

ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKARA İLİ'NDE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN HAYVAN BARINAKLARI  
ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Necati Denizhan ALPTEKİN

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

ANKARA  
2025

Her hakkı saklıdır

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### ANKARA İLİ'NDE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN HAYVAN BARINAKLARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Necati Denizhan ALPTEKİN

Ankara Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Havva Eylem POLAT

Bu Yüksek Lisans Tez çalışmasında iklim değişikliğinin Ankara İli koşullarında hayvan barınaklarının tasarımına etkileri incelenmiştir. Araştırmada geçmiş yılların iklimsel verileri elde edilerek farklı model ve senaryolar yardımıyla gelecek yılların veri tahminleri yapılmıştır. Çalışmada GFDL, HadGEM, MPI olmak üzere 3 farklı model kullanılmıştır. Bu modeller RCP 4.5 ve RCP 8.5 olmak üzere 2 farklı senaryo ile değerlendirilmiştir. Diğer yandan tez çalışması için seçilen mevcut hayvan barınakları projeleri üzerinde iklimsel çevre denetimi ve yalıtım hesapları yapılmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda günümüz için elde edilen değerler ile gelecek yıllar için hesaplanan iklimsel çevre denetimi ