktarı, $(BY * SN\dot{I})_{jm}$: j.inci buzağılama yılı – m.inci $SN\dot{I}$ seviyesinin etki miktarı, $(LS * SN\dot{I})_{lm}$: l.inci laktasyon sırası – m.inci $SN\dot{I}$ seviyesinin etki miktarı, $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$: kuruda kalma süresinin sırasıyla, ilkinde buzağılama yaşı, buzağılama aralığı, ortalama rüzgar hızı, ortalama basınç ve solar radyasyon üzerine olan kısmi regresyon katsayılarıdır. Bir başka değişle, sürekli varyasyon gösteren bu faktörlerin kuruda kalma süresine etki miktarlarıdır. $X1_{ijklmn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci ineğin ilkinde buzağılama yaşı, $X2_{ijklmn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci ineğin buzağılama aralığı, $X3_{ijklmn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci ineğin maruz kaldığı rüzgar hızı, $X4_{ijklmn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci ineğin maruz kaldığı ortalama basınç, $X5_{ijklmn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci ineğin maruz kaldığı solar radyasyon, e_{ijklmn}: tesadüfi hata terimi.

Çizelge 3.1 Araştırmada üzerinde durulan üreme ve süt verim özellikleri ve bunların analizinde kullanılan modeller (devam)

Üzerinde durulan üreme ve süt verim özellikleri	Analiz modeli
LAKTASYON SÜRESİ (LAKSUR)	$LAKSUR_{ijklmn} = \mu + IRK_i + BY_j + LS_l + SN\dot{I}_m + (IRK * SN\dot{I})_{im} + (BY * SN\dot{I})_{jm} + (LS * SN\dot{I})_{lm} + \beta_1 X1_{ijklmn} + \beta_2 X2_{ijklmn} + \beta_3 X3_{ijklmn} + \beta_4 X4_{ijklmn} + \beta_5 X5_{ijklmn} + e_{ijklmn}$ Burada: $LAKSUR_{ijklmn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci hayvana ait laktasyon süresi, μ: laktasyon süresi bakımından popülasyon ortalaması, IRK_i: i.inci ırkın etki miktartı, BY_j: j.inci buzağılama yılının etki miktartı, LS_l: l.inci laktasyon sırasının etki miktartı, $SN\dot{I}_m$: m.inci sıcaklık nem indeksi etki miktartı, $(IRK * SN\dot{I})_{im}$: i.inci ırk – m.inci $SN\dot{I}$ seviyesinin etki miktartı, $(BY * SN\dot{I})_{jm}$: j.inci buzağılama yılı – m.inci $SN\dot{I}$ seviyesinin etki miktartı, $(LS * SN\dot{I})_{lm}$: l.inci laktasyon sırası – m.inci $SN\dot{I}$ seviyesinin etki miktartı, $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$: laktasyon süresinin sırasıyla, ilkin e buzağılama yaşı, kuruda kalma süresi, ortalama rüzgar hızı, ortalama basınç ve solar radyasyon üzerine olan kısmı regresyon katsayılarıdır. Bir başka değışle, sürekli varyasyon gösteren bu faktörlerin laktasyon süresine etki miktartlarıdır. $X1_{ijltn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci ineğin ilkin e buzağılama yaşı, $X2_{ijltn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci ineğin kuruda kalma süresi, $X3_{ijltn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci ineğin maruz kaldığı rüzgar hızı, $X4_{ijltn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci ineğin maruz kaldığı ortalama basınç, $X5_{ijltn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci ineğin maruz kaldığı solar radyasyon, e_{ijklmn}: tesadüfi hata terimi.

Çizelge 3.1 Araştırmada üzerinde durulan üreme ve süt verim özellikleri ve bunların analizinde kullanılan modeller (devam)

Üzerinde durulan üreme ve süt verim özellikleri	Analiz modeli
LAKTASYON SÜT VERİMİ (LSV)	$LSV_{ijklmn} = \mu + IRK_i + BY_j + LS_l + SN\dot{I}_m + (IRK * SN\dot{I})_{im} + (BY * SN\dot{I})_{jm} + (LS * SN\dot{I})_{lm} + \beta_1 X1_{ijklmn} + \beta_2 X2_{ijklmn} + \beta_3 X3_{ijklmn} + \beta_4 X4_{ijklmn} + \beta_5 X5_{ijklmn} + \beta_6 X6_{ijklmn} + e_{ijklmn}$ Burada: LSV_{ijklmn}: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, k.inci buzağılama mevsimi, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci hayvana ait laktasyon süt verimi, μ: laktasyon süt verimi bakımından popülasyon ortalaması, IRK_i: i.inci ırkın etki miktarı, BY_j: j.inci buzağılama yılının etki miktarı, LS_l: l.inci laktasyon sırasının etki miktarı, $SN\dot{I}_m$: m.inci sıcaklık nem indeksi etki miktarı, $(IRK * SN\dot{I})_{im}$: i.inci ırk – m.inci SNİ seviyesinin etki miktarı, $(BY * SN\dot{I})_{jm}$: j.inci buzağılama yılı – m.inci SNİ seviyesinin etki miktarı, $(LS * SN\dot{I})_{lm}$: l.inci laktasyon sırası – m.inci SNİ seviyesinin etki miktarı, $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6$: laktasyon süt veriminin sırasıyla, ilkine buzağılama yaşı, buzağılama aralığı, ortalama rüzgar hızı, ortalama basınç, solar radyasyon ve laktasyon süresi üzerine olan kısmi regresyon katsayılarıdır. Bir başka deyişle, sürekli varyasyon gösteren bu faktörlerin laktasyon süt verimine etki miktarlarıdır. $X1_{ijklmn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci ineğin ilkine buzağılama yaşı, $X2_{ijklmn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci ineğin buzağılama aralığı, $X3_{ijklmn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci ineğin maruz kaldığı rüzgar hızı, $X4_{ijklmn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci ineğin maruz kaldığı ortalama basınç, $X5_{ijklmn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci ineğin maruz kaldığı solar radyasyon, $X6_{ijklmn}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki n.inci ineğin laktasyon süresi, e_{ijklmn}: tesadüfi hata terimi.

Çizelge 3.1 Araştırmada üzerinde durulan üreme ve süt verim özellikleri ve bunların analizinde kullanılan modeller (devam)

Üzerinde durulan üreme ve süt verim özellikleri	Analiz modeli
GÜNLÜK ORTALAMA SÜT VERİMİ (SÜT)	$SÜT_{ijklmnopq} = \mu + IRK_i + BY_j + LS_l + LP_m + KA_o + SNİ_p + (IRK * SNİ)_{ip} + (BY * SNİ)_{jp} + (LS * SNİ)_{lp} + (LP * SNİ)_{mp} + \beta_1 X1_{ijklmnopq} + \beta_2 X2_{ijklmnopq} + \beta_3 X3_{ijklmnopq} + \beta_4 X4_{ijklmnopq} + \beta_5 X5_{ijklmnopq} + \beta_6 X6_{ijklmnopq} + \beta_7 X7_{ijklmnopq} + e_{ijklmnopq}$ Burada: $SÜT_{ijklmnopq}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci laktasyon periyodu, o.uncu süt kontrol ayı ve p.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki q.uncu ineğin günlük süt verimi, μ: günlük süt verimi bakımından popülasyon ortalaması, IRK_i: i.inci ırkın etki miktarı, BY_j: j.inci buzağılama yılının etki miktarı, LS_l: l.inci laktasyon sırasının etki miktarı, LP_m: m.inci laktasyon periyodunun etki miktarı, KA_o: o.uncu süt kontrol ayının etki miktarı, $SNİ_p$: p.inci sıcaklık nem indeksi etki miktarı, $(IRK * SNİ)_{ip}$: i.inci ırk – p.inci SNİ seviyesinin etki miktarı, $(BY * SNİ)_{jp}$: j.inci buzağılama yılı – p.inci SNİ seviyesinin etki miktarı, $(LS * SNİ)_{lp}$: l.inci laktasyon sırası – p.inci SNİ seviyesinin etki miktarı, $(LP * SNİ)_{mp}$: m.inci laktasyon periyodu – p.inci SNİ seviyesinin etki miktarı, $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6, \beta_7$: günlük süt veriminin sırasıyla, ilkin buzağılama yaşı, buzağılama aralığı, kuruda kalma süresi, ortalama rüzgar hızı, ortalama basınç, solar radyasyon ve laktasyon günü üzerine olan kısmi regresyon katsayılarıdır. Bir başka deyişle, sürekli varyasyon gösteren bu faktörlerin günlük süt verimlerine etki miktarlarıdır. $X1_{ijklmnopq}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci laktasyon periyodu, o.uncu süt kontrol ayı ve p.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki q.uncu ineğin ilkin buzağılama yaşı, $X2_{ijklmnopq}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci laktasyon periyodu, o.uncu süt kontrol ayı ve p.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki q.uncu ineğin buzağılama aralığı, $X3_{ijklmnopq}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci laktasyon periyodu, o.uncu süt kontrol ayı ve p.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki q.uncu ineğin kuruda kalma süresi, $X4_{ijklmnopq}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci laktasyon periyodu, o.uncu süt kontrol ayı ve p.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki q.uncu ineğin maruz kaldığı ortalama rüzgar hızı, $X5_{ijklmnopq}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci laktasyon periyodu, o.uncu süt kontrol ayı ve p.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki q.uncu ineğin maruz kaldığı ortalama basınç, $X6_{ijklmnopq}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci laktasyon periyodu, o.uncu süt kontrol ayı ve p.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki q.uncu ineğin maruz kaldığı solar radyasyon, $X7_{ijklmnopq}$: i.inci ırk, j.inci buzağılama yılı, l.inci laktasyon sırası, m.inci laktasyon periyodu, o.uncu süt kontrol ayı ve p.inci sıcaklık nem indeksi seviyesindeki q.uncu ineğin laktasyonunda hangi günde olduğu, $e_{ijklmnopq}$: tesadüfi hata terimi.

Üzerinde durulan üreme ve süt verimi özelliklerinin analizine ait modellerin oluşturulmasından önce Çizelge 3.2’ de verilen uygulamalar gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.2 Üzerinde durulan üreme ve süt verimi özelliklerinin analizine ait modellerin oluşturulmasından önce gerçekleştirilen uygulamalar

Veri kalite kontrolleri ¹	Uygulamalar
Günlük süt verimi	$4 \leq \text{süt} \leq 50$ lt olan inekler alınmıştır
İlk buzağılama yaşı	1095 gün ve daha az olan inekler
Gebelik Başına Tohumlama Sayısı	9 ve daha az olan inekler
Buzağılama Aralığı	$321 \leq \text{BUZARA} \leq 729$ gün olan inekler
Kuruda Kalma Süresi	$30 \leq \text{KURUDÖN} \leq 120$ gün olan inekler
Laktasyon Süresi ²	$90 \leq \text{LAKSUR} \leq 912$ gün olan inekler
Laktasyon Süt Verimi	$1350 \leq \text{LSV} \leq 21000$ lt olan inekler

1: Bu ölçütlerin dışındaki veriler analiz dışı bırakılmıştır. Veriler, ekstrem veri kontrolünden geçirilerek böyle değerler analizlere dahil edilmemiştir; 2: İlk 3 laktasyon analizlere dahil edilmiştir. Modellerde; laktasyon günü 0-75 laktasyon periyodu 1, 76-150 laktasyon periyodu 2, 151-225 laktasyon periyodu 3 ve 226-312 laktasyon periyodu 4 olarak tanımlanmıştır.

3.4.2 Meteorolojik faktörler

Çizelge 3.1’de verilen üreme ve süt verim özelliklerinin her birisi, Çizelge 3.3’de verilen SNİ modelleri kullanılarak dört kez ayrı ayrı analiz edilmiştir. Dört ayrı SNİ modelinde yer alan çevresel sıcaklık değerleri (⁰C) kuru termometre, nem değerleri ise bağıl (nispi) (%) olarak ölçülmüştür. Analiz modellerine SNİ’ler; ≤ 68 (Düşük), 68-72 (Konfor); $72 <$ (Yüksek) olmak üzere üç seviyede gruplandırılarak 3 seviyeli sabit etki olarak dahil edilmiştir.

Çizelge 3.3 Araştırmada etkisi araştırılan SNİ modeli

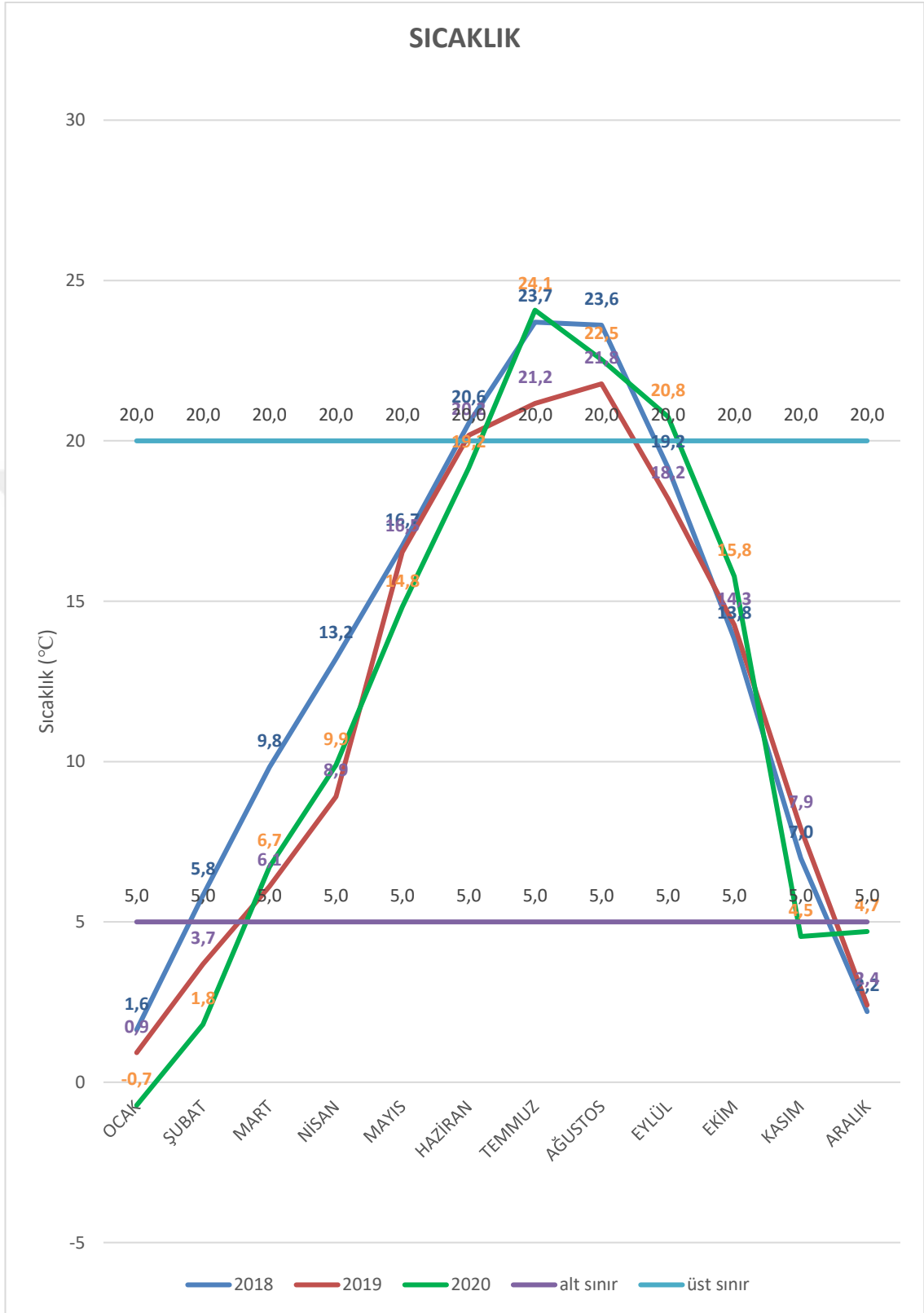
SNİ Modeli ¹	Kaynak
$SNİ = (1.8 * S + 32) - (0.55 - 0.0055 * N\%) * (1.8 * N - 26.8)$	NRC (1971)

1: S: °C cinsinden sıcaklık, N%: havadaki bağıl nem yüzdesidir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Meteorolojik Faktörlerin Değişimleri

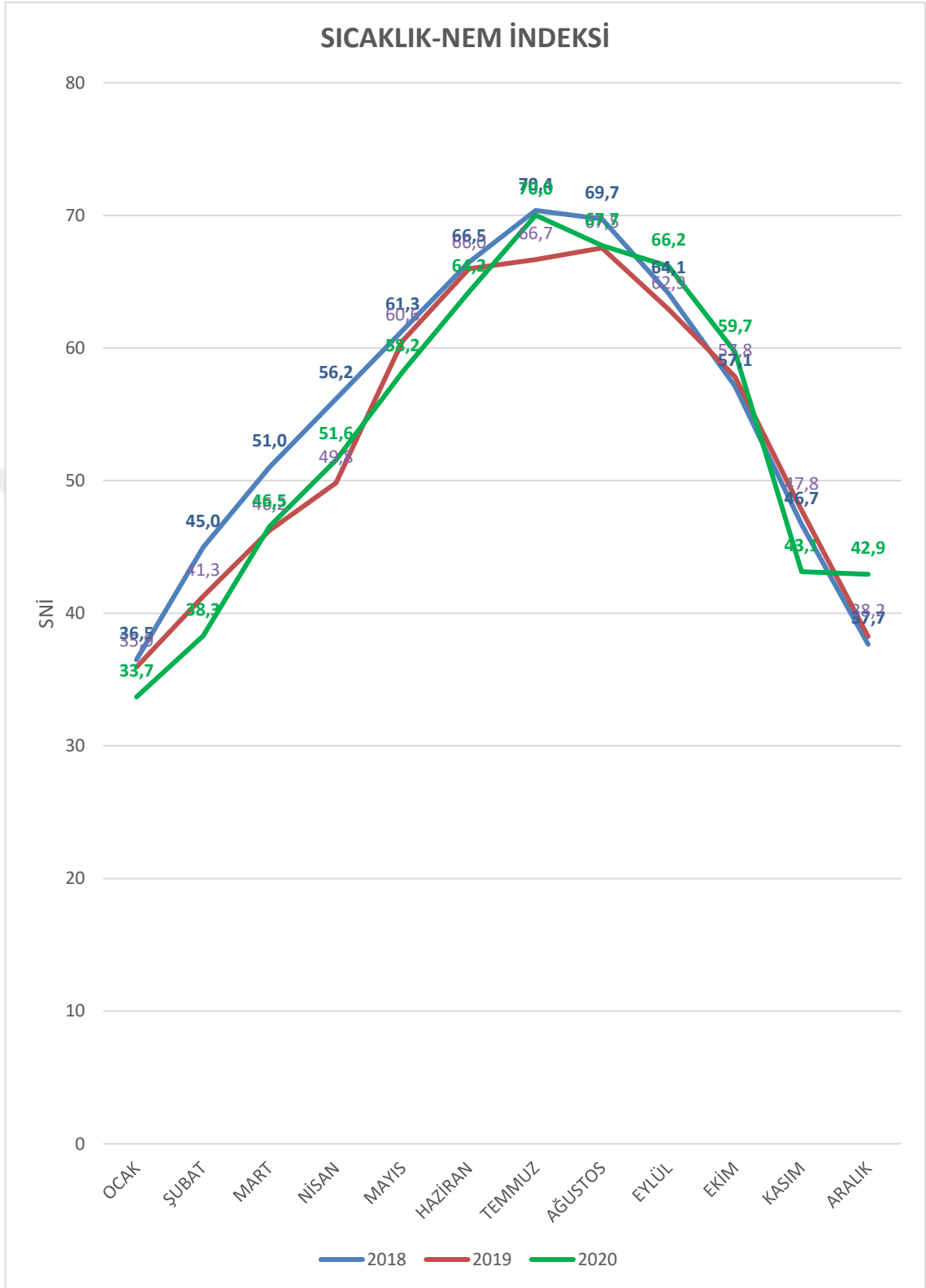
Araştırmanın yürütüldüğü Gözlü Tarım İşletmesi'nde yer alan Meteoroloji İstasyonu tarafından 2018, 2019 ve 2020 yılları için ölçülen aylık sıcaklık, nem, SNİ, güneş radyasyonu ve rüzgar hızı değerleri sırasıyla Şekil 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 ve 4.5'de ve aynı yıllarda gerçekleşen SNİ değerlerinin oranları sırasıyla Çizelge 4.1, 4.2 ve 4.3'de verilmiştir. Üzerinde çalışılan bu meteorolojik özelliklere ait değişimlerden, Bölüm 4.2' de SNİ modelinin üreme ve süt verimi özellikleri üzerindeki etkilerinin analizinde yararlanılmıştır.



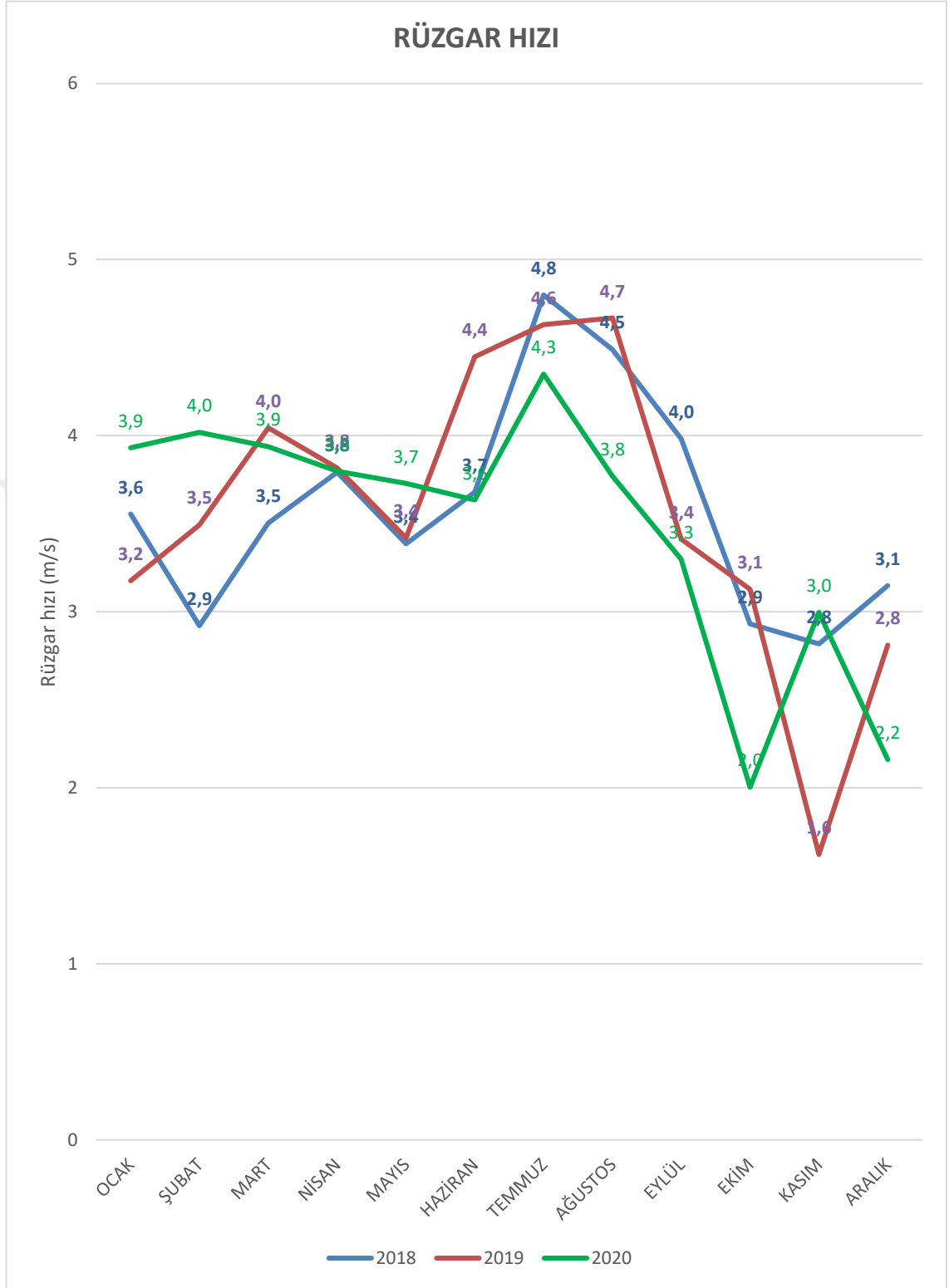
Şekil 4.1 Gözlü tarım işletmesi'nde 2018-2020 yılları arası sıcaklık değişimi



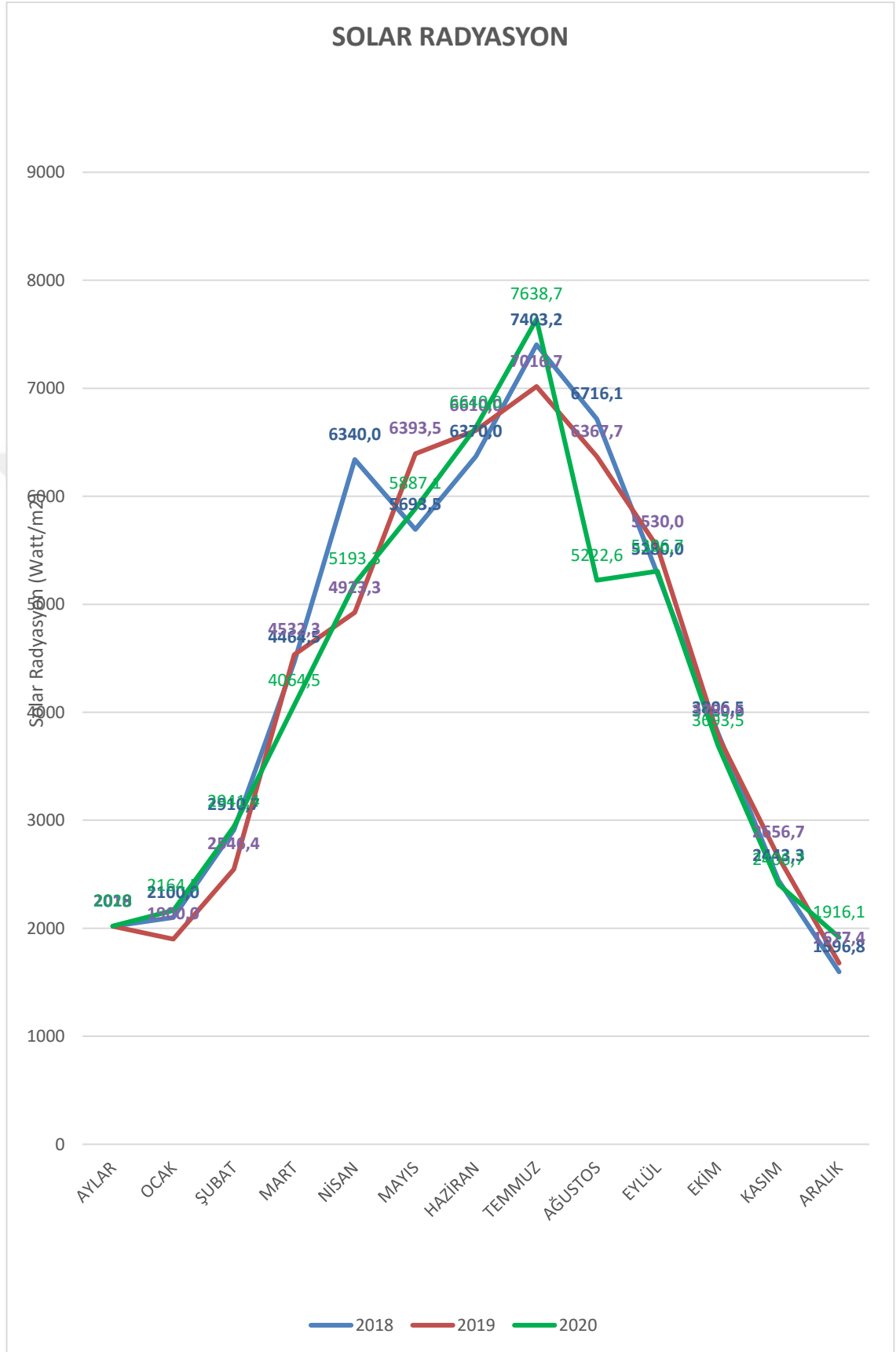
Şekil 4.2 Gözlü tarım işletmesi'nde 2018-2020 yılları arası nem değişimi



Şekil 4.3 Gözlü tarım işletmesi’nde 2018-2020 yılları arası SNİ değişimi



Şekil 4.4 Gözölü tarım işletmesi’nde 2018-2020 yılları arası rüzgar hızı değişimi



Şekil 4.5 Gözlu tarım işletmesi'nde 2018-2020 yılları arası solar radyasyon değişimi

Çizelge 4.1 2018 yılında aylara göre SNİ değerleri ve görülme oranlarının dağılımı

2018											
OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
SNİ: 26,09- 30,00	SNİ: 37,37- 40,00	SNİ: 35,6- 40,00	SNİ: 40,00- 50,00	SNİ: 54,09- 60,00	SNİ: 59,66-68,00	SNİ: 67,55-68,00	SNİ: 64,98-68,00	SNİ: 52,6- 60,00	SNİ: 44,9- 50,00	SNİ: 36,92- 40,00	SNİ: 17,28- 20,00
2 %6,45	2 %7,14	1 %3,22	5 %16,67	8 %25,81	23 %76,67	2 %6,45	7 %22,58	2 %6,66	3 %9,68	4 %13,33	2 %6,45
SNİ: 30,00- 40,00	SNİ: 40,00- 50,00	SNİ: 40,00- 50,00	SNİ: 50,00- 60,00	SNİ: 60,00- 66,22	SNİ: 68,00-70,96	SNİ: 68,00-72,00	SNİ: 68,00-72,00	SNİ: 60,00- 68,00	SNİ: 50,00- 60,00	SNİ: 40,00- 50,00	SNİ: 20,00- 30,00
21 %67,74	23 %82,14	9 %29,03	15 %50	23 %74,19	7 %23,33	22 %70,97	20 %64,52	23 %76,67	16 %51,61	16 %53,33	4 %12,90
SNİ: 40,00- 46,38	SNİ: 50,00- 54,60	SNİ: 50,00- 60,00	SNİ: 60,00- 62,85			SNİ: 72,00-74,54	SNİ: 72,00-73,44	SNİ: 68,00- 72,37	SNİ: 60,00- 63,08	SNİ: 50,00- 53,13	SNİ: 30,00- 40,00
8 %25,81	3 %10,71	20 %64,52	10 %33,33			7 %22,58	4 %12,90	5 %16,67	12 %38,71	10 %33,33	7 %22,58
		SNİ: 60,00- 61,59 1 %3,22									SNİ: 40,00- 47,89 18 %58,06

Çizelge 4.2 2019 yılında aylara göre SNİ değerleri ve görülme oranlarının dağılımı

2019											
OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
SNİ: 20,31- 30,00	SNİ: 31,22- 40,00	SNİ: 36,72- 40,00	SNİ: 37,75- 40,00	SNİ: 47,23- 50,00	SNİ: 61,65-68,00	SNİ: 61,25-68,00	SNİ: 61,23-68,00	SNİ: 52,81- 60,00	SNİ: 51,61- 60,00	SNİ: 33,06- 40,00	SNİ: 31,65- 40,00
6 %19,35	10 %35,71	4 %12,90	3 %10,00	2 %6,45	24 %80	19 %63,33	20 %64,52	6 %20	22 %70,97	4 %13,33	21 %67,74
SNİ: 30,00- 40,00	SNİ: 40,00- 49,50	SNİ: 40,00- 50,00	SNİ: 40,00- 50,00	SNİ: 50,00- 60,00	SNİ: 68,00-71,44	SNİ: 68,00-71,64	SNİ: 68,00-72,89	SNİ: 60,00- 68,00	SNİ: 60,00- 63,31	SNİ: 40,00- 50,00	SNİ: 40,00-47,40
17 %54,84	18 %64,28	20 %64,52	10 %33,33	11 %35,48	6 %20	11 %36,67	11 %35,48	22 %73,33	9 %29,03	12 %40	10 %32,26
SNİ: 40,00- 43,21		SNİ: 50,00- 53,63	SNİ: 50,00- 60,30	SNİ: 60,00- 68,00				SNİ: 68,00- 69,09		SNİ: 50,00- 57,84	
8 %25,81		7 %22,58	17 %56,67	15 %48,39				2 %6,67		14 %46,67	
				SNİ: 68,00- 70,27 3 %9,68							

Çizelge 4.3 2020 yılında aylara göre SNİ değerleri ve görülme oranlarının dağılımı

2020											
OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
SNİ: 27,88- 30,00	SNİ: 18,82- 30,00)	SNİ: 31,09- 40,00	SNİ: 42,90- 50,00	SNİ: 47,50- 50,00	SNİ: 55,07-60,00	SNİ: 67,34-68,00	SNİ: 64,20-68,00	SNİ: 60,39- 68,00	SNİ: 50,33- 60,00	SNİ: 35,84- 40,00	SNİ: 34,15- 40,00
8 %25,81	4 %13,79	6 %19,35	12 %40	2 %6,45	6 %20	6 %19,35	17 %54,84	23 %76,67	18 %58,07	9 %30	5 %16,13
SNİ: 30,00- 40,00	SNİ: 30,00- 40,00	SNİ: 40,00- 50,00	SNİ: 50,00- 60,16	SNİ: 50,00- 60,00	SNİ: 60,00-68,00	SNİ: 68,00-72,00	SNİ: 68,00-72,16	SNİ: 68,00- 71,68	SNİ: 60,00- 66,44	SNİ: 40,00- 50,54	SNİ: 40,00- 48,81
21 %67,74	13 %44,83	12 %38,71	18 %60	18 %58,06	21 %70	20 %64,52	14 %45,16	7 %23,33	13 %41,93	21 %70	26 %83,87
SNİ: 40,00- 41,93	SNİ: 40,00- 48,87	SNİ: 50,00- 56,58		SNİ: 60,00- 68,00	SNİ: 68,00-69,04	SNİ: 72,00-73,61					
2 %6,45	12 %41,38	13 %41,93		9 %29,03	3 %10	5 %16,13					
				SNİ: 68,00- 69,08 2 %6,45							

4.2 SNİ'nin Üreme Özellikleri Üzerindeki Etkisi

Bu bölümde Gözlü Tarım İşletmesi'nde yetiştirilmekte olan Simmental ve Esmer sığır ırklarında SNİ'nin süt sığırı çiftliklerinin yönetiminde önemli üreme özellikleri olan gebelik başına tohumlama sayısı ve iki buzağılama arası süre üzerindeki etkilerinin analize ait bulgular verilmiştir.

4.2.1 SNİ'nin gebelik başına tohumlama sayısı üzerindeki etkisi

Bu araştırmada Gözlü Tarım İşletmesi'nde yetiştirilmekte olan Simmental ve Esmer sığır ırklarında SNİ'nin gebelik başına tohumlama sayısı üzerindeki etkisine ait bulgular çizelge 4.4' de yer almaktadır. Bu bulgulara göre;

2018, 2019, 2020 yılının kendi içinde ve bu yıllar arasında sığır ırkı için yapılan karşılaştırmalarda; Simmental ve Esmer sığır ırkının her ikisinde de ortalama gebelik başına tohumlama sayısının bakımından $SNİ \leq 68$, $68 < SNİ \leq 72$ ve $72 < SNİ$ sınıfı arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir ($p > 0,05$). Buna karşın, Simmental sığır ırkının gebelik başına tohumlama sayısı, 2018 ve 2019 yılları arasında $SNİ \leq 68$, $68 < SNİ \leq 72$ sınıfına göre 2020 yılındaki $72 < SNİ$ sınıfında, istatistiksel olarak anlamlı olmamasına ($p > 0,05$) rağmen, ciddi düzeyde artış göstermiştir (sırasıyla 2.89; 2.99; 3.28). Ancak Esmer sığır ırkının gebelik başına tohumlama sayısı, 2018 ve 2019 yıllarındaki $SNİ \leq 68$, $68 < SNİ \leq 72$ sınıfına göre 2020 yılındaki $72 < SNİ$ sınıfında istatistiksel olarak anlamlı olmamasına karşın ciddi düzeyde düşüş göstermiştir (sırasıyla 3.0, 3.0, 1.85).

2018, 2019, 2020 yılının her birinin kendi içinde ırklar arasında yapılan karşılaştırmalarda da; Simmental ve Esmer sığır ırkının ortalama gebelik başına tohumlama sayıları bakımından $SNİ \leq 68$, $68 < SNİ \leq 72$ ve $72 < SNİ$ sınıfı arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık hesaplanmamıştır ($p > 0,05$). Ancak 2018, 2019, 2020 yıllarında her SNİ sınıfı için hesaplanan gebelik başına tohumlama sayısı Esmer

sığır ırkında Simmental sığır ırkına göre genel olarak daha yüksek düzeylerde gerçekleşmiştir.

1. 2.ve 3. laktasyon sırasının kendi içinde ve laktasyon sıraları arasında ırkı içi ve ırklar arası yapılan karşılaştırmalarda; Simmental ve Esmer sığır ırkının ortalama gebelik başına tohumlama sayısı bakımından $SNİ \leq 68$, $68 < SNİ \leq 72$ ve $72 < SNİ$ sınıfı arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık görülmemiştir ($p > 0,05$).

$SNİ \leq 68$, $68 < SNİ \leq 72$ ve $72 < SNİ$ sınıfının her birinde her ırk içinde gebelik başına tohumlama sayısı ile ilkinde buzağılama yaşı arasında önemli düzeyde ($p < 0,01$) negatif (-0.00244 ± 0.00074), buzağılama aralığı ile önemsiz düzeyde negatif (-0.00025 ± 0.00055), laktasyon süresi ile önemli düzeyde ($p < 0,01$) pozitif (0.00105 ± 0.00035), basınç ile önemsiz düzeye pozitif (0.6085 ± 1.1981), solar radyasyon ile önemsiz düzeyde pozitif (0.000082 ± 0.000076) ve rüzgar hızı ile önemsiz düzeyde pozitif (0.0271 ± 0.0364) korelasyonlar tahmin edilmiştir.

Yukarıda verilen bulgular toplu olarak değerlendirildiğinde; 2018, 2019, 2020 yılları içinde ve arasında $72 < SNİ$ sınıfına yaklaşıldıkça her iki sığır ırkında da istatistiksel olarak önemsiz de olsa gebelik başına tohumlama sayısı artış göstermiş ve bu artışın miktarı Simmental sığır ırkına göre Esmer sığır ırkında daha yüksek gerçekleşmiştir. Irk x Mevsim x $SNİ$ faktörü interaksiyonuna göre ise; Simmental sığır ırkında 3 $SNİ$ sınıfında da ilkbahar ve yaz mevsimindeki gebelik başına tohumlama sayısı, kış ve sonbahar mevsimine göre daha düşük olup sonbahar mevsiminde $72 < SNİ$ sınıfında çok daha yükselmiştir. Kaynak bildirişlerine göre; sütçü sığır ırklarında yüksek $SNİ$ değerlerinde, termal strese bağlı olarak kızgınlık şiddetinin ve süresinin düşmesi nedeniyle gebelik başına tohumlama sayısı artış göstermektedir (Imtiaz Hussain vd.1992, Hussain vd. 1992, De Rensis ve Scaramuzzi 2003, Sönmez vd. 2005). Ancak bu araştırmada Simmental sığır ırkı için ters bir sonuç elde edilmiş olup >72 $SNİ$ değerlerinin yüksek olduğu yaz mevsiminde gebelik başına tohumlama sayısı bakımından düşüşler görülmüştür. Bu durumu esas olarak 3 faktör ile açıklamak mümkündür: ilki; 2018, 2019, 2020'de rüzgar hızı (m/s) bakımından görülen değişimler (Şekil.4.4) olup her üç yılda da rüzgar hızı, mayıs ayından itibaren artmaya başlamakta, temmuz ve ağustos

aylarında maksimum düzeylere ulaşmakta ve daha sonra düşmeye başlamaktadır. Bu nedenle yaz aylarında artan rüzgar hızının, aynı ayda artan SNİ değerlerinin Simmental sığır ırkında oluşturduğu stresin etkisini düşürdüğü ve bu durumun da gebelik başına tohumlama sayısındaki artışları azalttığı ileri sürülebilir. İkincisi; üzerinde çalışılan Simmental ve Esmer sığır ırkının gebelik başına tohumlama sayılarının, $SNİ \leq 68$ altında oluşan SNİ değerlerinden ve dolayısıyla soğuk stresinden de olumsuz etkilenmiş olmalarıdır. Nitekim sığırlarda konfor bölgesi için $5-20^{\circ}\text{C}$ arası değerler ve soğuk stres başlangıç için de genel olarak 5°C 'nin bildirildiği dikkate alındığında bu araştırmanın yürütüldüğü çiftlikte 2018-2020 döneminde 5°C 'nin altındaki sıcaklık değerleri toplamı %22.8 düzeyinde gerçekleşmiştir (Şekil 4.1). Yine 2018, 2019, 2020 yıllarında 25-30 SNİ değerinin oranın da sırasıyla %30, %56, %50 düzeyinde hesaplanmıştır (Çizelge 4.1, 4.2, 4.3). Üçüncüsü ise; Simmental sığır ırkının ilkbahar ve yazın sıcak günlerde çiftlikte gerçekleştirilen serinletme uygulamalarından sıcaklık stresini ile mücadelede daha etkin ve olumlu yönde yararlanması gösterilebilir. Bu faktörlerin aynı çiftlikte Esmer sığır ırkı üzerinde de etkili olmasına karşın bu sığır ırkının gebelik başına tohumlama sayısının, Simmental sığır ırkına göre özellikle $72 < SNİ$ sınıfında yaz mevsiminde çok daha yüksek düzeyde gerçekleşmesi ise esas olarak Esmer sığır ırkının lif rengi ile birlikte kızgınlık ve ovulasyon sürecinde uzun fotoperiyotlardan daha olumsuz etkilenmiş olması ile açıklanabilir. Nitekim beyaz lif gömleğine sahip sütçü ineklerin, siyah renkli olanlara göre üreme ve süt verimi özelliklerinin solar radyasyonun oluşturduğu sıcaklık stresinin olumsuz etkilerinden daha düşük düzeylerde etkilendikleri bildiren araştırma sonuçları bulunmaktadır. Bu çalışmada solar radyasyon ile gebelik başına tohumlama sayısı arasında önemsiz de olsa pozitif bir korelasyon (0.000082 ± 0.000076) tahmin edilmiş olup, 2018, 2019, 2020 yıllarında solar radyasyon giderek bir artış göstererek, $>SNİ$ değerlerinin çok yüksek oranda olduğu temmuz ayında maksimuma ulaşmıştır (Şekil 4.5).

Çizelge 4.4 SNI' nin gebelik başına tohumlama sayısı üzerindeki etkisi

GEBELİK BAŞINA TOHURLAMA SAYISI																
İrk	Faktör	n	SNI ≤ 68	Min.	Maks.	CV%	n	68<SNI≤72	Min.	Maks.	CV%	n	72<SNI	Min.	Maks.	CV%
Simmental	2018	422	2.87±0.342 ^{1ax}	1.00	9.00	64.18	446	2.69±0.365 ^{1ax}	1.00	9.00	63.79	26	2.78±1.002 ^{1ax}	1.00	6.00	63.73
	2019	431	2.90±0.257 ^{1ax}	1.00	9.00	64.11	377	2.87±0.273 ^{1ax}	1.00	9.00	63.15	105	2.65±0.687 ^{1ax}	1.00	9.00	55.43
	2020	351	2.89±0.335 ^{1ax}	1.00	9.00	64.39	269	2.99±0.351 ^{1ax}	1.00	9.00	60.81	97	3.28±0.880 ^{1ax}	1.00	7.00	54.40
Esmer	2018	887	3.14±0.360 ^{1ax}	1.00	9.00	63.36	904	2.97±0.381 ^{1ax}	1.00	9.00	63.99	83	3.70±0.943 ^{1ax}	1.00	9.00	55.25
	2019	699	3.05±0.309 ^{1ax}	1.00	9.00	60.77	631	3.00±0.320 ^{1ax}	1.00	9.00	58.76	198	3.43±0.656 ^{1ax}	1.00	9.00	53.32
	2020	511	3.06±0.334 ^{1ax}	1.00	9.00	62.72	382	3.05±0.334 ^{1ax}	1.00	9.00	57.87	118	1.85±0.995 ^{1ax}	1.00	9.00	57.12
Simmental	1.Laksır	678	3.11±0.339 ^{1ax}	1.00	9.00	66.06	662	3.11±0.364 ^{1ax}	1.00	9.00	64.29	97	1.87±1.246 ^{1ax}	1.00	9.00	64.62
	2.Laksır	402	2.86±0.235 ^{1ax}	1.00	9.00	65.79	333	2.78±0.240 ^{1ax}	1.00	9.00	63.48	94	3.80±0.544 ^{1ax}	1.00	9.00	52.83
	3.Laksır	124	2.69±0.362 ^{1ax}	1.00	9.00	63.98	97	2.66±0.380 ^{1ax}	1.00	9.00	61.25	37	3.05±0.678 ^{1ax}	1.00	7.00	54.88
Esmer	1.Laksır	1224	3.32±0.361 ^{1ax}	1.00	9.00	62.54	1196	3.23±0.374 ^{1ax}	1.00	9.00	62.15	194	2.31±0.842 ^{1ax}	1.00	9.00	56.68
	2.Laksır	685	3.06±0.244 ^{1ax}	1.00	9.00	64.05	592	2.85±0.249 ^{1ax}	1.00	9.00	61.32	164	2.55±0.452 ^{1ax}	1.00	9.00	55.57
	3.Laksır	188	2.88±0.423 ^{1ax}	1.00	8.00	64.85	129	2.94±0.447 ^{1ax}	1.00	8.00	57.96	41	4.11±1.240 ^{1ax}	1.00	8.00	56.48
İlk Buzağılama Yaşı: -0.00244±0.00074** / Rüzgar Hızı: 0.0271±0.0364 / Buzağılama Aralığı: -0.00025±0.00055 / Basınç: 0.6085±1.1981/ LAKSUR: 0.00105±0.00035** Solar Radyasyon: 0.000082±0.000076 / R-Square:0.0702/ a-b-c-d: düzey sınıflandırma , x-y: düzey sınıflandırma, 1-2-3-4 : yatay sınıflandırma *Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05) **Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.01)																

4.2.2 SNİ'nin buzağılama aralığı üzerindeki etkisi

Bu araştırmada Gözlü Tarım İşletmesi'nde yetiştirilmekte olan Simmental ve Esmer sığır ırkında SNİ'nin buzağılama aralığı üzerindeki etkisine ait bulgular Çizelge 4.5 de verilmiştir.

Analizlerde yıl faktörünün etkisi yıllar arası ve içi düzeyinde değerlendirilmiştir. Buna göre; 2018, 2019, 2020 yılları içinde Simmental ve Esmer sığır ırkının buzağılama aralığı; ≤ 68 , $68 < \text{SNİ} \leq 72$ ve $72 < \text{SNİ}$ sınıfında sırasıyla 2018 yılı için 396, 394, 420 gün ve 460, 459, 438 gün; 2019 yılı için 415, 405, 466 gün ve 445, 438, 414 gün; 2020 yılı için 508, 494, 520 gün ve 528, 520, 526 gün olarak gerçekleşmiştir. Ortalamalar arasındaki farkların genel olarak önemsiz olmasına rağmen bu bulgulara göre; Simmental sığır ırkında her yıl için ortalama buzağılama arası süreye ait en yüksek değerler 3 SNİ sınıfında da 2020 yılında elde edilmiş ancak en yüksek düzeyde $72 < \text{SNİ}$ sınıfında gerçekleşmiştir. Buna göre ≤ 68 SNİ sınıfında Simmental sığır ırkının iki buzağılama arası süre özelliğinin soğuk stresinden de etkilendiğini söylemek mümkündür.

Buna karşın, Esmer sığır ırkında ortalama buzağılama aralığı 3 SNİ sınıfında da en yüksek düzeyde yalnızca 2020'de görülmüştür ve bu değer aynı yıl için Simmental sığır ırkının değerlerinden daha yüksektir (3 SNİ sınıfında Simmental ve Esmer sığır ırkı için sırasıyla 508 gün ve 528 gün; 494 gün ve 520 gün; 520 gün ve 526 gün). Bu durumun; diğer çevresel faktörlerin, model gereği sabit tutulduğu dikkate alındığında, < 68 SNİ sınıfında oluşan soğuk ve özellikle de > 72 SNİ sınıfında oluşan sıcaklık stresinin, Simmental sığır ırkına göre, Esmer sığır ırkının buzağılama arası süre özelliğini çok daha olumsuz etkilemesinden kaynaklandığı ileri sürülebilir.

Her iki ırk için yıllar arasında yapılan karşılaştırmalara göre; 3 SNİ sınıfında da buzağılama aralığı en uzun olarak 2020'de gerçekleşmiştir. Bu durumu ise; 2020 yılında gerçekleşen > 72 SNİ değerlerinin toplam oranının (%16.13), 2018 yılına (%38.48) göre daha düşük olmasına rağmen 2018 ve 2019 yılına göre 2020 yılında gerçekleşen solar

radyasyon düzeylerinin daha yüksek ve rüzgar hızı değerlerinin daha düşük olması ile açıklamak mümkündür (Şekil 4.1,2,3,4 ve Çizelge 4.1,2,3).

Elde edilen bulgulara göre: $72 < SNİ$ sınıfında her iki sığır ırkında da sıcaklık stresinin, buzağılama arası süre üzerinde olumsuz etki göstererek uzamasına neden olduğu kabul edilebilir. Özellikle 2020’de her iki sığır ırkı için 3 SNİ sınıfında da buzağılama aralığının çok daha uzaması, yukarıda da bildirildiği gibi, esas olarak bu yıldaki sıcaklık ve solar radyasyondaki artışlarla birlikte rüzgar hızındaki düşüşlere bağlanabilir. Simmental sığır ırkı ile karşılaştırıldığında Esmer sığır ırkında, esas olarak 2020’de gerçekleşmekle birlikte, 3 yılda ve 3 SNİ sınıfında da buzağılama aralığının çok daha uzun belirlenmesi; Simmental sığır ırkına göre Esmer sığır ırkının sıcaklık stresinin etkilerinden daha fazla etkilendiği görüşü ile açıklanabilir. Ancak Çizelge 4.1, 4.2, 4.3’den de görülebileceği gibi 2018, 2019, 2020 yıllarında $68 < SNİ \leq 72$ sınıfında gerçekleşen SNİ değerlerinin toplam oranının >72 SNİ sınıfında gerçekleşen SNİ değerlerinin toplam oranından çok daha yüksek olduğu göz önüne alındığında Simmental ve Esmer sığır ırkı üzerinde $68 < SNİ \leq 72$ sınıfı değerlerinin de stres oluşturduğu bir gerçektir. Nitekim dünyada farklı iklim ve coğrafi koşullarda ve yönetim uygulamaları altında yetiştirilen farklı sığır ırklarında üreme ve süt verimi özelliklerinin, $72 < SNİ$ değerlerinden daha çok ≤ 68 ve $68 < SNİ \leq 72$ değerlerinden olumsuz etkilendiklerini bildiren çok sayıda araştırma sonucu da bulunmaktadır (Bouraoui vd 2002; Zimbelman vd. 2009; Collier vd. 2011). Bu çalışmada $72 < SNİ$ sınıfında elde edilen bu bulgular bu alanda yapılan araştırma bulguları ile tam uyum halindedir. Nitekim birçok araştırmacı (Gwazdauskas 1985; Jonsson vd. 1997, Wolfenson vd. 2000, Hansen vd. 2001; Zewdu vd. 2014) sütçü sığır ırklarında aralarında farklılıklar olmakla birlikte $72 < SNİ$ değerlerinde oluşan sıcaklık stresine bağlı olarak iki buzağılama arasındaki sürenin uzadığını bildirmişlerdir.

Laktasyon sırası düzeyinde iki sığır ırkının buzağılama arası sürelerinin 3 SNİ sınıfında gösterdiği değişimlere ait bulgular Çizelge 4.5’de yer almaktadır. Buna göre: Simmental sığır ırkında 1., 2., 3. laktasyon arasında yapılan karşılaştırmalara göre aralarındaki farklılıklar önemli olmamakla ($p > 0,05$) birlikte özellikle 1. ve 3. laktasyon sırası içinde buzağılamalar arası süre $72 < SNİ$ sınıfında, diğer 2 SNİ sınıfına göre daha uzun

gerçekleşmiştir. Bu durumu; SS'nin bu sığır ırkı üzerindeki olumsuz etkisi ile açıklamak mümkündür. Esmer sığır ırkında ise 1., 2., 3. laktasyon sırası içinde buzağılama süresindeki artışlar en yüksek düzeyde esas olarak ≤ 68 ve $68 < \text{SNİ} \leq 72$ sınıfında ortaya çıkmıştır. Bu sonucu esas olarak iki sığır ırkı arasındaki genetik ve dolayısıyla fizyolojik uyum bakımından farklılıklarla birlikte laktasyon sıraları içinde etkiye sahip diğer çevresel faktörlerin (serinletme uygulamaları, hastalık, sığırların ahır içinde ve padokta bulunma konumları, durak tipi, sağım zamanı vb.) farklı etkileri ile açıklamak mümkündür. Sütçü sığırlarda süt veriminin artmasına bağlı olarak üreme ve süt verim özelliklerinin SS'den genellikle olumsuz etkilendiklerinin bildirilmesine (West 2002) karşın bu araştırmada her iki sığır ırkında da laktasyon sırasının artmasının, dolayısıyla süt veriminin artmasının iki buzağılama arası süre üzerinde bu yönde bir etkisi ortaya çıkmamıştır.

Sığır ırkı, laktasyon sırası ve SNİ sınıflarının etkileri dikkate alınarak yapılan hesaplamalarda ortalama iki buzağılama arası süre ile ilk buzağılama yaşı arasında 0.0677 ± 0.0380 , gebelik başına tohumlama sayısı arasında -0.661 ± 1.424 , laktasyon süresi arasında 0.167 ± 0.017 ($p < 0,01$), solar radyasyon arasında 0.00029 ± 0.00387 , rüzgar hızı arasında 1.143 ± 1.852 , basınç arasında 24.651 ± 60.981 düzeyinde ilişki belirlenmiştir.

BUZAĞILAMA ARALIĞI

BUZAĞILAMA ARALIĞI																
İrk	Faktör	n	SNI ≤ 68	Min.	Maks.	CV %	n	68<SNI≤72	Min.	Maks.	CV %	n	72<SNI	Min.	Maks.	CV %
Simmental	2018	497	396.01±17.327 1ax	321.00	728.00	22.99	526	394.94±18.496 1abx	321.00	728.00	22.71	33	420.29±50.96 91ax	321.00	721.00	28.71
	2019	454	415.28±13.017 1ax	322.00	723.00	20.33	388	405.84±13.820 1ax	322.00	723.00	19.93	124	466.99±34.98 61ax	325.00	709.00	21.11
	2020	312	508.08±16.988 1bx	322.00	723.00	22.00	201	494.46±17.868 1bx	322.00	719.00	21.55	65	520.54±44.74 81ax	322.00	719.00	23.79
Esmer	2018	959	460.94±18.339 1abx	322.00	729.00	22.75	996	459.09±19.411 1abx	322.00	729.00	22.80	82	438.32±48.02 31ax	328.00	713.00	21.13
	2019	690	445.44±15.710 1ax	322.00	727.00	20.66	602	438.37±16.265 1ax	328.00	727.00	20.56	177	414.71±33.35 11ax	322.00	715.00	17.97
	2020	440	528.00±16.923 1bx	328.00	728.00	20.97	274	520.09±16.904 1bx	328.00	728.00	20.53	85	526.88±50.61 61ax	328.00	727.00	20.56
Simmental	1.Laksır	641	496.44±17.252 1ax	321.00	728.00	22.27	653	485.94±18.512 1ax	321.00	728.00	22.12	83	594.79±63.34 01ax	321.00	721.00	24.14
	2.Laksır	470	453.06±11.962 1ax	322.00	723.00	21.52	362	450.74±12.192 1ax	322.00	723.00	21.65	100	445.16±27.72 91ax	325.00	719.00	22.35
	3.Laksır	152	369.87±18.254 1bx	322.00	723.00	21.46	100	358.56±19.106 1bx	322.00	714.00	17.15	39	367.88±34.42 91ax	322.00	714.00	20.99
Esmer	1.Laksır	1073	518.48±18.302 1ax	322.00	728.00	22.62	1103	520.63±18.972 1ax	322.00	729.00	22.61	112	519.12±42.85 21ax	328.00	715.00	20.79
	2.Laksır	784	481.89±12.394 1ax	322.00	729.00	21.34	632	484.57±12.659 1ax	328.00	729.00	21.37	186	476.82±23.03 21ax	322.00	727.00	19.19
	3.Laksır	232	434.01±21.512 1ax	328.00	691.00	19.68	137	412.35±22.709 1ax	331.00	685.00	17.96	46	383.98±63.07 61ax	335.00	657.00	17.73

İlk Buzağılama Yaşı: 0.0677±0.0380 / Rüzgar Hızı: 1.143±1.852 / Gebelik Başına Tohumlama Sayısı: -0.661±1.424 / Basınç: 24.651±60.981 / Laksur: 0.167±0.017**

/ Solar Radyasyon: 0.00029±0.00387 R-Square:0.213/ a-b-c-d: düşey sınıflandırma, x-y-z: düşey sınıflandırma 1-2-3-4: yatay sınıflandırma

*Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05) **Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.01)

4.3 SNİ'nin Süt Verimi Üzerindeki Etkileri

Bu Bölümde Gözlu Tarım İşletmesinde yetiştirilen Simmental ve Esmer sığır ırklarında SNİ'nin laktasyon süt verimi, laktasyon ortalama süt verimi, laktasyon süresi ve kuruda kalma süresi üzerindeki etkilerine ait bulgular verilmiştir.

4.3.1 SNİ'nin laktasyon süt verimi üzerindeki etkisi

Çizelge' 4.6'dan görülebileceği gibi Gözlu Tarım İşletmesi'nde yetiştirilen Simmental ve Esmer sığır ırkının 2018, 2019, 2020 yılları içinde ve arasında <68 SNİ, $68 < \text{SNİ} \leq 72$ ve $72 < \text{SNİ}$ sınıfında gerçekleşen toplam laktasyon süt verimleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık ortaya çıkmamıştır ($p > 0,05$). Her iki sığır ırkında da 2018-2020 yılları arasında ve her yıl içinde 3 SNİ sınıfında da laktasyon süt verimi genel olarak artış göstermiştir. Buna karşın 2019 yılında Simmental sığır ırkının laktasyon süt veriminde $68 < \text{SNİ} \leq 72$ sınıfında gerçekleşen süt miktarı (6836.01 kg) ile <68 SNİ ve $72 < \text{SNİ}$ sınıfında gerçekleşen süt miktarları (sırasıyla 6565.86 kg ve 5716.30 kg) arasında ortaya çıkan azalışlar (sırasıyla 271 kg ve 1120 kg) dikkate alındığında, işletme toplamında önemli kayıpların ortaya çıktığı söylenebilir. Simmental sığır ırkının laktasyon süt veriminde, <68 SNİ ve $72 < \text{SNİ}$ sınıfında ortaya çıkan azalışların; sırasıyla <68 SNİ sınıfında soğuk ve $72 < \text{SNİ}$ sınıfında da sıcak stresinden kaynaklandığı kabul edilebilir. 2019 yılında Simmental sığır ırkı için ortaya çıkan bu durum, Esmer sığır ırkı için çıkmamıştır. Bu durumun 2019 yılında Esmer sığır ırkının laktasyon süt verimini etkileyen ve bu çalışmada analiz modeline dahil edilmeyen başta serinletme uygulamalarından fizyolojik olarak daha iyi yararlanma olmak üzere çevresel faktörlerin (yaş, doğum sayısı, hastalık, ahır içinde ve padokta sığırın konumu, durak tipi vb.) etkilerin ileri geldiği söylenebilir. 2019 yılı için Simmental sığır ırkı için elde edilen bu bulgular, kaynak bildirişileri ile uyum halindedir. Nitekim Zimbelman vd. (2009) ve Collier vd. (2011); ineklerde SNİ değerinin, <65 altındaki SNİ değerlerinde de süt üretiminde azalmanın başladığını bildirmişlerdir. Yine McDowell vd. (1976), Igono vd. (1992)/West (2003), Msechui vd. (1995), Ravagnolo ve Misztal (2002), Keister vd. (2002), Bouraoui vd. (2002), Gaughan vd. (2008), Vaidya vd. (2012), Thornton vd. (2015) gibi birçok araştırmacı; sütçü sığır ırklarında SNİ değerinin 72'yi

geçmesi durumunda süt veriminde azalmanın başladığı ve azalmanın esas olarak yem ve KM tüketimindeki düşüşten kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Çizelge'den 4.6'dan görülebileceği gibi Gözlü Tarım İşletmesi'nde yetiştirilen Simmental ve Esmer sığır ırkının, 1.2. ve 3. laktasyon sırası içinde ve arasında $<68 \text{ SNİ}$, $68 < \text{SNİ} \leq 72$ ve $72 < \text{SNİ}$ sınıfında gerçekleşen toplam laktasyon süt verimleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık hesaplanmamıştır ($p > 0,05$). Bununla birlikte her iki sığır ırkının toplam laktasyon süt verimleri 1 ve 3. laktasyon arasında 3 SNİ sınıfında da artışlar göstermiştir. Ancak Simmental sığır ırkının 1. 2. ve 3. laktasyondaki toplam süt verimleri, $68 < \text{SNİ} \leq 72$ sınıfında artış gösterirken $72 < \text{SNİ}$ sınıfında azalış göstermiştir. Nitekim 1. 2. ve 3. laktasyonda $68 < \text{SNİ} \leq 72$ sınıfında sırasıyla 5674.41 kg, 7424.77 kg, 7720.17 olan toplam laktasyon süt verimleri $72 < \text{SNİ}$ sınıfında sırasıyla 5076.68 kg, 7315.66 kg, 7422.24 kg'a düşmüştür. Bu üç laktasyon sırası için $72 < \text{SNİ}$ sınıfında ortaya çıkan süt kaybı sırasıyla yaklaşık 598 kg, 109 kg ve 298 kg'dır. Buna karşın Simmental sığır ırkında görülen bu durum, Esmer sığır ırkında yalnızca 1. laktasyonda görülmüş ve laktasyon süt verimi $68 < \text{SNİ} \leq 72$ sınıfında artış gösterirken $72 < \text{SNİ}$ sınıfında azalış göstermiştir. 2. ve 3. laktasyonda ise $68 < \text{SNİ} \leq 72$ ve $72 < \text{SNİ}$ sınıfının her ikisinde de laktasyon süt veriminde artış gerçekleşmiştir.

Sığır ırkı, laktasyon sırası ve SNİ sınıflarının etkileri dikkate alınarak yapılan hesaplamalarda toplam laktasyon süt verimi ile ilk buzağılama yaşı arasında 1.220 ± 0.716 , buzağılama aralığı arasında -1.345 ± 0.556 ($p < 0,05$), laktasyon süresi arasında 18.930 ± 0.374 ($p < 0,01$), kuru dönem arasında -0.353 ± 3.267 , rüzgar hızı arasında -90.652 ± 35.204 ($p < 0,05$), solar radyasyon arasında 0.0155 ± 0.0754 ve basınç arasında -426.64 ± 1184.60 düzeyinde ilişki belirlenmiştir.

Çizelge 4.6 SNI'nin laktasyon süt verimi üzerindeki etkisi

LAKTASYON SÜT VERİMİ																
İrk	Faktör	n	SNI ≤ 68	Min.	Maks.	CV %	n	68<SNI≤72	Min.	Maks.	CV %	n	72<SNI	Min.	Maks.	CV %
Simmental	2018	209	6653.37±314.9 26 ^{1ax}	1352. 20	15186. 70	61.7 8	19 9	6797.75±339.1 88 ^{1ax}	1352. 20	15186. 70	62.1 8	1 4	6865.36±778.3 22 ^{1ax}	3266. 70	15186. 70	40.5 3
	2019	162	6565.86±249.7 63 ^{1ax}	1607. 90	18612. 40	41.3 4	14 6	6836.01±260.6 04 ^{1ax}	1607. 90	18612. 40	37.9 2	4 3	5716.30±486.4 09 ^{1ax}	2060. 80	18612. 40	40.4 8
	2020	88	6962.09±328.6 11 ^{1ax}	1406. 00	10638. 70	40.5 3	77	7185.59±341.5 91 ^{1ax}	1406. 00	10638. 70	35.0 3	3 1	7232.93±704.2 95 ^{1ax}	3613. 60	10638. 70	26.4 5
Esmer	2018	270	6662.99±340.7 83 ^{1ax}	1362. 00	19584. 50	62.7 0	25 9	6794.34±361.9 32 ^{1ax}	1362. 00	19584. 50	62.7 5	1 8	6916.56±816.1 73 ^{1ax}	2338. 10	12751. 40	32.6 9
	2019	145	7485.04±304.6 02 ^{1ax}	1466. 50	17960. 50	44.0 1	13 0	7775.81±316.6 45 ^{1ax}	2211. 30	17960. 50	40.9 3	4 4	7896.99±553.5 92 ^{1ax}	2836. 90	16471. 70	33.7 6
	2020	86	7280.50±346.4 99 ^{1ax}	1427. 70	11276. 00	42.4 7	74	7533.78±348.7 64 ^{1ax}	1427. 70	11276. 00	37.6 0	1 7	8155.57±892.8 69 ^{1ax}	2628. 40	9635.7 0	32.4 7
Simmental	1.Lak sır	226	5585.79±321.3 81 ^{1ax}	1352. 20	15755. 00	60.7 2	21 6	5674.41±333.3 13 ^{1ax}	1352. 20	15755. 00	60.5 1	2 2	5076.68±762.8 99 ^{1ax}	2060. 80	15186. 70	41.9 5
	2.Lak sır	175	7215.92±218.5 98 ^{1bx}	1406. 00	18612. 40	41.1 7	15 7	7424.77±223.9 64 ^{1bx}	1406. 00	18612. 40	38.1 3	4 2	7315.66±438.3 52 ^{1ax}	2077. 90	18612. 40	36.4 4
	3.Lak sır	58	7379.61±347.0 32 ^{1abx}	1854. 70	10638. 70	40.6 0	49	7720.17±368.4 26 ^{1bx}	2384. 50	10638. 70	33.8 7	2 4	7422.24±567.0 19 ^{1ax}	2594. 30	10638. 70	29.6 0
Esmer	1.Lak sır	272	6364.98±389.5 10 ^{1ax}	1362. 00	19584. 50	61.0 4	26 2	6543.50±414.4 27 ^{1ax}	1362. 00	19584. 50	60.7 4	2 1	6352.47±824.4 88 ^{1ax}	2338. 10	12751. 40	33.8 8
	2.Lak sır	189	7601.86±227.3 75 ^{1ax}	1427. 70	18376. 80	48.7 1	16 9	7706.52±233.4 63 ^{1ax}	1427. 70	18376. 80	45.9 9	5 3	7901.42±429.1 08 ^{1ax}	2628. 40	16471. 70	38.8 0
	3.Laks ır	40	7461.69±412.577 1ax	1893.8 0	9801.70	40.9 7	32	7853.92±429.98 8 ^{1ax}	1985.3 0	9801.70	34.2 2	5	8715.22±1015.4 57 ^{1ax}	7402.1 0	9476.20	10.5 0
İlk Buzağılama Yaşı: 1.220±0.716 / RüzgarHızı: -90.652±35.204* / Buzağılama Aralığı: -1.345±0.556* / Basınç: -426.64±1184.60/ Kuru Dönem: -0.353±3.267 / Solar Radyasyon: -0.0155±0.0754 / Laksur:18.930±0.374**/ R-Square:0.748/ a-b-c-d : düşey sınıflandırma , x-y: düşey sınıflandırma/ 1-2-3-4 : yatay sınıflandırma *Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05) **Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.01)																

4.3.2 SNİ'nin günlük ortalama süt verimi üzerindeki etkisi

Bu araştırmada Gözlü Tarım İşletmesi'nde yetiştirilmekte olan Simmental ve Esmer sığır ırklarında SNİ'nin günlük ortalama süt verimi üzerindeki etkilerine ait analiz bulguları Çizelge 4.7'de verilmiştir.

2018, 2019, 2020 yılı içinde yapılan karşılaştırmalara göre; 2018'de Simmental sığır ırkının günlük ortalama süt verimi bakımından <68 SNİ, $68<SNİ\leq 72$ ve $72<SNİ$ sınıfı arasında önemli bir farklılık yoktur ($p>0,05$). Ancak $72<SNİ$ sınıfında gerçekleşen azalışın ciddi olduğu kabul edilebilir. Nitekim $68<SNİ\leq 72$ sınıfında 22.78 kg olan ortalama süt verimi $72<SNİ$ sınıfında 20.64 kg'a düşmüş ve 2.14 kg düzeyinde bir azalma gerçekleşmiştir. 2018 yılında Esmer sığır ırkında da benzer bulgular elde edilmiştir. Bu sığır ırkında $68<SNİ\leq 72$ sınıfında 24.51 kg olan ortalama süt verimi $72<SNİ$ sınıfında 21.84 kg'a düşmüş ve 2.64 kg düzeyinde bir azalış ortaya çıkmıştır. Görüldüğü gibi Esmer sığır ırkındaki azalış Simmental sığır ırkına göre 0.5 kg daha yüksektir.

2019'da Simmental sığır ırkının günlük ortalama süt verimi, <68 SNİ' den, $68<SNİ\leq 72$ 'ye geçişte önemli ($p<0,05$) bir artış gösterirken ≤ 72 sınıfında önemli bir azalış ortaya çıkmıştır ($p<0,05$). Nitekim $68<SNİ\leq 72$ sınıfında 25.13 kg olan ortalama süt verimi, <72 SNİ sınıfında 22.94 kg gerileyerek yaklaşık 2.19 kg düzeyinde olan çok önemli bir kayıp gerçekleşmiştir. 2019 yılında Esmer sığır ırkında da, Simmental sığır ırkına benzer olarak ortalama süt verimi, <68 SNİ'den $68<SNİ\leq 72$ 'ye geçişte önemli ($p<0,05$) bir artış gösterirken ≤ 72 sınıfında önemli bir azalış yaşanmıştır ($p<0,05$). Nitekim $68<SNİ\leq 72$ sınıfında 26.52 kg olan günlük ortalama süt verimi, <72 sınıfında 23.45 kg'a düşmüştür. Bu sığır ırkında <72 SNİ sınıfında gerçekleşen süt kaybı ortalama 3.07 kg olup, aynı yıl Simmental sığır ırkında <72 SNİ sınıfında gerçekleşen süt kaybından (2.19 kg) yaklaşık 0.88 kg daha yüksektir.

2020'de Simmental sığır ırkının günlük ortalama süt verimi, <68 SNİ' den $68<SNİ\leq 72$ 'ye geçişte önemli ($p<0,05$) bir artış gösterirken <72 SNİ sınıfında düşük düzeyde ve önemli olmayan ($p>0,05$) bir artış gerçekleşmiştir. Esmer sığır ırkında ise günlük ortalama süt

veriminde, <68 SNİ' den $68<SNİ\leq 72$ 'ye geçişte önemli ($p<0,05$) bir artış var iken ≤ 72 sınıfında önemli olmayan ($p>0,05$) bir düşüş görülmüştür.

Yıllar arasında yapılan karşılaştırmalara göre ise; Simmental ve Esmer sığır ırkının her ikisinin günlük ortalama süt veriminde $68<SNİ$ sınıfında 2018-2019 arasında önemsiz, 2019- 2020 arasında önemli ($p<0,05$) bir artış söz konusudur. $68<SNİ\leq 72$ sınıfında Simmental sığır ırkının günlük ortalama süt veriminde 2018-2019 arasında önemli ($p<0,05$) ve 2019-2020 arasında önemsiz bir artış gerçekleşirken, Esmer sığır ırkının ortalama süt veriminde önemli ($p<0,05$) artış yaşanmıştır. <72 SNİ sınıfında ise Simmental sığır ırkının günlük ortalama süt veriminde 2018-2019 arasında önemsiz ve 2018-2020 arasında önemli ($p<0,05$) artış gerçekleşirken, Esmer sığır ırkının günlük ortalama süt veriminde 2018-2020 arasında önemsiz de olsa artış gerçekleşmiştir.

Bu bulgular toplu olarak değerlendirildiğinde 2018, 2019, 2020 yıllarında Simmental ve Esmer sığır ırkının günlük ortalama süt verimlerinde, istatistiksel olarak önemli olmamasına rağmen, >72 SNİ sınıfında ciddi azalışlar görülmüştür ve azalışın düzeyi Esmer sığır ırkında daha yüksektir. Bu bulgular, McDowell vd. (1976), Igono vd. (1992), Msechui vd. (1995), Ravagnolo ve Misztal (2002), Keister vd. (2002), Bouraoui vd. (2002), West (2003), Gaughan vd. (2008), Vaidya vd. (2012), Thornton vd. (2015) tarafından bildirilen bulgular ile uyum halindedir.

Laktasyon sırası bakımından yapılan analizler laktasyon sırası içi ve arası düzeyinde gerçekleştirilmiştir. 1. laktasyon sırası içinde 3 SNİ sınıfında Simmental ve Esmer sığır ırkının ortalama süt verimleri sırasıyla 21.09 kg; 21.82 kg; 23.04 kg ($P>0,05$) ve 21.81 kg; 22.59 kg; 19.67 kg ($p<0,05$) şeklinde gerçekleşmiştir. Görüldüğü gibi her iki sığır ırkında da laktasyon süt veriminde $68<SNİ\leq 72$ sınıfında artış, söz konusudur. Buna karşın <72 SNİ sınıfında Simmental sığır ırkında artış, Esmer sığır ırkında ise çok önemli düzeyde (2.92 kg) azalış söz konusudur. 2. laktasyon sırası içinde 3 SNİ sınıfında Simmental ve Esmer sığır ırkının ortalama süt verimleri sırasıyla 24.23 kg; 26.05; 24.29 kg ($p>0,05$) ve 26.26 kg; 27.63 kg; 24.77 kg ($p<0,05$) şeklinde gerçekleşmiştir. 2. laktasyon sırası içinde de her iki sığır ırkının ortalama süt veriminde $68<SNİ\leq 72$ sınıfında artış, <72 SNİ sınıfında ise azalış söz konusudur. Bununla birlikte, $68<SNİ\leq 72$ sınıfında Esmer sığır ırkının ortalama süt

verimindeki artış miktarı, Simmental sığır ırkına göre daha düşük iken, <72 SNİ sınıfındaki azalış miktarı daha yüksektir (Esmer ve Simmental ırkı için sırasıyla 1.37 kg; 1.82 kg ve 2.88 kg; 1.76 kg). Bu durumu; Esmer sığır ırkının, yüksek SNİ'den Simmental sığır ırkına göre daha olumsuz etkilendiği görüşü ile açıklanabilir. 3. laktasyon sırası içinde 3 SNİ sınıfında Simmental ve Esmer sığır ırkının ortalama süt verimleri sırasıyla 25.62 kg; 27.13 kg; 24.43 kg ($p>0.05$) ve 27.10 kg; 29.31 kg; 28.21 kg ($p<0.05$) şeklinde gerçekleşmiştir. Her iki ırkın ortalama süt verimi de $68<SNİ\leq 72$ sınıfında artış gösterirken, <72 SNİ sınıfında azalış göstermiştir. Ancak 2. laktasyon sırasının aksine 3. laktasyon sırası içinde $68<SNİ\leq 72$ sınıfında Simmental sığır ırkının ortalama süt miktarındaki artış Esmer sığır ırkına göre daha düşük düzeyde gerçekleşirken sırasıyla (1.51 kg ve 2.21 kg), <72 SNİ sınıfındaki azalış daha yüksek gerçekleşmiştir sırasıyla (2.7 kg ve 1.1 kg).

Bu bulgular toplu olarak değerlendirildiğinde şunları söylemek mümkündür; 1. laktasyonda; >72 SNİ sınıfında Simmental sığır ırkının günlük ortalama süt veriminde artış meydana gelirken, Esmer sığır ırkında azalış gerçekleşmiştir. 2. laktasyonda; >72 SNİ sınıfında her iki sığır ırkında da azalış gerçekleşmiş ancak Esmer sığır ırkındaki azalış, Simmental sığır ırkına göre daha yüksek düzeyde olmuştur. 3. laktasyonda ise; >72 SNİ sınıfında her iki ırkta da azalış gerçekleşmiş ancak Simmental sığır ırkındaki azalış Esmer sığır ırkına göre daha yüksek olmuştur. Ancak >72 SNİ sınıfında Simmental sığır ırkında 2. ve 3. laktasyonda ve Esmer sığır ırkında da 1. 2. 3. laktasyonda ortalama süt verimlerinde azalışlar gerçekleşmiştir ve bu durumun; laktasyon sırasındaki artışa bağlı olarak artan süt verimine bağlı olarak özellikle süt verimi yüksek olan ineklerin sıcaklık stresinden daha olumsuz etkilenmelerinden kaynaklandığı ileri sürülebilir. Nitekim laktasyon sırasının artmasına bağlı olarak süt veriminin arttığı ve yüksek süt verimine sahip hayvanların/ırkların, >72 SNİ değerlerinden daha olumsuz etkilendiklerini bildiren araştırma sonuçları bulunmaktadır West (2002), Sığır ırkı, laktasyon sırası ve SNİ sınıflarının etkileri dikkate alınarak yapılan hesaplamalarda ortalama laktasyon süt verimi ile ilk buzağılama yaşı arasında 0.00325 ± 0.00043 ($p<0.01$), buzağılama aralığı arasında -0.00059 ± 0.00037 , kuru dönem arasında -0.0069 ± 0.0026 ($p<0.01$), rüzgar hızı arasında -0.0165 ± 0.0099 , solar radyasyon arasında -0.000025 ± 0.000029 , basınç arasında 0.228 ± 0.351 , DIM arasında -0.0212 ± 0.00030 ($p<0.01$) düzeyinde ilişki belirlenmiştir.

Çizelge 4.7 SNİ'nin günlük ortalama süt verimi üzerindeki etkisine ait bulgular

GÜNLÜK ORTALAMA SÜT VERİMİ																
İrk	Faktör	n	SNİ ≤ 68	Min	Maks	CV %	n	68<SNİ≤72	Min	Maks	CV %	n	72<SNİ	Min	Maks	CV %
Simmental	2018	6713	22.85±0.185 ^{1a} _x	4.04	48.90	44.70	2343	22.78±0.544 ^{1a} _x	4.03	46.12	44.74	37	20.64±1.821 ^{1ab} _x	6.00	37.37	37.67
	2019	11346	22.89±0.123 ^{1a} _x	4.10	49.50	37.50	1264	25.13±0.386 ^{2b} _x	4.10	48.20	35.78	199	22.94±1.441 ^{12a} _x	4.60	39.70	36.75
	2020	4218	25.20±0.179 ^{1b} _x	4.10	48.40	34.64	697	27.09±0.473 ^{2b} _x	5.10	46.40	30.88	114	28.18±1.680 ^{12b} _x	7.50	45.20	32.32
Esmer	2018	17431	24.67±0.140 ^{1a} _y	4.10	49.80	38.31	5243	24.51±0.417 ^{1a} _x	4.02	49.95	42.35	106	21.84±1.633 ^{1ax}	4.30	37.91	32.27
	2019	20142	24.44±0.099 ^{1a} _y	4.10	49.80	35.25	2386	26.52±0.295 ^{2b} _x	4.10	49.70	34.01	297	23.45±1.340 ^{12a} _x	4.10	47.30	32.63
	2020	6049	26.06±0.150 ^{1b} _y	4.10	49.70	33.51	1080	28.52±0.390 ^{2c} _x	4.90	49.40	28.75	134	27.37±1.617 ^{12a} _x	8.70	49.20	28.20
Simmental	1.Laksır	12540	21.09±0.136 ^{1a} _x	4.04	48.90	39.04	3120	21.82±0.431 ^{1a} _x	4.03	47.90	41.99	164	23.04±1.350 ^{1ax}	5.30	37.80	34.29
	2.Laksır	8167	24.23±0.115 ^{1b} _x	4.10	49.50	38.13	995	26.05±0.365 ^{2b} _x	4.10	48.20	33.76	139	24.29±1.283 ^{12a} _x	4.60	42.40	38.62
	3.Laksır	1570	25.62±0.239 ^{1c} _x	4.20	48.40	34.82	275	27.13±0.625 ^{1b} _x	6.60	46.40	29.40	47	24.43±1.700 ^{1ax}	8.30	45.20	35.98
Esmer	1.Laksır	25174	21.81±0.113 ^{1a} _y	4.10	49.80	35.37	6411	22.59±0.343 ^{1a} _x	4.02	49.95	40.12	258	19.67±1.376 ^{1ax}	4.30	37.91	29.26
	2.Laksır	16156	26.26±0.087 ^{1b} _y	4.10	49.80	35.31	1920	27.63±0.279 ^{2b} _y	4.10	49.70	33.14	228	24.77±1.280 ^{12b} _x	4.10	47.30	33.87
	3.Laksır	2292	27.10±0.201 ^{1c} _y	4.20	49.70	31.40	378	29.31±0.515 ^{2b} _x	4.90	49.40	26.94	51	28.21±1.726 ^{12b} _x	12.50	49.20	25.86
İlk BuzağılamaYaşı: 0.00325±0.00043** / Rüzgar Hızı: -0.0165±0.0099 / DIM: -0.0212±0.00030** / Buzağılama Aralığı -0.00059±0.00037 / Basınç: 0.228±0.351 KuruDönem: -0.0069±0.0026** / Solar Radyasyon: -0.000025±0.000029/ R-Square:0.255/ a-b-c-d : düşey sınıflandırma ,x-y: düşey sınıflandırma/ 1-2-3-4 : yatay sınıflandırma * Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05) ** Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.01)																

4.3.3 SNİ'nin laktasyon süresi üzerindeki etkisi

Bu araştırmada Gözlü Tarım İşletmesi'nde yetiştirilmekte olan Simmental ve Esmer sığır ırklarında SNİ'nin laktasyon süresi üzerindeki etkilerine ait analiz bulguları Çizelge 4.8'de verilmiştir

Simmental sığır ırkı için yıllar arasında yapılan karşılaştırmalara göre; ortalama laktasyon süresi üzerinde ≤ 68 SNİ sınıfının etkisi bakımından 2019-2020 yılı arasında hesaplanan farklılık önemsizken ($P>0,05$), bu iki yılın ortalamasının 2018 yılının ortalamasından gösterdiği farklılık önemlidir ($p<0,05$). 2020'de ≤ 68 SNİ sınıfında laktasyon süresi önemli ($p<0,05$) düzeyde düşmüştür. Bununla birlikte $68<SNİ\leq 72$ ve >72 SNİ sınıfının her ikisinde de 2018, 2019, 2020 yılları arasında ortalama laktasyon süresi bakımından görülen farklılıklar önemsizdir ($P>0,05$). Simmental sığırı için yıllar içi yapılan karşılaştırmalara göre ise; 2018'de Simmental sığır ırkının ortalama laktasyon süresi değerleri bakımından 3 SNİ sınıfı arasındaki farklılıkların önemsiz ($P>0,005$) olmasına karşın >72 SNİ sınıfında laktasyon süresi önemli sayılabilecek düzeyde azalmıştır. 2019 ve 2020'de ise ortalama laktasyon süresi değerleri bakımından 3 SNİ sınıfı arasındaki farklılıkların önemsiz ($P>0,05$) olmasına rağmen $68<SNİ\leq 72$ ve >72 SNİ sınıfının her ikisinde de laktasyon süresi önemli sayılabilecek düzeyde azalmıştır.

Esmer sığır ırkı için yıllar arasında yapılan karşılaştırmalara göre; ortalama laktasyon süresi üzerinde ≤ 68 SNİ ve $68<SNİ\leq 72$ ve >72 SNİ sınıfının etkisi bakımından 2018-2019 yılları arasındaki farklılık önemsizken ($P>0,05$), bu iki yılın 2020'den gösterdiği farklılık önemli ($P<0,05$) olup ortalama laktasyon süresi çok önemli düzeyde düşmüştür. Ancak 2018 ve 2019'da hesaplamaların yapıldığı inek sayısının çok düşük olduğu da bir gerçektir (sırasıyla 68 baş ve 74 baş). Esmer sığır ırkının ortalama laktasyon süresi bakımından >72 SNİ sınıfında ise 2018, 2019, 2020 yılları arasındaki farklılıkların önemsiz olmasına rağmen 2020'de laktasyon süresi önemli sayılabilecek düzeyde düşme göstermiştir.

Bu bulgular toplu olarak değerlendirildiğinde 2018, 2019 ve 2020 yıllarında her iki sığır ırkına ait ortalama laktasyon süresi, >72 SNİ sınıfında, istatiksel olarak, önemli olmamasına karşın düşmekte olup bu bulgu kaynak bildirişleri ile uyum halindedir (McDowell vd. 1976,

Msechui vd. 1995, Ravagnolo ve Misztal 2002, Keister vd. 2002, Bouraoui vd. 2002, Gaughan vd. 2008, Vaidya vd. 2012, Zewdu vd. 2014, Thornton vd. 2015).

Simmental sığır ırkının ortalama laktasyon süresi bakımından laktasyon sırası içinde 3 SNİ sınıfı arasındaki farklılıklar anlamlı değildir. Buna karşın bu ırkın ortalama laktasyon süresinde $68 < SNİ \leq 72$ ve > 72 sınıfında düşüş vardır. 2. ve 3. laktasyonda da > 72 SNİ sınıfında düşüş olmasına rağmen $68 < SNİ \leq 72$ sınıfındaki düşüş daha yüksek düzeydedir. Laktasyon sırası bakımından ise < 68 SNİ ve $68 < SNİ \leq 72$ sınıfında 1. laktasyondan 3. laktasyona kadar laktasyon süresinde artış vardır. Buna karşın > 72 SNİ sınıfında ise yine 1. laktasyondan 3. laktasyona kadar ortalama laktasyon süresinde düşüş vardır ve bu durum laktasyon süresinin SS ve süt veriminin artmasından etkilendiği şeklinde değerlendirilebilir.

Esmer sığır ırkının ortalama laktasyon süresi bakımından laktasyon sırası içinde 3 SNİ sınıfı arasındaki farklılıklar önemli değildir. Ancak 1. laktasyonda ortalama laktasyon süresinde < 68 SNİ sınıfına göre $68 < SNİ \leq 72$ sınıfında yüksek, > 72 SNİ sınıfında ise düşük bir azalış söz konusudur. 2. ve 3. laktasyonda ise laktasyon süresi bakımından 3 SNİ sınıfında da sırasıyla azalan düzeyde azalış gerçekleşmiştir. Esmer sığır ırkının ortalama laktasyon süresi, laktasyon sırasına ve 3 SNİ sınıfına göre değişim göstermiştir. Buna göre; < 68 SNİ ve $68 < SNİ \leq 72$ sınıfında 1. laktasyondan 3. laktasyona kadar laktasyon süresi artış gösterirken, < 72 SNİ sınıfında 1. laktasyondan sonra 2. ve 3. laktasyonda ortalama laktasyon sürelerinde azalış gerçekleşmiştir. Bu azalışın, laktasyon sırasındaki artışa bağlı olarak süt verimindeki artıştan ve dolayısıyla yüksek süt verimli ineklerin sıcaklık stresinden dolayı olarak daha fazla etkilenmiş olmalarından kaynaklandığı ileri sürülebilir. Nitekim West (2002); laktasyon sırasının artmasına bağlı olarak süt veriminin arttığını ve yüksek süt verimine sahip hayvanların/ırkların, > 72 SNİ değerlerinden daha olumsuz etkilendiklerini bildirmişlerdir.

Simmental ve Esmer sığır ırkının ortalama laktasyon süresinin, her bir laktasyonda 3 SNİ sınıfına göre yapılan karşılaştırmalarda ise şu bulgulara ulaşılmıştır: < 68 SNİ sınıfında 1. laktasyonda aralarındaki farklılık önemsiz olmakla birlikte Esmer sığır ırkı, Simmental sığır ırkına göre daha uzun ortalama laktasyon süresi gösterirken, 3. laktasyon sırasında benzer ortalama değerler göstermişlerdir. $68 < SNİ \leq 72$ sınıfında 1. laktasyonda Esmer sığır ırkı,

Simmental sığır ırkından ve 2. ve 3. laktasyonda da Simmental sığır ırkı Esmer sığır ırkından daha uzun ortalama laktasyon süresine sahip olmuştur. <72 SNİ sınıfında ise 1. ve 3. laktasyon sırasında Simmental sığır ırkı, Esmer sığır ırkından ve 2. laktasyon sırasında da Esmer sığır ırkı, Simmental sığır ırkından daha düşük ortalama laktasyon süresi göstermişlerdir.

Laktasyon süresi, laktasyon sırası, SNİ sınıfları, ırk interaksiyonları bakımından elde edilen bulgular toplu olarak değerlendirildiğinde şunları ileri sürmek mümkündür; Simmental ve Esmer sığır ırkının ortalama laktasyon sürelerinde, >72 SNİ sınıfında düşüş vardır ve bu düşüşün sıcaklık stresindeki artışa bağlı olarak süt sentezindeki sonlanmadan, dolayısıyla laktasyonun sonlanmasından kaynaklandığı ileri sürülebilir. Elde edilen bu bulgular kaynak bildirileri ile uyum halindedir (McDowell vd. 1976, Msechui vd. 1995, Ravagnolo ve Misztal 2002, Keister vd. 2002, Bouraoui vd. 2002, Gaughan vd. 2008, Vaidya vd. 2012, Zewdu vd. 2014, Thornton vd. 2015).

İrk	Faktör	n	SNI ≤ 68	Min.	Maks.	CV %	n	68<SNI≤72	Min.	Maks.	CV %	n	72<SNI	Min.	Maks.	CV %
Simment al	2018	24 1	373.25±22.989 ^{1a} _{bx}	90.00	849.0 0	55.4 8	23 2	302.72±24.913 ^{1a} _x	90.00	849.0 0	56.2 3	1 4	310.39±57.506 ¹ _{ax}	177.0 0	747.0 0	32.6 0
	2019	16 8	389.11±18.172 ^{1a} _x	100.0 0	707.0 0	35.5 1	14 8	317.75±19.154 ^{1a} _x	109.0 0	707.0 0	31.8 5	4 3	345.64±36.019 ¹ _{ax}	148.0 0	672.0 0	29.3 1
	2020	92	276.00±24.081 ^{1b} _x	92.00	360.0 0	33.8 2	79	222.68±24.984 ^{1a} _x	93.00	360.0 0	28.3 9	3 4	201.39±49.769 ¹ _{ax}	97.00	360.0 0	22.0 0
Esmer	2018	29 2	401.39±24.947 ^{1a} _{bx}	93.00	904.0 0	54.4 1	28 2	317.07±26.805 ^{1a} _{bx}	94.00	904.0 0	54.6 8	1 9	355.75±60.593 ¹ _{ax}	295.0 0	831.0 0	31.6 5
	2019	14 8	414.65±22.233 ^{1a} _x	94.00	701.0 0	36.7 0	13 3	366.80±23.388 ^{1a} _x	103.0 0	701.0 0	33.0 1	4 4	324.99±41.084 ¹ _{ax}	118.0 0	673.0 0	29.6 4
	2020	87	264.08±25.409 ^{1b} _x	93.00	362.0 0	35.6 1	74	208.94±25.632 ^{1b} _x	109.0 0	362.0 0	29.9 6	1 7	174.32±66.110 ¹ _{ax}	155.0 0	358.0 0	23.5 5
Simment a	1.Laksı r	26 2	336.73±23.160 ^{1a} _x	90.00	849.0 0	54.1 3	25 1	261.18±24.229 ^{1a} _x	90.00	849.0 0	54.0 5	2 3	310.98±56.615 ¹ _{ax}	177.0 0	747.0 0	33.6 4
	2.Laksı r	17 9	347.72±16.045 ^{1a} _x	92.00	732.0 0	39.2 7	15 8	297.79±16.498 ^{1a} _x	109.0 0	732.0 0	36.4 1	4 2	284.25±32.433 ¹ _{ax}	148.0 0	672.0 0	33.6 1
	3.Laksı r	60	353.92±25.538 ^{1a} _x	92.00	505.0 0	38.4 5	50	284.18±27.125 ^{1a} _x	93.00	505.0 0	34.2 2	2 6	262.19±41.659 ¹ _{ax}	97.00	436.0 0	27.5 6
Esmer	1.Laksı r	29 4	364.87±28.792 ^{1a} _x	94.00	904.0 0	54.7 4	28 6	318.98±30.694 ^{1a} _x	94.00	904.0 0	54.8 5	2 2	257.51±61.178 ¹ _{ax} 7	118.0 0	831.0 0	35.2 3
	2.Laksı r	19 3	361.99±16.696 ^{1a} _x	93.00	786.0 0	43.1 1	17 1	291.45±17.242 ^{1a} _x	103.0 0	786.0 0	39.4 6	5 3	287.88±31.817 ¹ _{ax}	155.0 0	673.0 0	36.1 6
	3.Laksı r	40	353.26±30.381 ^{1a} _x	97.00	393.0 0	40.4 8	32	282.38±31.881 ^{1a} _x	109.0 0	393.0 0	35.1 3	5	309.68±75.374 ¹ _{ax}	212.0 0	393.0 0	27.3 0

* Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05) ** Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.01)

4.3.4 SNİ'nin kuru dönem üzerindeki etkisi

Simmental ve Esmer sığır ırkında SNİ'nin kuru dönem üzerindeki etkisini ortaya çıkarmak amacıyla 2018, 2019, 2020 yılları içinde ve arasında yapılan analizlere ait bulgular çizelge 4.9'da verilmiştir. Bu bulgulara göre;

Her yıl içi yapılan karşılaştırmalara göre; 2018 yılında 3 SNİ sınıfında Simmental ve Esmer sığır ırkının kuruda kalma süreleri sırasıyla 67.84 gün; 70.13 gün; 59.38 gün ve 71.88 gün, 75.24 gün, 69.19 gün olarak hesaplanmıştır. Her iki sığır ırkında da kuruda kalma süresi bakımından 3 SNİ sınıfı arasındaki farklılıkların önemli olmamasına ($p < 0,05$) karşın kuruda kalma süresi $68 < SNİ \leq 72$ sınıfında artmakta, < 72 SNİ sınıfında ise azalmaktadır. Simmental ve Esmer sığır ırkının kuruda kalma süresinde $68 < SNİ \leq 72$ sınıfında gerçekleşen artış ve < 72 SNİ sınıfında gerçekleşen azalış sırasıyla 2.29 gün; 4,00 gün ve 10.75 gün; 6.05 gün olmuştur.

2019 yılında 3 SNİ sınıfında Simmental ve Esmer sığır ırkının kuruda kalma süreleri sırasıyla 70.19 gün, 71.95 gün, 81.48 gün ($p > 0,05$) ve 68.34 gün, 68.84 gün 75.90 gün ($p > 0,05$) şeklinde hesaplanmıştır. Bu yıl içerisinde esas olarak önemli olmamakla birlikte < 72 SNİ sınıfında değişim görülmüş ve Simmental sığır ırkının kuruda kalma süresinde artış (11.29 gün), Esmer sığır ırkının kuruda kalma süresinde ise azalış (7.06 gün) ortaya çıkmıştır.

2020 yılında 3 SNİ sınıfında Simmental ve Esmer sığır ırkının kuruda kalma süreleri sırasıyla 66.68 gün, 65.70 gün, 61.91 gün ve 65.28 gün, 65.67 gün, 62.17 gün olarak belirlenmiştir. Simmental sığır ırkının kuruda kalma süresi $68 < SNİ \leq 72$ sınıfında ve < 72 SNİ sınıfında azalmış (sırasıyla 1.00 gün ve 3.79 gün), Esmer sığır ırkının kuruda kalma süresi ise $68 < SNİ \leq 72$ sınıfında benzer kalırken, < 72 SNİ sınıfında düşmüştür (3.50 gün).

Yıllar arası yapılan karşılaştırmalara göre ise; Simmental ve Esmer sığır ırkının kuruda kalma süreleri 2018, 2019, 2020 yıllarında < 68 SNİ sınıfında sırasıyla 67.84 gün, 70.19 gün, 66.68 gün ($p > 0,05$) ve 71.88 gün, 68.34 gün, 65.28 gün ($p > 0,05$) olarak hesaplanmıştır.

Görüldüğü gibi kuruda kalma süresi <68 SNİ sınıfında Simmental sığır ırkında en uzun 2019 ve en kısa 2020'de gerçekleştirilen, Esmer sığır ırkında en uzun 2018 ve en kısa 2020'de gerçekleşmiştir.

Simmental ve Esmer sığır ırkının kuruda kalma süreleri 2018, 2019, 2020'de $68 < \text{SNİ} \leq 72$ sınıfında sırasıyla 70.13 gün, 71.95 gün, 65.70 gün ($p > 0.05$) ve 75.24 gün, 68.84 gün, 65.67 gün ($p > 0.05$) olmuştur. Kuruda kalma süresi <68 SNİ sınıfında Simmental sığır ırkında en uzun 2019 ve en kısa 2020 yılında, Esmer sığır ırkında ise en uzun 2018 ve en kısa 2020 yılında gerçekleşmiştir.

Simmental ve Esmer sığır ırkının kuruda kalma süreleri 2018, 2019, 2020'de <72 sınıfında sırasıyla 59.38 gün, 81.48 gün, 61.91 gün ($p > 0.05$) ve 69.19 gün, 75.90 gün, 62.17 gün ($p > 0.05$) şeklinde gerçekleşmiştir. Kuruda kalma süresi Simmental ve Esmer sığır ırkı için en uzun ve en kısa olarak sırasıyla 2019; 2018 ve 2019; 2020'de gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.9 SNI'nin kuru dönem üzerindeki etkisine ait bulgular

KURU DÖNEM																
İrk	Faktör	n	SNI ≤ 68	Min.	Maks.	CV %	n	68<SNI≤72	Min.	Maks.	CV %	n	72<SNI	Min.	Maks.	CV %
Simmental	2018	430	67.84±2.619 ^{1a} _x	30.00	119.00	24.22	451	70.13±2.832 ^{1a} _x	30.00	119.00	24.24	28	59.38±6.532 ^{1a} _{xx}	37.00	114.00	26.80
	2019	418	70.19±2.077 ^{1a} _x	30.00	119.00	22.17	364	71.95±2.176 ^{1a} _x	30.00	119.00	22.22	122	81.48±4.081 ^{1a} _x	30.00	119.00	23.33
	2020	280	66.68±2.739 ^{1a} _x	30.00	119.00	22.92	196	65.70±2.853 ^{1a} _x	30.00	119.00	20.95	67	61.91±5.665 ^{1a} _x	30.00	119.00	25.22
Esmer	2018	812	71.88±2.846 ^{1a} _{xx}	30.00	119.00	19.09	849	75.24±3.042 ^{1a} _{xx}	30.00	119.00	19.35	69	69.19±6.888 ^{1a} _x	30.00	94.00	18.52
	2019	645	68.34±2.545 ^{1a} _x	30.00	119.00	18.19	560	68.84±2.663 ^{1a} _x	30.00	119.00	18.23	173	75.90±4.666 ^{1a} _x	31.00	117.00	17.76
	2020	423	65.28±2.891 ^{1a} _x	30.00	119.00	17.51	265	65.67±2.931 ^{1a} _x	30.00	119.00	18.59	85	62.17±7.525 ^{1a} _x	30.00	116.00	18.27
Simmental	1.Laksır	562	67.69±2.633 ^{1a} _x	30.00	119.00	23.29	575	68.16±2.759 ^{1a} _x	30.00	119.00	23.31	72	69.36±6.435 ^{1a} _x	37.00	114.00	20.46
	2.Laksır	428	68.03±1.826 ^{1a} _x	30.00	119.00	22.97	337	69.71±1.876 ^{1a} _x	30.00	119.00	23.30	106	65.96±3.687 ^{1a} _x	30.00	119.00	27.14
	3.Laksır	138	68.98±2.905 ^{1a} _x	30.00	119.00	22.93	99	69.91±3.085 ^{1a} _x	30.00	112.00	18.66	39	67.45±4.738 ^{1a} _x	30.00	112.00	21.99
Esmer	1.Laksır	917	62.22±3.271 ^{1a} _x	30.00	119.00	19.57	947	62.44±3.485 ^{1a} _x	30.00	119.00	19.76	96	70.62±6.956 ^{1a} _x	30.00	109.00	21.69
	2.Laksır	753	68.60±1.903 ^{1a} _x	30.00	119.00	17.96	600	69.86±1.961 ^{1a} _x	30.00	119.00	18.29	187	66.41±3.617 ^{1a} _x	30.00	117.00	16.94
	3.Laksır	210	74.69±3.452 ^{1a} _x	44.00	117.00	14.62	127	77.45±3.618 ^{1a} _x	44.00	107.00	14.27	44	70.22±8.568 ^{1a} _x	44.00	87.00	14.06
İlk Buzağılama Yaşı: 0.0070±0.0059 / Rüzgar Hızı: 0.139±0.292 / Buzağılama Aralığı: 0.0106±0.0045* / Basınç: 2.484±9.821 / Solar Radyasyon: -0.00048±0.00062 / Laksür: -0.0021±0.0031 / R-Square:0.044 / a-b-c-d : düşey sınıflandırma , x-y: düşey sınıflandırma / 1-2-3-4 : yatay sınıflandırma																
*Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05) **Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.01)																

Bu bulgular toplu olarak değerlendirildiğinde 2018, 2019,2020 yılları arasında Simmental ve Esmer sığır ırkında ortalama kuruda kalma süresi bakımından 3 SNİ sınıfı arasında önemli olmayan değişimlerin ortaya çıkmasını karşın, 2018, 2019, 2020 yıllarının her birisi içinde <72 SNİ sınıfında her iki sığır ırkının kuruda kalma süresinde, önemli olmamakla birlikte, düşüş yaşanmıştır. Elde edilen bu bulgularla uyumlu olarak do Amaral vd. (2009), sıcaklık stresinde kuruda kalma süresinde azalma (4-7 gün.) gerçekleştiğini bildirmişlerdir

3 SNİ sınıfında, laktasyon sırası ve Simmental ve Esmer sığır ırkının kuruda kalma süreleri arasındaki ilişkilere ait bulgulara göre; 3 SNİ sınıfında da Simmental ve Esmer sığır ırkının ortalama kuruda kalma süreleri bakımından 3 laktasyon sırası arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsizdir ($p>0.05$). Ancak her bir laktasyon sırasında 3 SNİ sınıfı karşılaştırıldığında <72 sınıfında Simmental sığır ırkında laktasyon süresinin 2. ve 3. laktasyon sırasında daha düşme eğiliminde olduğu kabul edilebilir. Fakat bu eğilim Esmer sığır ırkında esas olarak 1. laktasyonda $68<SNİ\leq 72$ sınıfında ve 2. laktasyonda <72 sınıfında görülmüştür.

Sığır ırkı, yıl, laktasyon sırası ve SNİ sınıflarının etkileri dikkate alınarak yapılan hesaplamalarda ortalama laktasyon süresi ile ilk buzağılama yaşı arasında 0.0070 ± 0.0059 , buzağılama aralığı arasında 0.0106 ± 0.0045 ($p<0,05$), rüzgar hızı arasında -0.00048 ± 0.00062 , solar radyasyon arasında -0.00048 ± 0.00062 , basınç arasında 2.484 ± 9.821 , düzeyinde ilişki belirlenmiştir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu araştırmada TİGEM'e bağlı Gözlü Tarım İşletmesi'nde yetiştirilen Simmental ve Esmer sığır ırklarında SNİ'nin önemli üreme ve süt verimi özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Elde edilen genel sonuçlar şunlardır:

1. Gebelik başına tohumlama sayısı

2018, 2019, 2020 yılları içinde ve arasında $72 < \text{SNİ}$ sınıfına yaklaşıldıkça her iki sığır ırkında da istatistiksel olarak önemsiz de olsa gebelik başına tohumlama sayısının artış göstermiş ve bu artış, Simmental sığır ırkına göre Esmer sığır ırkında daha yüksek düzeyde gerçekleşmiştir. Kaynak bildirişlerine göre de sütçü sığır ırklarında yüksek SNİ değerlerinde, sıcaklık stresine bağlı olarak kızgınlık şiddetinin ve süresinin düşmesi nedeniyle, gebelik başına tohumlama sayısı artış göstermektedir. Ancak bu araştırmada Simmental sığır ırkı için ters bir sonuç elde edilmiş olup ortalama SNİ değerlerinin yüksek olduğu yaz mevsiminde gebelik başına tohumlama sayısı bakımından düşüşler görülmüştür. Bu durumu esas olarak 3 faktör ile açıklamak mümkündür: ilki; 2018, 2019, 2020'de rüzgar hızı (m/s) bakımından görülen değişimler olup her üç yılda da rüzgar hızı, mayıs ayından itibaren artmaya başlamış, temmuz ve ağustos aylarında maksimum düzeylere ulaşmış ve daha sonra düşmeye başlamıştır. Bu nedenle; yaz aylarında artan rüzgar hızının, aynı ayda artan $>72\text{SNİ}$ değerlerinin Simmental sığır ırkında oluşturduğu stresin etkisini düşürdüğü ve bu durumun da gebelik başına tohumlama sayısındaki artışları azalttığı ileri sürülebilir. İkincisi; üzerinde çalışılan bu iki ırkın gebelik başına tohumlama sayılarının, $\text{SNİ} \leq 68$ altında oluşan SNİ değerlerinden ve dolayısıyla soğuk stresinden de olumsuz etkilenmiş olmalarıdır. Üçüncüsü ise; Simmental sığır ırkının ilkbahar ve yazın sıcak günlerde gerçekleştirilen serinletme uygulamalarından sıcaklık stresi ile mücadelede daha etkin ve olumlu yönde yararlanmasıdır. Bu faktörlerin aynı çiftlikte Esmer sığır ırkı üzerinde de etkili olmasına karşın bu sığır ırkının gebelik başına tohumlama sayısının, Simmental sığır ırkına göre özellikle $72 < \text{SNİ}$ sınıfında yaz mevsiminde çok daha yüksek düzeyde gerçekleşmesi ise

esas olarak Esmer sığır ırkının lif rengi ile birlikte kızgınlık ve ovulasyon süreçlerin uzun fotoperiyotlardan daha olumsuz etkilenmiş olması ile açıklanabilir.

2. Buzağılama aralığı süresi

Elde edilen bulgulara göre: $72 < \text{SNİ}$ sınıfında her iki sığır ırkında da buzağılama arası süre, istatistiksel olarak önemli olmasa da uzamıştır ve bu etki, özellikle 2020’de çok daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmıştır. Bu durum; esas olarak bu yıldaki sıcaklık ve solar radyasyondaki artışla birlikte rüzgar hızındaki düşüşlere bağlanabilir. Bu sonuç, bu alanda yapılan araştırma bulgularıyla tam uyum halinde olup, sütçü sığır ırklarında, aralarında farklılıklar olmakla birlikte, $72 < \text{SNİ}$ değerleri, sıcaklık stresine bağlı olarak iki buzağılama arasındaki sürenin uzamasına neden olmaktadır. Elde edilen diğer önemli bir sonuç ise; her iki sığır ırkının buzağılama aralığının, $< 68 \text{ SNİ}$ ’nin altındaki değerlerde oluşan soğuk stresi ile birlikte 68 SNİ ’den itibaren artan SNİ değerlerinde oluşan sıcaklık stresinden de olumsuz etkilenmesidir. Simmental sığır ırkı ile karşılaştırıldığında Esmer sığır ırkında, esas olarak 2020’de gerçekleşmekle birlikte, 3 yılda ve 3 SNİ sınıfında da buzağılama aralığının çok daha uzun belirlenmesi; Simmental sığır ırkına göre Esmer sığır ırkının soğuk ve sıcak stresinin etkilerinden daha fazla etkilendiği görüşü ile açıklanabilir. Bununla birlikte 2018, 2019, 2020 yıllarında $68 < \text{SNİ} \leq 72$ sınıfında gerçekleşen SNİ değerlerinin toplam görülme oranının, $> 72 \text{ SNİ}$ sınıfında gerçekleşen SNİ değerlerinin toplam görülme oranından çok daha yüksek olduğu göz önüne alındığında, Simmental ve Esmer sığır ırkı üzerinde $68 < \text{SNİ} \leq 72$ sınıfının çok daha önemli bir termal stres kaynağı olduğu kabul edilebilir. Bu sonuç, dünyada birçok sığır ırkı için elde edilen sonuçlarla tam uyum halindedir. Sütçü sığırlarda süt veriminin artmasına bağlı olarak üreme ve süt verim özelliklerinin sıcaklık stresinden genellikle olumsuz etkilendikleri bildirilmektedir ve bu çalışmada da her iki sığır ırkında da laktasyon sırasının artmasına bağlı olarak süt veriminin artması nedeniyle, özellikle yüksek süt verimli ineklerde buzağılamalar arası süre üzerinde bu yönde bir etkisinin genel olarak görüldüğü ileri sürülebilir.

3. Laktasyon süt verimi

Simmental sığır ırkının toplam laktasyon süt veriminde esas olarak 2019 yılında, önemli olmamasına karşın, $68 < \text{SNİ} \leq 72$ ve $72 < \text{SNİ}$ sınıfında sırasıyla sırasıyla 271 kg ve 1120 kg

azalış gerçekleşmiş olup, bu kayıpların, işletme toplamında önemli bir yer tuttuğu söylenebilir. Dolayısıyla Gözlü Tarım İşletmesi' nde sıcaklık stresinin Simmental sığır ırkının laktasyon süt verimi üzerinde etkisinin, >68 SNİ eşiğinden itibaren başladığı kabul edilebilir. 2019 yılında Simmental sığır ırkı için ortaya çıkan bu durum Esmer sığır ırkı için çıkmamıştır. Bu durumun 2019 yılında Esmer sığır ırkının laktasyon süt verimini etkileyen ve bu çalışmada analiz modeline dahil edilmeyen başta serinletme uygulamalarından fizyolojik olarak daha iyi yararlanma olmak üzere çevresel faktörlerin (doğum sayısı, hastalık, ahır içinde ve padokta sığırın konumu, durak tipi vb.) etkilerden ileri geldiği söylenebilir.

4. Ortalama süt verimi

Simmental ve Esmer sığır ırkının ortalama süt verimlerinde 2018, 2019, 2020 yıllarında, istatistiksel olarak önemli olmamasına rağmen, >72 SNİ sınıfında ciddi azalışlar görülmüştür ve azalış, düzeyi Esmer sığır ırkında daha yüksektir. Bu sonuç, kaynak bildirişleri ile tam uyum halindedir.

5. Laktasyon süresi

2018, 2019 ve 2020 yıllarında Simmental ve Esmer sığır ırkının laktasyon süresi, >72 SNİ sınıfında, istatistiksel olarak, önemli olmamasına karşın düşmekte olup, bu düşüş; esas olarak sıcaklık stresindeki artışa bağlı olarak süt sentezininin sonlanması ve dolayısıyla laktasyonun sonlanması ile açıklanabilir. Elde edilen sonuçla, kaynak bildirişleri ile uyum halindedir.

6. Kuruda kalma süresi

2018, 2019, 2020 yılları arasında Simmental ve Esmer sığır ırkında ortalama kuruda kalma süresi bakımından 3 SNİ sınıfı arasında önemli olmayan değişimlerin ortaya çıkmasını karşın 2018, 2019, 2020 yılının her birisi içinde <72 SNİ sınıfında her iki sığır ırkının kuruda kalma süresinde, önemli olmamakla birlikte, düşüşler yaşanmıştır. Elde edilen bu sonuçlar, kaynak bildirişleri ile uyumludur. 3 SNİ sınıfında da Simmental ve Esmer sığır ırkının ortalama kuruda kalma süreleri bakımından 3 laktasyon sırası arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak

önemsizdir. Ancak her bir laktasyon sırasındaki 3 SNİ sınıfına göre; >72 SNİ sınıfında Simmental sığır ırkında kuruda kalma süresi, 2. ve 3. laktasyon sırasında daha düşme eğilimi göstermiştir. Fakat bu eğilim, Esmer sığır ırkında esas olarak 1. laktasyonda $68 < \text{SNİ} \leq 72$ sınıfında ve 2. laktasyonda <72 sınıfında ortaya çıkmıştır.

7. Irk karşılaştırılması

Bu araştırmada Gözlü Tarım İşletmesi'nde yetiştirilmekte olan Esmer sığır ırkının üreme ve süt verimi özellikleri, Simmental sığır ırkına göre soğuk ve sıcak stresinden genel olarak daha olumsuz etkilenmiştir. Bu durumu; Esmer sığır ırkının kızgınlık ve ovulasyon süreçlerinin ve memede süt sentez metabolizmasının koyu lif renginden daha olumsuz etkilenmiş olması ile açıklamak mümkündür. Fakat bu konunun daha fazla araştırılması da gerekmektedir.

8. SNİ sınıflarının ve değerlerinin yorumlanması

Bu araştırmada Gözlü Tarım İşletmesi'nde 2018, 2019, 2020 yıllarında $68 < \text{SNİ} \leq 72$ sınıfına giren SNİ değerlerinin görülme oranı, >72 SNİ değerlerinin görülme oranına göre çok daha yüksek olup, $68 < \text{SNİ} \leq 72$ sınıfının, Simmental ve Esmer sığır ırkında üreme ve süt verimi özellikleri üzerinde etkileri belirgin bir şekilde ayrı bir önem taşımaktadır. >72 SNİ sınıfından elde edilen değerlerin, diğer iki SNİ sınıfının değerleri ile arasındaki farklılıkların genellikle istatistiksel olarak önemsiz hesaplanmasında bu durum da etki göstermiş olabilir. Bunun yanında dünyada bir farklı bölgede ve sığır ırklarında sıcaklık stresinin verim özellikleri üzerindeki etkilerinin, >68 SNİ eşliğinden sonra başladığı da bildirilmektedir. Yine bu araştırmada <68 SNİ sınıfının altındaki değerlerinde soğuk stresine neden olarak üreme ve süt verim özelliklerini etkilediklerini gösteren önemli bulgular elde edilmiştir. Dolayısıyla Türkiye'de tüm bölgelerde SNİ'nin çiftlik hayvanları üzerindeki etkileri analiz edilirken mutlaka 3 SNİ sınıfının da detaylı olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

5.2 Öneriler

Bu araştırmada TİGEM'e bağlı Gözlü Tarım İşletmesi'nde yetiştirilen Simmental ve Esmer sığır ırklarında SNİ'nin önemli üreme ve süt verimi özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Elde edilen genel sonuçlara göre geliştirilen öneriler şunlardır:

1- İç Anadolu Bölgesi için yapılan gelecek sıcaklık artışı ve yağış senaryoları (MGM 2023) dikkate alındığında, bu bölgede 2099'a kadar önemli sıcaklık artışları ve kuraklıklar beklenmektedir. Dolayısıyla bu bölgede süt sığırcılığı yapılan çiftliklerde sığırların, sıcaklık stresine (aynı zamanda soğuk stresine) uyumları bakımından, planlamalarının şimdiden yapılması ve SNİ'nin sığırlar üzerindeki etkilerinin, her SNİ sınıfında analiz edilmesi gerekmektedir.

2- Gözlü Tarım İşletmesi'nde özellikle ilkbahar ve yazın ortaya çıkacak olan yüksek sıcaklıkların sığırlar üzerindeki olumsuz etkileri düşürmek için esas olarak serinletme uygulamalarının (Pasif yöntemler: Gölgeleştirme yapıları, çatı yalıtımı; Aktif yöntemler: Klima ve kısmi soğutma, püskürtme yöntemi (sisleme ve puslama), panel ve sepet tipi fanlar, büyük tavan fanları, tünel tipi havalandırma, yağmurlama) etkinlikleri araştırılmalı ve olumlu sonuç verenler uygulamaya aktarılmalıdır (İlhan 2018). Yine merada güneşli ve çok soğuk hava koşullarda sığırlar otlatılmamalı, öğleden sonra çok sıcak saatlerde sağım yapılmamalı, içme suyunun sıcaklığı iyi ayarlanmalıdır. Bununla birlikte bu işletmede SS'nin oluşabileceği dönemlerde bu uygulamaların, her iki sığır ırkında da özellikle kuru dönemde etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi daha önem arz etmektedir.

3- Sığır ırklarının sıcaklık stresine karşı tepkileri, genetik ve çevresel faktörlerin etkilerindeki değişimler nedeniyle, farklılık göstermektedir. Nitekim bazı bölgelerde ve sığır ırklarında sıcaklık stresinin olumsuz etkileri, >68 SNİ'den sonra, bazı sığır ırklarında ise >72 SNİ'den sonra başlamaktadır ve üreme ve süt verimi özellikleri, genetik ve fizyolojik alt yapılarındaki farklılıklar nedeniyle, her SNİ sınıfına giren değerlerden farklı yönde etkilenebilmektedir. Bu nedenle SNİ sınıflarının etkilerini daha isabetli bir şekilde tahmin etmek için tahmin modellerine yalnızca önemli görülen genetik ve makro çevre faktörleri dahil edilmesinde yarar bulunmaktadır.

4-Dünya’da son yıllarda hayvancılık sektöründe iklim değışikliğı azaltım ve uyum çalışmalarında genomik seleksiyon çalışmaları da hızlı bir gelişme göstermektedir. Bu nedenle Türkiye’de de hayvancılık sektöründe SNİ’ye yönelik olarak genomik seleksiyon çalışmalarına ağırlık verilmesi çok önem arz etmektedir.



KAYNAKLAR

- Abilay, T., AJohnson, H.D., Madan, M. 1975. Influence of Environmental Heat on Peripheral Plasma Progesterone and Cortisol During the Bovine Estrous Cycle. *Journal of Dairy Science* Volume 58, Issue 12, December 1975, Pages 1836-1840.
- Adeyemo, O., E. Heath, B. K. Adadevoh, and J. Steinbach. 1981. Plasma cortisol in *Bos taurus* and *Bos indicus* heifers in seasonal tropical climate. *J. Dairy Sci.* 64:1586.f
- Ahmad, N., Schick, F.N., Butcher, R.L., Inskeep, E.K. 1995. Effect of persistent follicles on early embryonic losses in beef cows. *Biology of Reproduction*, 52: 1129–1135
- Ahuja, C., Montiel, F., Canseco, R., Silva, E., Mapesi, G. 2005. Pregnancy rate following GnRH+ PGF2 α treatment of low body condition, anestrus *Bos taurus* by *Bos indicus* crossbred cows during the summer months in a tropical environment. *Anim. Reprod. Sci.* 87, 203-213.
- Akyuz, A., Boyaci, S., Cayli, A. 2010. Determination of critical period for dairy cows using temperature humidity index, *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(13):1824-1827 pp.
- Alexander, G. 1974. Heat Loss from Sheep. In: Monteith, J.L., Mount, L.E. (Eds.), *Heat Loss from Animals and Man*. Butterworth, London, pp. 187-188.
- Al-Katanani, Y.M., Webb, D. and Hansen, P. 1999. Factors affecting seasonal variation in 90-day nonreturn rate to first service in lactating holstein cows in a hot climate 1, *Journal of dairy science*, 82 (12), 2611-2616.
- Amundson, J.L., Mader, T.L., Rasby, R.J. and Hu, Q.S. 2005. The effects of temperature and temperature-humidity index on pregnancy rate in beef cattle. *Nebraska Beef Cattle Reports* 149, 10–12. doi: 10.10120/digitalcommons.unl.edu/animalscinber/149.
- Aparecido, L.E.O., J. A. Lorençone, P.A. Lorençone, G.B. Torsoni, J.R.S.C.de Moraes, K.C. Meneses, 2021. Bioclimatic zoning for dairy cows in Brazil by statistical modeling. *Journal of the Science of Food and Agriculture* December 2021 DOI: 10.1002/jsfa.11734
- Armstrong, D. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling, *Journal of Dairy Science*, 77 (7), 2044-2050.
- Armstrong, D.T. 1986. Environmental Stress and Ovarian Function. *Biology of Reproduction* (1986) 34,26-39.
- Armstrong, D.V. 1996. Improvement of Animal Production by Altering the Environment of the Animal. *J Sci Research Vol 1*, May, Sultan Qaboos University-Agricultural Sciences, pp. 83-87.

- Atrian, P. and Shahryar, H.A. 2012. Heat Stress In Dairy Cows (a review). Res. in Zoology, 2, 31-37.
- Bandaranayaka, D. and Holmes, C. 1976. Changes in the composition of milk and rumen contents in cows exposed to a high ambient temperature with controlled feeding, Tropical animal health and production, 8 (1), 38-46.
- Barash, H., Silanikove, N., Shamay, A., Ezrat, E. 2001. Interrelationships among ambient temperature, day length, and milk yield in dairy cows under a Mediterranean climate. Journal of dairy Science, 84; 2314-2320
- Baumgard, L., Wheelock, J., Schwartz, G., O'Brien, M., VanBaale, M.S, R., Rhoads, R. 2006. Effects of heat stress on nutritional requirements of lactating dairy cattle, Paper presented at the Proceedings of the 5th Annual Arizona Dairy Production Conference, Tempe, US, 8-17.
- Bearden, H.J., Fuquay, J.W. 1992. Applied Animal Reproduction. 3rd ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1992, pp 273-282.
- Beede, D.K. 1992. Water for Dairy Cattle, in Van Horn, Wilcox CJ (eds): *Large Dairy Herd Management*. Champaign, IL, American Dairy Science Association, 1992, pp 260-271.
- Bergman, R.K. (1963): Effects of a prolonged high environmental temperature on glucocorticoids in the bovine. Ph.D. Thesis, University of Missouri.
- Berman, A. 1968. Nychthemeral and seasonal patterns of thermoregulation in cattle, Crop and Pasture Science, 19 (1), 181-189.
- Berman, A. 2005. Estimates of heat stress relief needs for Holstein dairy cows, Journal of Animal Science, 83 (6), 1377-1384.
- Berman, A. 2009. Predicted limits for evaporative cooling in heat stress relief of cattle in warm conditions. J. Anim. Sci., 87, 3413-3417.
- Berman, A., Folman, Y.M., Kaim, M., Mamen, Z., Herz, D., Wolfenson, A., Graber, Y. 1985. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a tropical climate. J. Dairy Sci. 68:1488-1495
- Berman, A., Wolfenson, D. 1992. Environmental modifications to improve production and fertility, in Van Horn, Wilcox CJ (eds): *Large Dairy Herd Management*. Champaign, IL, American Dairy Science Association, 1992, pp 126-134.
- 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 pp.

- Bianca, W. 1962a. Relative importance of dry- and wet-bulb temperatures in causing heat stress in cattle. *Nature* 195, 251–252. doi: 10.1038/195251a0.
- Bianca, W. 1965. Section A. Physiology. Cattle in a hot environment, *Journal of Dairy Research*, 32 (03), 291-345.
- Biggers, B.G., Geisert, R.D., Wetteman, R.P., Buchanan, D.S. 1987. Effect of heat stress on early embryonic development in the beef cow. *J. Anim. Sci.* 64:1512.
- Blecha, F. 2000. Immun system response to stress. Ed. Moberg G.P., Mench, J.A. *The Biology of Animal Stress: Basic Principles and Implications for Animal Welfare*. CABI Publishing, pp. 111-121, ISBN: 0 85199 359 1.
- Bligh, J. 1985. Temperature Regulation, in *Stress Physiology in Livestock*. Vol.1. Boca Raton: CRC Press, 1985, pp.75-95.
- Bobic, T., Mijic, P., Knezevic, M., Speranda, B., Antunovic, B., Baban, M., Sakac, M., Frizon, E., Koturic, T. 2011. The impact of environmental factors on the milk ejections and stress of dairy cows. *Biotech. Anim. Husb.* 27(3): 919-927.
- Bouraoui, R., Lahmar, M., Majdoub, A., Djemali, M.N., Belyea, R. 2002. The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate, *Animal Research*, 51 (6), 479-491.
- Bray, D.R., Beede, D.K., Bucklin, R.A., Hahn, G.L. 1992. Cooling, Shade, and Sprinkling, in Van Horn, Wilcox CJ (eds): *Large Dairy Herd Management*. Champaign, IL, American Dairy Science Association, 1992, pp 655-663.
- Brody, S., Ragsdale, A.C., Yeck,r.G. and Worstell, D.M. (1955): Milk production, feed and water consumption, and body weight of Jersey and Holstein cows in relation to several diurnal temperature rhythms. *Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull.* 578.
- Broom, D.M., Johnson, K.G. 1993. *Stress and animal welfare*. London: Chapman & Hall.
- Broucek, J. 1997. The effect of high temperatures on dairy cattle, *Agriculture*.
- Brown, D. E., and P. C. Harrison. 1981. Central sympathetic control of uterine blood flow during acute heat stress. *J. Anim. Sci.* 52:1114.
- Brown, D. E., and P. C. Harrison. 1984. Lack of peripheral sympathetic control of uterine blood flow during acure heat stress. *J. Anim. Sci.* 59:182.
- Brown, D. E., P. C. Harrison, F. C. Hinds, J. A. Lewis, and M. H. Wallace. 1977. Heat stress effects on fetal development during late gestation in the ewe. *J. Anim. Sci.* 44:442.
- Bruckmaier, R.M. 2005. Normal and disturbed milk ejection in dairy cows. *Domest. Anim. Endocrinol.* 29: 268-273.

- Bruegemann, K., Gernand, E., Koenig von Borstel, U. and Koenig, S. 2012. Defining and evaluating heat stress thresholds in different dairy cow production systems. *Archiv Tierzucht* 55, 13–24
- Bucklin, R.A., Hahn, G.L., Beede, D.K., Bray, D.R. 1992. Physical facilities for warm climates, in Van Horn, Wilcox CJ (eds): *Large Dairy Herd Management*. Champaign, IL, American Dairy Science Association, 1992, pp 609-618.
- Budd, G.M. 2008. Wet-bulb globe temperature (WBGT)-its history and its limitations. *J. Sci. Med. Sport* 11, 20–32. doi: 10.1016/j.jsams.2007.07.003.
- Buffington, D.E., Collazo-Arocho, A., Canon, G.H., Pitt, D., Thatcher, W.W. and Collier, R.J. 1981. Black globe-humidity index (BGHI) as a comfort equation for dairy cows. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.* 24, 711–714. doi: 10.13031/2013.34325
- Bülbül, B., Ataman, M.B. 2009. The effect of some seasonal conditions on oestrus occurrence in cows. *Archives Animal Breeding*. 52: 459–465.
- Chase, L.E, Soiffen, C.J. 1988. Feeding and Managing Dairy Cows During Hot Weather. *Tropical Animal Health Production*. 17: 209–215.
- Chase, L.E. 2006. Climate change impacts on dairy cattle, Fact sheet, Climate Change and Agriculture: Promoting Practical and Profitable Responses, 17- 23 pp.
- Christopherson, R. J., H. W. Gonyou, and J. R. Thompson. 1979. Effects of temperature and feed intake on plasma concentration of thyroid hormones in beef cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 59
- Christopherson, R.J. 1985. The Thermal Environment and the Ruminant Digestive System, in *Stress Physiology in Livestock*. Vol.1. Boca Raton: CRC Press, 1985, pp. 163-177
- Chrousos, G.P. 1998. Stressors, stress, and neuroendocrine integration of the adaptive response. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 30(851): 311-335.
- Collier, R., Beede, D., Thatcher, W., Israel, L., Wilcox, C. 1982. Influences of environment and its modification on dairy animal health and production1, *Journal of dairy science*, 65 (11), 2213-2227.
- Collier, R., Simerl, N., Wilcox, C. 1980. Effect of month of calving on birth weight, milk yield and birth weight-milk yield interrelationships, *Journal of dairy science*, 63
- Collier, R., Zimbelman, R., Rhoads, R., Rhoads, M., Baumgard, L. 2011. 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, Paper presented at the Western Dairy Management Conf. Reno, NV. USA, 113-125.
- Collier, R. J., S. G. Doelger, H. H. Head, W. W. Thatcher, and C. J. Wilcox. 1982. Effects of heat stress during pregnancy on maternal hormone concentrations, calf birth weight and postpartum milk yield of Holstein cows. *J. Anim. Sci.* 54:309.

- Cowie, A.T. (1961): The hormonal control of milk secretion. In: Milk, The Mammary Gland and Its Secretion, S.K. Kon and A.T. Cowie (ed.), Academic Press, New York. Vol. 1, 163–203.
- Çolak, A., Çoban, N.S. 2002. Isı Stresinin Fertilite ve Embriyonik Ölüm Üzerine Etkisi. Bülten, 18:6-8
- Dahl, G.E. 2008. The eighth international workshop on the biology of lactation in farm animals: Introduction. J. Anim. Sci. 86(Suppl. 1): 1–2.
- Dantzer, R., Mormede, P. 1983. Stress in farm animals: A need for reevaluation. J. Anim. Sci. 57: 6-18.
- Das, R., Sailo, L., Verma, N., Bharti, P., Saikia, J. 2016. Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: A review, Veterinary world, 9 (3), 260-268.
- Davis, M.S., Mader, T.L., Holt, S.M. and Parkhurst, A.M. 2003. Strategies to reduce feedlot cattle heat stress: effect on tympanic temperature. J. Anim. Sci. 81, 649–661. doi: 10.2527/2003.813649x
- De Rensis, F.D., Scaramuzzi, R.J. 2003 Heat stress and seasonal effects on reproduction in dairy cow., Theriogenology. 60: 1139-1151.
- Dickman, Z. 1970. Effects of progesterone on the development of the rat morula. Fertil. Steril. 21:541
- Dikmen, S. and Hansen, P. 2009. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? Journal of Dairy Science 92, 109–116.
- Dikmen, S., Khan, F., Huson, H., Sonstegard, T., Moss, J., Dahl, G., Hansen, P. 2014. The SLICK hair locus derived from Senepol cattle confers thermotolerance to intensively managed lactating Holstein cows, Journal of dairy science, 97 (9), 5508-5520.
- Do Amaral, B. C., Connor, E. E., Tao, S., Hayen, J., Bubolz, J., Dahl, G.G. 2009. Heat-stress abatement during the dry period. Does cooling improve transition into lactation. J. Dairy Sci. 92 :5988–5999.
- Doležal, O., Knížková, I., Kudrna, V., Dolejš, J., Kunc, P., Gregoriadesová, J. and Černá, D. 2004. Thermal stress in dairy cattle – tactics and strategy (in Czech), VÚŽV Uhřetěves, Praha. 56 pp.
- Dr. L.E. Chase/Dept. of Animal Science/Cornell University/-Graph from the 1981 NRC publication. Key things to point out: Thermoneutral zone
- Drost, M. 1997. Strategies To Reduce Embryonic Mortality In Cattle, in *Proceedings of the Society For Theriogenology*. Montreal, Quebec, Canada, 1997.

- Du Preez, J.H., Hattingh, P.J., Giesecke, W.H. and Eisenberg, B.E. 1990. Heat stress in dairy cattle and other livestock under Southern African conditions, III. Monthly temperature-humidity index mean values and their significance in the performance of dairy cattle, *The Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, 57:243–248 pp.
- Dunlap, S.E., Vincent, C.K. 1971. Influence of post-breeding thermal stress on conception rate in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 32:1216.
- Dunn, R.J.H., Mead, N.E., Willett, K.M. and Parker, D.E. 2014. Analysis of heat stress in UK dairy cattle and impact on milk yields. *Environmental Research Letters* 9, 064006, 11pp
- Ekmekyapar, T. 1991. Hayvan Barınaklarında Çevre Koşullarının Düzenlenmesi, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:306, Erzurum.
- Ekmekyapar, T. 2001. Tarımsal Yapılar, A.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No: 204, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Erzurum.
- Elsasser, T.H., Klasing, K.C., Filipov, N., Thompson, F. 2000. The metabolic consequences of stress: targets for stress and priorities of nutrient use. Ed. Moberg G.P., Mench, J.A. *The Biology of Animal Stress: Basic Principles and Implications for Animal Welfare*. CABI Publishing, pp. 77-110, ISBN: 0 85199 359 1.
- EI-Nouty, F. D., I. M. Elbanna, T. P. Davis, and H.D. Johnson. 1980. Aldosterone and ADH response to heat and dehydration in cattle. *J. Appl. Physiol. Respir. Environ. Exercise Physiol.* 48:249.
- El-Wishy, A. 2013. Fertility of Holstein cattle in a subtropical climate of Egypt, *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 3 (1), 45-51.
- Erb, R. E., P. V. Malven, T. S. Stewart, C. N. Zamet, and B. P. Chew. 1982. Relationships of hormones, temperature, photoperiod, and other factors to voluntary intake of dry matter in pregnant dairy cows prior to parturition. *J. Dairy Sci.* 65:937.
- Estrada, J.M., Hartnell, G.F., Collier, R.J., Hard, D.L. 1994. Heat Stress And The Use of Posilac Bovine Somatotropin In Dairy Cattle. Monsanto Agricultural Company, St. Louis, MO. 1994.
- Evans, A., Williams, E., Walsh, S. 2010. The Physiology of multifactorial problems limiting the establishment of pregnancy in dairy cows, *Acta Scientiae Veterinariae*, 38 (2), 277-315.
- Fabris, T.F., Laporta, J., Skibieli, A.L., Corra, F.N., Senn, B.D., Wohlgemuth, S.E., Dahl, G.E. 2019. Effect of heat stress during early, late, and entire dry period on dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 102:5647–5656.
- Fabris, T.F., Laporta, J., Skibieli, A.L., Dado-Senn, B., Wohlgemuth, S.E., Dahl, G.E. 2020. Effect of heat stress during the early and late dry period on mammary gland development of Holstein dairy cattle. *Effect of heat stress during the early and late*

- dry period on mammary gland development of Holstein dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 103:8576–8586.
- FAO, 2009. Global agriculture towards 2050. High Level Expert Forum Issues Paper. FAO, Rome.
- FAO, 2020. FAO STAT Emissions Shares, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/EM.TÜİK,2020>.
- FAO. 2021. Dünya Sağılan İnek Varlığı Sıralaması.
- Frazzi, E., Calamari, F., Calegari, F. and Stefanini, L. 2000. Behavior of Dairy Cows in Response to Different Barn Cooling Systems. *Transactions of the ASAE, American Society of Agricultural Engineers* 0001-2351/ 00 / 4302-387, 43(2), 387-394.
- Fuquay, J.W. 1981. Heat Stress As It Affects Animal Production. *J Anim Sci* Vol 52, No.1, pp164- 174, 1981.
- Fuquay, J.W., Younas, M., Gonzalez, R.V., Hearne, W.R. and Smith, A.E. 1993. Productive and reproductive responses of dairy cows to fans in a hot, humid environment. *Proc. Fourth International Livestock Environment Symposium, Coventry, England, July production. J. him. Sci., 52: 164-174. 6-9, pp. 1133-1138.*
- Gaafar, H.M.A., El-Gendy, M.E., Bassiouni, M.I., Shamiah, S.M., Halawa, A.A. and Abu El-Hamd, M.A. 2011. Eeffect Of Heat Stress On Perfprmance Of Dairy Friesian Cows. 1- Milk Production And Composition, *Researcher*, 2011; (3(5)), 85-93. 2004.
- Gangwar, P., Branton, C., Evans, D. 1965. Reproductive and physiological responses of holstein heifers to controlled and natural climatic conditions 1, *Journal of dairy science*, 48 (2), 222-227
- Gantner, V., Mijić, P., Kuterovac, K., Solić, D., Gantner, R. 2011. Temperature-humidity index values and their significance on the daily production of dairy cattle, *Mljekarstvo: časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka*, 61 (1), 56- 63.
- Gaughan, J.B., Mader, T.L., Holt, S.M. and Lisle, A. 2008. A New Heat Load Index for Feedlot Cattle. *J. Anim. Sci.*, 86, 226-234.
- Gauly, M., Bollwein, H., Breves, G., Bruegemann, K., Daenicke, S., Das, G., Demeler, J., Hansen, H., Isselstein, J., Koenig, S., Lohoeelter, M., Martinsohn, M., Meyer, U., Potthoff, M., Sanker, C., Schroeder, B., Wrage, N., Meibaum, B., von Samson-Himmelstjerna, G., Stinshoff, H. and Wrenzycki, C. 2013. Future consequences and challenges for dairy cow production systems arising from climate change in Central Europe – a review. *Animal* 7, 843–859.
- Gebremedhin, K.G. 1985. Heat Exchange Between Livestock and the Environment, in *Stress Physiology in Livestock*. Vol.1. Boca Raton: CRC Press, 1985, pp.15-33.

- Gebremedhin, K.G. and Wu, B. 2001. A model of evaporative cooling of wet skin surface and fur layer, *Journal of Thermal Biology*, 26 (6), 537-545.
- Geisert, R.D., Zavy, M.T., Biggers, B.G. 1988. Effect of Heat Stress on Conceptus and Uterine Secretion in the Bovine. *Theriogenology*, Vol.29, No.5, May 1988.
- Graham, A. D., R. J. Christopherson, and J. R. Thompson. 1981. Endocrine and metabolic changes in sheep associated with acclimation to constant or intermittent cold exposure. *Can. J. Anim. Sci.* 61:81.
- Graunke, K.L., Schuster, T. and Lidfors, L.M. 2011. Influence of weather on the behaviour of outdoor-wintered beef cattle in Scandinavia. *Livestock Science* 136, 247–255.
- Güzeloglu, A., Ambrose, J.D., Kassa, T., Diaz, T., Thatchere, M.J., Thatcher, W.W. 2001. Long-term follicular dynamics and biochemical characteristics of dominant follicles in dairy cows subjected to acute heat stress. *Animal Reproduction Science* 66 (2001) 15–34.
- Gwazdauskas, F.C. (1985) Effects of climate on reproduction in cattle. *Journal of Dairy Science*, 68, 1568-1578.
- Hahn, G., Klindinst, P., Wilhite, D. 1992. Climate change impacts on livestock production and management, Paper-American Society of Agricultural Engineers (USA).
- Hales, J., Hubbard, R., Gaffin, S. 1996. Limitation of heat tolerance, *Comprehensive Physiology*.
- Hammami, H., Bormann, J., M’hamdi, N., Montaldo, H. and Gengler, N. 2013. Evaluation of heat stress effects on production traits and somatic cell score of Holsteins in a temperate environment. *Journal of Dairy Science* 96, 1844–1855
- Hansen, P., Areéchiga, C. 1999. Strategies for managing reproduction in the heatstressed dairy cow, *Journal of Animal Science*, 77 (2), 36-50.
- Hansen, P.J. 1994. Causes and possible solutions to the problem of heat stress in reproductive management of dairy cows: *Proceedings of the National Reproductive Symposium*. Pittsburgh, PA, 1994.
- Hansen, P.J. 2007. Managing the Heat-Stressed Cow to Improve Reproduction, Arizona and New Mexico Dairy Newsletter, Cooperative Extension, The University of Arizona New Mexico State University, June.) Managing the Heat-Stressed Cow to Improve Reproduction, Arizona and New Mexico Dairy Newsletter, Cooperative Extension, The University of Arizona New Mexico State University, June.
- Hansen, P.J. 2017. Physiological approaches to improving fertility during heat stress. In: Beede D.K., editor. *Large Herd Dairy Management*. 3rd. American Dairy Science Assn; Champaign-Urbana, Illinois: 2017. 7-24.

- Hansen, P.J., Aréchiga, C.F. 1999. Strategies for managing reproduction in the heat-stressed dairy cow. *J. Dairy Sci.* 82 (Suppl 2) (1999), pp. 36-50.
- Hansen, P.J., Drost, M., Rivera, R.M., Paula-Lopes, F.F., zeKatanani, Y.M., Krininger III.C.E., Chase, C.C. Jr. 2001. Adverse impact of heat stress on embryo production: causes and strategies for mitigation *Theriogenology*. 55: 91-103.
- Hansen, P.J., Thatcher, W.W., Ealy, A.D. 1992. Methods for reducing effects of heat stress on pregnancy, in Van Horn, Wilcox CJ (eds): *Large Dairy Herd Management*. Champaign, IL, American Dairy Science Association, 1992, pp 116-125.
- Hart, I.C. 1983. Endocrine control of nutrient partition in lactating ruminants. *Proc. Nutr. Soc.* 42: 181-194. bunu bul).
- Hill, D.L. and Wall, E. 2014. Dairy cattle in a temperate climate: the effects of weather on milk yield and composition depend on management. *Animal* (2015), 9:1, pp 138–149 / doi:10.1017/S1751731114002456.
- Hillman, P.E., Gebremedhin, K.G., Donald, E.J. 1996. Effect of heat loss to cold skies on daily weight gains of cattle in winter feedlots. *ASAE Annual Meeting*. USA, 1996, 4905-9659.
- Holter, J. B., J. W. West, and M. L. McGilliard. 1997. Predicting ad libitum dry matter intake and yield of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 80:2188–2199.
- Holter, J. B., J. W. West, and M. L. McGilliard, and A. N. Pell. 1996. Predicting ad libitum dry matter intake and yields of Jersey cows. *J. Dairy Sci.* 79:912–921.
- Hossner, K.L. 2005. Hormonal regulation of farm animal growth. CABI Publishing,
- Houari, Y., Z. Morad , M. Zakaria , H. Abdelkader , Y. Walid. 2022. Epigenetic effects of climate on dairy parameters of Prim'Holstein breed in west coast Algeria. *Genetics and Biodiversity Journal* 6(2)
- Houpt, T.R., hanse, M.J. and Reece, W.O. 1993. *Dukes' physiology of domestic animals*.
- Howell, J.L., Fuquay, J.W., Smith, A.E. 1994. Corpus luteum growth and function in lactating Holstein cows during spring and summer. *Journal of Dairy Science* 77:735–739.
- Hurst, P., Termine, P. and Karl, M. 2005. Agricultural workers and their contribution to sustainable agriculture and rural development. Rome and Geneva: FAO and ILO.
- Hussain, S.M., Fuquay, J.W., Younas, X.X. 1992. Estrous cyclicity in nonlactating and lactating holsteins and jerseys during a Pakistani summer. *J. Dairy Sci.*, 75: 2968–2975.
- IDF. 2021. Ulusal Komiteleri Ulusal İstatistikleri.

- Igono, M., Bjotvedt, G. and Sanford-Crane, H. 1992. Environmental profile and critical temperature effects on milk production of Holstein cows in desert climate, *International journal of biometeorology*, 36 (2), 77-87.
- İlhan H. 2018. Marmara bölgesi süt sığırcılığı işletmelerinin sıcaklık-nem göstergesi kullanılarak değerlendirilmesi ve yapısal önlemler. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- İmtiaz Hussain, S.M., Fuquay, J.W., Younas, M. 1992. Estrous cyclicity in nonlactating and lactating holsteins and jersey's during a Pakistani summer. *Journal of Dairy Science* 75:2968–2975.
- Ingraham, R., Stanley, R., Wagner, W. 1976. Relationship of temperature and humidity to conception rate of holstein cows in Hawaii 1, *Journal of dairy science*, 59 (12), 2086-2090.
- Ingraham, R.H., Gillette, D.D., Wagner, W.C. 1974. Relationship of temperature and humidity to conception rate in Holstein cows in a subtropical climate. *J. Dairy Sci.* 57:476.
- J.K.K. Msechu, M.Mgheni and Ola Syrstad. Influence Of Various Climatic Factors On Milk Production In Cattle In Tanzania. *Trop. Anita. Hlth Prod.* (1995) 27, 121-12
- Jacobsen, K.L. 1996. Dairy Production Management Update: The well being of dairy cows in hot and humid climates. Part 1. Housing and effects of heat stress. *Compend Contin Edu Prac Vet*, Volume 18, No 4, April 1996 (Food Animal Medicine), pp. S137-142.
- Johnson H.D. Environmental temperature and lactation (with special reference to cattle) *Int. J. Biometeorol.* 1965;9:103–116.
- Johnson, H. 1987. Bioclimate effects on growth, reproduction and milk production, *World Animal Science* (Netherlands).
- Johnson, H.D. and Kibler, H.H. (Yayınlanmamış veriler).
- Johnson, H., Ragsdale, A., Berry, I. and Shanklin, M. D. 1963. Temperature-humidity effects including influence of acclimation in feed and water consumption of Holstein cattle, *Missouri Agr. Exp. Sta. Res. Bul*, 846.
- Johnson, H., Shanklin, M. and Hahn, L. 1988. Productive adaptability of Holstein cows to environmental heat, *Research Bulletin* (1060).
- Joksimović-Todorović, M., Davidović, V., Hristov, S., Stanković, B. 2011. Effect of heat stress on milk production in dairy cows, *Biotechnology in Animal Husbandry*, 27 (3), 1017-1023.

- Jonsson, N.N., McGowan, M.R., McGuigan, K., Davison, T.M., Hussain, A.M., Kafi, M., Matschoss, A. 1997. Relationships among calving season, heat load, energy balance and postpartum ovulation of dairy cows in a subtropical environment. *Animal Reproduction Science*. Volume 47, Issue 4, July 1997, Pages 315-326,
- Kadzere, C.T., Murphy, M.R., Silanikove, N. and Maltz, E. 2002. Heat Stress in Lactating Dairy Cows: A Review. *Livestock Production Science* 77, 59-91.
- Keister, Z.O., Moss, K.D., Zhang, H.M., Teegerstrom, T., Edling, R.A., Collier, R.L. 2002. Physiological responses in thermal stressed jersey cows subjected to different management strategies. *J Dairy Sci*. 85: 3217-3224.
- Kelly, C.F. and Bond, T.E. 1971. Bioclimatic factors and their measurements. Page 7 in *A Guide to Environmental Research in Animals*. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- Kennedy, B.S. 1999. Thermoregulation and the effects of heat stress on dairy cattle. Bryan Scott Kennedy Mississippi State University College of Veterinary Medicine, Production Medicine Graduate Program. March 4, 1999
- Keown, F.J. and Grant, R.G. 1997. How to Reduce Heat Stress in Dairy Cattle. <http://www.unl.edu/IANR/PUBS/extnpubs/dairy/1063.html>.
- Key, N., Sneeringer, S., Marquardt, D. 2014. Climate change, Heat stress, and U.S. Dairy Production. USDA-ERS Economic Research Report Number 175. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2506668.
- Khodaei-Motlagh, M., Shahneh, A.Z., Masoumi, R., Derensis, F. 2011. Alterations in reproductive hormones during heat stress in dairy cattle, *African Journal of Biotechnology*, 10 (29), 5552-5558.
- Knížková, I. and Kunc, P. 2002. The influence of water evaporative cooling on haematological parameters in dairy cows during heat stress, *Folia Vet*, 46, S18-S19.
- Koubkova, M., Knizkova, L., Kunc, P., Hartlova, H., Flusser, J. and Dolezal, O. 2002. Influence of high environmental temperatures and evaporative cooling on some physiological, hematological and biochemical parameters in high-yielding dairy cows, *Czech Journal of Animal Science*, 47 (8), 309-318.
- Kume, S., Toharmat, T. and Kobayashi, N. 1998. Effect of restricted feed intake of dams and heat stress on mineral status of newborn calves, *Journal of Dairy Science*, 81 (6), 1581-1590.
- Laven, R.A., Holmes, C.W. 2008. A review of the potential impact of increased use of housing on the health and welfare of dairy cattle in New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal*, 2008; 56(4):151-157.

- Legates, J. E., B. R. Farthing, R. B. Casady, and M. S. Barrada. 1991. Body temperature and respiratory rate of lactating dairy cattle under field and chamber conditions. *J. Dairy Sci.* 74:2491–2500.
- Lemerle, C. and Goddard, M. 1986. Assessment of heat stress in dairy cattle in Papua New Guinea, *Tropical animal health and production*, 18 (4), 232-242.
- Lucy, M.C. 2002. Reproductive loss in farm animals during heat stress. In *Proceedings 15th conference on biometeorology and aerobiology* (Vol. 53). Columbia.: University of Missouri.
- Mader, T.L., Davis, M.S. and Brown-Brandl, T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 84, 712–719.doi: 10.2527/2006.843712x.
- Maeda, K., Tsukamura, H. 2006. The impact of stress on reproduction: Are glucocorticoids inhibitory or protective to gonadotropin secretion? *Endocrinology* 147(3):1085–1086.
- Magdub, A., H. D. Johnson, and R. L. Belyea. 1982. Effect of environmental heat and dietary fiber on thyroid physiology of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 65:2323.
- Malayer, J.R., Hansen, P.J., Gross, T.S., Thatcher, W.W. 1990. Regulation of heat shock-induced alterations in the release of prostaglandins by the uterine endometrium of cows. *Theriogenology*. Volume 34, Issue 2, August 1990, Pages 219-230.
- Manteuffel, G. 2002. Central nervous regulation of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis and its impact on fertility, immunity, metabolism and animal welfare-a review. *Arch. Tierz.* 45(6): 575-595.
- Maton, A., Daelemans, J. and Lambrecht, J. 1985. *Housing of Animals*, Elsevier Science Publishers B.V., Netherlands.
- Matsui, T., Padilla, L., Kamiya, M., Tanaka, M., Yano, H. 2006. Heat stress decreases plasma vitamin C concentration in lactating cows. *Livestock Science*. 101: 300-304.
- McDowell, R., Hooven, N. and Camoens, J. 1976. Effect of climate on performance of Holsteins in first lactation, *Journal of Dairy Science*, 59 (5), 965-971.
- McGowan, M., Mayer, D., Tranter, W., Shaw, M., Smith, C., Davison, T. 1996. Relationship between temperature humidity index and conception efficiency of dairy cattle in Queensland, Paper Presented at the Proceedings-Australian Society of Animal Production, Australia, 454-454.
- Mcguire, M.A., Beede, D.K., Delorenzo, M.A., Wilcox, C.J., Huntington, G.B., Reynolds, C.K. and Collier, R.J. 1989. Effects of thermal stress and level of feed intake on portal plasma flow and netfluxes of metabolites in lactating holsteins cows. *J. Anim. Sci.*, 67:1050- 1063.

- McLean, M., Smith, R. 2001. Corticotrophin releasing hormone and human parturation. *Reproduction* 121: 493-501.
- Mejía-Lastra, A.J., LAvenida-Reyes, L., Macías-Cruz, U.S., Rojas-Hernández, S., Aguilar-Quiñonez, J.A., Velázquez-Alcaraz, T.J.X. 2022. Cooling Holstein cows and heifers before parturition during summer: physiological responses prepartum and productive responses postpartum. *Journal of Science and Agricultural Technology*, 3(2), 37-46.
- Meites, J., Nicoll, C.S. and Talwolker, P.K. (1963): The central nervous system and the secretion and release of prolactin. In: *Advances in Neuro Endocrinology*, University of Illinois Press~Urbana Ill., p. 258.
- Meteorologia en Red 2023.
- MGM. 2023. Meteoroloji Genel Müdürlüğü verileri. <https://www.mgm.gov.tr>
- Mihm, M., Roche, J.F., Diskin, M.G. 1997. Physiology and Practice of Induction and Control of Estrus in Cattle, in *The Bovine Practitioner* (AABP), No.31.2, May, 1997.pp 4-10.
- Minton, J.E. 1994. Function of the hypothalamicpituitary-adrenal axis and the sympathetic nervous system in models of acute stress in domestic farm animals. *J. Anim. Sci.* 72: 1891-1898.
- Möstl, E., Choi, H.S., Bamberg, E. 1985. Stimulation of androgen and oestrogen concentrations in plasma cows after administration of a synthetic glucocorticoid (flumethasone) at the end of gestation. *J. Endocrinol.* 105: 121-126.
- Muller, C.J.C. and Botha, J.A. 1994. Effect of shade on various parameters of Friesian cows in a Mediterranean climate in South Africa. 1. Feed and water intake, milk production and milk composition, *S.AftJ.Anim.Sci.* (24(2)), 49-55.
- Munck, A., Guyre, P.M., Holbrook, N.I. 1984. Physiological functions of glucocorticoids in stress and their relationship to pharmacological actions. *Endocr. Rev.* 5: 25-44.
- Munsterhjelm, C. 2009. Housing, stress and productivity: studies in growing and reproducing pigs. University of Helsinki, Academic Dissertation, ISBN: 978-952-10-5903-2, Helsinki.
- Mutaf, S. ve Sönmez, R. 1984. Hayvan Barınaklarında İklimsel Çevre ve Denetimi, Ege Üniv. Ziraat Fak. Yayınları No: 438, E., Ü., Zir. Fak. Ofset Basımevi, Bornova-İzmir.
- Nabenishi, H., Ohta, H., Nishimoto, T., Morita, T., Ashizawa, K., Tsuzuki, Y. 2011. Effect of the temperature-humidity index on body temperature and conception rate of lactating dairy cows in southwestern Japan, *Journal of Reproduction and Development*, 57 (4), 450-456.

- Namekawa, T., Ikeda, S., Sugimoto, M., Kume, S. 2010. Effects of Astaxanthin-containing Oil on Development and Stress Related Gene Expression of Bovine Embryos Exposed to Heat Stress , *Reprod Domest Anim.*, 45: 387-391.
- Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M.S., Bernabucci, U. 2010. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems, *Livestock Science*, 130 (1), 57-69.
- National Research Council (NRC). 1971. A guide to environmental research on animals. Washington, DC: National Academy of Sciences.
- Nickerson, S.C. 1987. Mastitis management under hot, humid conditions, in *Proceedings of the Dairy Herd Management Conference*. Athens, GA, University of Georgia Cooperative Extension Service, 1987.
- NOAA. 1976: Livestock hot weather stress. Operations Manual Letter C-31-76. NOAA, Kansas City, MO.
- Noton, H. 1982. Farm Building. By the College of Estate Management White knights, Reading RGGZAW. London.
- Novák, P., Zabloudil, F., Šoch, M. and Venglovský, J. 2000. Stable environment–significant factor for the welfare and productivity of cows, *Proc. Xth Int. Congress on Animal Hygiene*, Maastricht, The Netherlands, 1019-1024.
- NRC. 1971. A guide to environmental research on animals, vol 12. National Academy of Science, Washington DC, pp 57–59.
- NRC. 1981. Committee on Animal Nutrition. National Academy Press, Washington DC.
- Okuroğlu, M. ve Yağanoğlu, A. 1993. Kültürteknik, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No: 157, Atatürk University, Erzurum, Turkey.
- Olgun, M. 1988. Süt Sığırcı Ahırlarında Optimum Çevre Koşulları, *Hasad Aylık Tarım Dergisi*, Yıl, 4.
- O'Mara, F.P. 2012. The role of grasslands in food security and climate change. *Annals of botany*, 110(6), 1263-1270.
- Ominski, K., Kennedy, A., Wittenberg, K., Nia, S.M. 2002. Physiological and production responses to feeding schedule in lactating dairy cows exposed to short-term, moderate heat stress, *Journal of dairy science*, 85 (4), 730-737.
- Ozawa, M., Hirabayashi, M., Kanai. Y. 2002. Developmental competence and oxidative state of mouse zygotes heat-stressed maternally or in vitro. *Reproduction*. p: 683-689.

- Pehlivan, E. ve Dellal, G. 2014. Memeli Çiftlik Hayvanlarında Stres, Fizyoloji ve Üretim İlişkileri. Hayvansal Üretim , vol.55, no.1 , 25-34.
- Putney, D.J., Drost, M., Thatcher, W.W. 1989. Influence of summer heat stress on pregnancy rates of lactating dairy cattle following embryo transfer or artificial insemination. Theriogenology. 1989 Apr;31(4):765-78. doi: 10.1016/0093-691x(89)90022-8.
- Putney, D.J., Malayer, J.R., Gross, T.S., Thatcher, W.W., Hansen, P.J., Drost, M. 1988. Heat stress-induced alterations in the synthesis and secretion of proteins and prostaglandins by cultured bovine conceptuses and uterine endometrium. Biol Reprod. 1988 Oct;39(3):717-28. doi: 10.1095/biolreprod39.3.717.
- Ravagnolo, O., Misztal, I. 2000. Genetic component of heat stress in dairy cattle, parameter estimation, Journal of dairy science, 83 (9), 2126-2130.
- Ravagnolo, O. and Misztal, I. 2002. Effect of heat stress on nonreturn rate in Holsteins: fixedmodel analyses, Journal of Dairy Science, 85 (11), 3101-3106.
- Ravagnolo, O., Misztal, I. and Hoogenboom, G. 2000. Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of heat index function. Journal of Dairy Science 83, 2120–2125.
- Ray, D., Halbach, T., Armstrong, D. 1992. Season and lactation number effects on milk production and reproduction of dairy cattle in Arizona 1, Journal of dairy science, 75 (11), 2976-2983.
- Rebhun, W.C. 1995. Diseases of Dairy Cattle. blighs and Wilkins. 1995. pp 347-348.
- Renaudeau, D., Collin, A., Yahav, S., de Basilio, V., Gourdine, J. and Collier, R. 2012. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. Animal 6, 707–728.
- Rhoads, M., Rhoads, R., VanBaale, M., Collier, R., Sanders, S., Weber, W., Baumgard, L. 2009. Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin 1, Journal of dairy science, 92 (5), 1986-1997.
- Rhynes, W. E., and L. L. Ewing. 1973. Testicular endocrine function in Hereford bulls exposed to high ambient temperatures. Endocrinology 92:509.
- Robertshaw, D. 1985. Heat Loss of Cattle, in *Stress Physiology in Livestock*. Vol.1. Boca Raton: CRC Press, 1985, pp.55-65.
- Rocha, A., Randel, R.D., Broussard, J.R., Lim, J.M., Blair, R.M., Roussel, J.D., Godke, R.A., Hansel, W. 1998. High environmental temperature and humidity decrease oocyte quality in Bos taurus but not in Bos indicus cows. Theriogenology. 49 657–66

- Roenfeldt, S. 1998, You can't afford to ignore heat stress, *Dairy manage*, 35 (5), 6-12.
- Ronchi, B., Stradaoli, G., Supplizi, A.V., Bernabucci, T. 2001. Influence of heat stress or feed restriction on plasma progesterone, oestradiol-17 β , LH, FSH, prolactin and cortisol in Holstein heifers. *Livestock Production Science* 68(2-3):231-241.
- Rosegrant, M.W., Fernandez, M., Sinha, A., Alder, J., Ahammad, H., de Fraiture, C., Eickhout, B., Fonseca, J., Huang, J., Koyama, O., Omezzine, A.M., Pingali, P., Ramirez, R., Ringler, C., Robinson, S., Thornton, P., van Vuuren, D. & Yana-Shapiro, H. 2009. Looking into the future for agriculture and AKST (Agricultural Knowledge Science and Technology). In McIntyre, B.D., Herren, H.R., Wakhungu, J. & Watson, R.T. (eds). *Agriculture at a Crossroads*. pp.307–376. Washington, DC, Island Press.
- Rosenberg, M., Folman, Y., Herz, Z., Flamenbaum, I., Berman, A., Kaim, M. 1982. Effect of climatic conditions on peripheral concentrations of LH, progesterone and oestradiol-17 β in high milk-yielding cows. *J.Reprod.Fert* (1982):66,134-146.
- Rosenberg, M., Herz, Z., Davidson, M. and Folman, Y. 1977. Seasonal variations in post-partum plasma progesterone levels and conception in primiparous and multiparous dairy cows. *Reproduction*, 51(2), 363-367.
- Roth, Z., Meidan, R., Braw-Tal, R., Wolfenson, D. 2000. Immediate and delayed effects of heat stress on follicular development and its association with plasma FSH and inhibin concentration in cows. *Journal of Reproduction and Fertility*; 120: 83–90.
- Roth, Z., Meidan, R., Shaham-Albalancy, A., Braw-Tal, R., Wolfenson, D. 2001. Delayed effect of heat stress on steroid production in medium-sized and preovulatory bovine follicles. *Journals of Reproduction and Fertility* 121(5):745–751.
- Rouselt, J. D., T. J. Clement, and T. J. Aranas. 1983. Changes of aldosterone in blood serum of dairy cattle during estrous cycle. *J. Dairy Sci.* 66:1734.
- Ryan, D.P., Blakewood, E.G., Lynn, J.W., Munyakazi, L., Godke, R.A. 1992. Effect of heat-stress on bovine embryo development *in vitro*. *J. Anim. Sci.*, 70 (1992), pp. 3490-3497
- Sainsbury, D. and Sainsbury, P. 1988. General environmental effects, In: *Livestock Health and Housing*, Eds: Sainsbury, D. ve Sainsbury, P., ELBS, Bailliere Tindall, London.
- Sainsbury, D.W.B. 1974. Health problems in intensive animal production, In: *Environmental Aspects of Housing for Animal Production*, Eds: Clark, J. A.: Butterworths, London.
- Sakatani, M., Suda, I., Oki, T., Kobayashi, S., Takahashi, M. 2007. Effects of purple sweet potato anthocyanins on development and intracellular redox status of bovine preimplantation embryos exposed to heat shock. *Journal of Reproduction and Development*. 53(3): 605-614.

- Sanchez, W.K., Mcguire, M.A. and Beede, D.K. 1994. Macromineral nutrition by heat stress interactions in dairy cattle: review and original research. *J. Dairy Sci.*, 77:2051-2079.
- Sarı G. 2013. Isı Stresinin Süt İneklerinde Süt Verimi ve Fertilité Parametreleri Üzerindeki Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
- Sartori, R., Sartor-Bergfelt, R., Mertens, S.A., Guenther, J.N., Parrish, J.J., Wiltbank, M.C. 2002. Fertilization and early embryonic development in heifers and lactating cows in summer and lactating and dry cows in winter. *Journal of Dairy Science* 85:2803–2812
- Schneider, P., Beede, D. and Wilcox, C. 1988. Nycterohemeral patterns of acid-base status, mineral concentrations and digestive function of lactating cows in natural or chamber heat stress environments, *Journal of Animal Science*, 66 (1), 112-125.
- Schrock, G.E. 2011. Fertilization of Heat-Stressed Oocytes University of Tennessee, Knoxville. Erişim: <http://casnr.tennessee.edu/HRCAP/projects/Schrock.pdf> Erişim tarihi: 21.01.2012.
- Shearer, J., Mohammed, H., Brenneman, J., Tran, T. 1992. Factors associated with concentrations of immunoglobulins in colostrum at the first milking post-calving. *Prev. Vet. Med.* 1992, 14, 143–154.
- Shearer, J.K., Beede, D.K. 1990. Heat Stress. Part 2. Effects of high environmental temperature on production, reproduction, and health of dairy cattle. *Agri-Practice* 11 (5):6-16, 1990.
- Shearer, J.K., Beede, D.K., Bucklin, R.A., Bray, D.R. 1991. Heat Stress. Part 3. Nutritional management of dairy cattle during hot weather. *Agri-Practice* 12 (5) reprint. 1991.
- Shearer, J.K., Bray, D.R. 1994. Maintenance of Udder Health and Milk Quality During Periods of Hot Weather. University of Florida Cooperative Extension Service, 1994.
- Shinde S. and Taneja, V.K. 1986. Effect of Physical Environment Dairy Milk Yield in Crossbreds, *Amin. Breed. Abst.* (54 (12)), 7668.
- Silvia, W.I., Lewis, G.S., Mccracken, J.A., Thatcher, W.W., I.Wilson, J.R. 1991. Hormonal Regulation of Uterine Secretion of Prostaglandin F2a during Luteolysis in Ruminants. *Biology of Reproduction*: 45, 655-663 (1991).
- Sinha, R., Ranjan, A., Lone, S., Rahim, A., Devi, I., Tiwari, S. 2017. The impact of climate change on livestock production and reproduction: ameliorative management, *International Journal of Livestock Research*, 7(6):1-8 pp.
- Smith, J.F., Collier, R.J., Harner III J.P. and Bradford, B.J. 2012b. Strategies to reduce heat stress in dairy cattle, *Proc Southwest Nutr Management Conf*, Tempe AZ, 65-84.

- Sönmez, M., Demirci, E., Turk, G., Gur, S. 2005. Effect of season on some fertility parameters of dairy and beef cows in Elazığ province. *Turk J. Vet. Anim. Sci.*; 29: 821–828.
- Spiers, D., Spain, J., Sampson, J., Rhoads, R. 2004. Use of physiological parameters to predict milk yield and feed intake in heat-stressed dairy cows, *Journal of Thermal Biology*, 29 (7-8), 759-764.
- Sprott, L.R., Selk, P.G.E., Adam, D.C. 2001. Factors Affecting Decisions on When to Calve Beef Females. *The Professional Animal Scientist* 17:238-246.
- Squires, E.J. 2003. *Applied animal endocrinology*. CABI Publishing, ISBN: 0-85199-594-2, USA. pp. 234.
- St-Pierre, N.R., Cobanov, B., Schnitkey, G. 2003. Economic losses from heat stress by US livestock industries, *Journal of Dairy Science*, 86, E52-E77 pp.
- Stull, C., Messam, L., Collar, C., Peterson, N., Castillo, A., Reed, B., Andersen, K. and VerBoort, W. 2008. Precipitation and temperature effects on mortality and lactation parameters of dairy cattle in California. *Journal of Dairy Science* 91, 4579–4591
- Sutherst, R. 1995. The potential advance of pests in natural ecosystems under climate change: implications for planning and management, *Impacts of climate change on ecosystems and species: terrestrial ecosystems*, 83-98.
- TDSYMB. 2022. E-ıslah veri tabanı kayıtları.
- Thatcher, W.W., Collier, R.J. 1986. Effects of climate on bovine reproduction, in Morrow DA (ed): *Current Therapy in Theriogenology*. Philadelphia, WB Saunders Co, 1986, pp 301-309.
- Thatcher, W.W., Flamenbaum, I., Block, J., Bilby, T.R. 2010. Interrelationships of Heat Stress and Reproduction in Lactating Dairy Cows. High Plains Dairy Conference Amarillo, Texas.
- Thom, E.C. 1959. The discomfort index. *Weatherwise*, 12: 57-59.
- Thompson, G.E. 1985. Lactation and the Thermal Environment, in *Stress Physiology in Livestock*. Vol.1. Boca Raton: CRC Press, 1985, pp. 123-129.
- Thornton, P.K., Boone, R.B., Ramirez-Villegas, J. 2015. Climate change impacts on livestock, CGIAR Resrach program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS) (No. 120), Working Paper, The Netherlands.
- Tilbrook, A.J., Turner, A.I., Clarke, I.J. 2000. Effects of stress on reproduction in non-rodent mammals: the role of glucocorticoids and sex differences. *Rev. Reprod.* 5: 105–113.

- Toda, K., Nakai, F. Ieki, H. Fuzioka, K. Watanabe, H. Iuchi, T. and Terada, F. 2002. Effect of "Effective temperature" on milk yield of Holstein cows in hot and humid environments. *Nihon Chikusan Gakkaiho* 73, 1: 63-100. (In Japanese).
- Trout, J.P., Mcdowell, L.R., Hansen, P.J. 1998. Characteristics of the estrous cycle and antioxidant status of lactating holstein cows exposed to heat stres. *J. Dairy Sci.* 81: 1244-1250.
- Tsigos, C., Chrousos, G.P. 2002. Hypothalamicpituitary-adrenal axis, neuroendocrine factors and stress. *J. Psychosom. Res.* 53: 865-871.
- Tucker, C.B., Rogers, A.R. and Schutz, K.E. 2008. Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasturebased system. *Applied Animal Behaviour Science* 109.
- TÜİK. 2020. Hayvancılık verileri.
- TÜİK. 2022. Hayvancılık verileri.
- Ulberg, L.D., Burfening, P.J. 1967. Embryo death resulting from adverse environment on spermatozoa or ova. *J. Anim. Sci.*, 26 (1967), pp. 571-577.
- Ullah, G., Fuquay, J.W., Clark, B.L. 1950. Effect of Gonadotropin-Releasing Hormone at Estrus on Subsequent Luteal Function and Fertility in Lactating Holsteins During Heat Stress. *J Dairy Sci* 79:1950-1953, 1996.
- Umphrey, J. E., B. R. Moss, C. J. Wilcox, and H. H. Van Horn. 2001. Interrelationships in lactating Holsteins of rectal and skin temperatures, milk yield and composition, dry matter intake, body weight, and feed efficiency in summer in Alabama. *J. Dairy Sci.* 84:2680-2685
- USK. 2021. Süt Raporu: Dünya ve Türkiye’de Süt Sektör İstatistikleri. Ankara.
- Uzal, S. ve Uğurlu, N. 2009. The Effects of Seasons on the Area Usage of Animals in Freestall Dairy Cattle Barn. *International Coference Lake and Nutrient Loads. Alblakes* 09, April 24-25: 240-245.
- Vaidya, M.M., Kumar, P. and Singh, S.V. 2012. Circadion changes in heat storage and heat loss through sweating and panting in karan fries cattle during different seasons. *Biological Rhythm Research*, 43:2, 137-146.
- Vaught, L. W., D. E. Monty, Jr., and W. C. Foote. 1977. Effect of summer heat stress on serum Holstein-Friesian cows in Arizona. *Am. J. Vet. Res.* 38:1027.
- Wathes, C., Jones, C. and Webster, A. 1983. Ventilation, air hygiene and animal health, *Veterinary Record*, 113 (24), 554-559.
- Webster, A.J. 1970. Direct effects of cold weather on the energetic efficiency of beef production in different regions of Canada. *Can. J. Anim. Sci.* 50:563-573.

- Webster, A.J.F. 1981. Optimal Housing criteria for ruminants, In: Environmental Aspects of Housing for Animal Production, Eds: Clark, J. A.: Butterworths, London, p.
- Webster, A.J.F. 1994. Comfort and Injury. In “Livestock Housing”, C.M. Wathes and D.R. Charles (ed.), University Press, Cambridge, pp. 49-67.
- West, J. 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle, *Journal of Dairy Science*, 86 (6), 2131-2144
- West, J.W. 2002. Effects of heat stress on production in dairy cattle. *J.Dairy Science*. 86(6): 2131-2144.
- West, J.W., Mullinix, B.G. and Bernard, J.K. 2003. Effects of hot, humid weather on milk temperature, dry matter intake, and milk yield of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 86, 232–242
- Wheelock, J., Rhoads, R., VanBaale, M., Sanders, S., Baumgard, L. 2010. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows¹, *Journal of dairy science*, 93 (2), 644-655.
- White, F.J., Wettemann, R.P., Looper, M.L. Pradot, T.M., Morgan, G.L. 2002. Seasonal effects on estrous behavior and time of ovulation in nonlactating beef cows. *J. ANIM. SCI.* 80(12): 3053-3059.
- Williams, C. 1959. Influence of winter conditions on the feed and water intake of feedlot steers, *Journal of Animal Science*, 1177-1178.
- Wilson, S.J., Marion, R.S., Spain, J.N., Spiers, D.E., Keisler, D.H. and Lucy, M.C. 1998b. Effects of controlled heat stress on ovarian function of dairy cattle. 1. Lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 81(8), 2124-2131.
- Wise, M.E., Armstrong, D.V., Huber, J.T., Hunter, R., Wiersma, F. 1988. Hormonal alterations in the lactating dairy cow in response to thermal stress. *J. Dairy Sci.*, 71 (1988), pp. 2480-2485.
- WMO. 1989. Animal health and production at extremes of weather (Reports of the CAgM Working Groups on Weather and Animal Disease and Weather and Animal Health). Technical Note No. 191 (WMO-NO. 685), Genova.
- Wolfenson, D., Flamenbaum, I., Berman, A. 1988. Dry period heat stress relief effects on prepartum progesterone, calf birth weight, and milk production. *J. Dairy Sci.*, 71 (1988), pp. 809-818.
- Wolfenson, D., Lew, B.J., Thatcher, W., Graber, Y., Meidan, R. 1997. Seasonal and acute heat stress effects on steroid production by dominant follicles in cows. *Anim Reprod Sci.* 1997 May;47(1-2):9-19. doi: 10.1016/s0378-4320(96)01638-7.

- Wolfenson, D., Roth, Z., Meidan, R. 2000. Impaired Reproduction in Heat-Stressed Cattle: Basic and Applied Aspects. *Anim. Reprod. Sci.*, 60;61: 535-547
- Wolfenson, D., Thatcher, W.W., Badinga, L., Savio, J.D., Median, R., Lew, B.J., Braw-Tal, R., and Berman, A. 1995. Effect of Heat Stress on Follicular Deveopment During the Estrous Cycle in Lactating Dairy Cattle. *Biology of Reproduction* 52, 1106-1113 (1995)
- Wolff-Vaught, L., Monty, D.E., Foote, W.C. 1977. Effect of summer heat stress on serum luteinizing hormone and progesterone values in HolsteinFriesian cows in Arizona. *Am. J. vet. Res.* 38, 1027-1030.
- Wright, I.A., Tarawali, S., Blummel, M., Gerard, B., Teufel, N., Herrero, M. 2012. Integrating crops and livestock in subtropical agricultural systems. *J. Sci. Food Agric.* 92, 1010–1015.
- Yadav, S., Anand, M. 2013. Stress and lactation: an overview. Ed. Yadav, S., Kumar, J., Madan, A.K., Yadav, B., Anand, M. *Physiology and NutriGenomics, Underpinning Animal Production*. ISBN: 978-81-928693-1-5.
- Younas, M., Fuquay, J.W., Smith, A.E., Moore, A.B. 1993. Estrous and endocrine responses of lactating Holsteins to forced ventilation during summer. *Journal of Dairy Science* 76:430–434.
- Young, B. A. 1983. Ruminant cold stress: Effect on production. *J. Anim. Sci.* 57:1601.
- Yousef, M.K. 1985a. Stress Physiology-Definition and Terminology, in *Stress Physiology in Livestock*. Vol.1. Boca Raton: CRC Press, 1985, pp.3-7.
- Yousef, M.K. 1985b. Thermoneutral Zone, in *Stress Physiology in Livestock*. Vol.1. Boca Raton: CRC Press, 1985, pp.67-73.
- Yousef, M.K., H.D. 1967. Calori-genesis of dairy cattle as influenced by hydro-cortisone and environmental temperature. *J. Anita. Sei.* 26:1087.
- Yousef, M.K., Johnson, H.D. 1985. Endocrine System and Thermal Environment, in *Stress Physiology in Livestock*. Vol.1. Boca Raton: CRC Press, 1985, pp. 47-54.
- Yüksel, A.N. 1984. Trakya Bölgesi Hayvan Barınaklarının Planlanmasında Göz önünde Tutulması Gereken Genel İlkeler, Trakya Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Trakya Hayvancılık Semineri, 27 Nisan 1984, Tekirdağ.
- Zeron, Y., Ocheretny, A., Kedar, O., Borochoy, A., Sklan, D., Arav, A. 2001. Seasonal changes in bovine fertility: relation to oocyte developmental competence, membrane properties and follicle fatty acid composition *Reproduction*.121 447–454.
- Zewdu, W., Thombre, B.M. and Bainwad, D. 2014. Effect of macroclimatic factors on milk production and reproductive efficiency of Holstein Friesian×Deoni crossbred cows. *J. Cell Anim. Biol*, 8(4), 51-60.

- Zhandi, M., Towhidi, A., Nasr-Esfahani, M., Zare-Shahneh, A. 2009. Unexpected Detrimental Effect of IGF-1 on Bovine Oocyte Developmental Competence Under Heat Stress .J Assist Reprod Genet; 26: 605-611.
- Zimbelman, R.B., Rhoads, R.P., Rhoads, M.L., Duff, G.C., Baumgard, L.H. and Collier, R.J. 2009. A Re-evaluatio of the Impact of Temperature Hu-midity index (THI) and Black Globe Temperature Humidity Index (BGHI) on Milk Production in High Producing Dairy Cows. Proc. 24th Southwest Nutrition and Management Conference, Tempe, AZ, 158-168.

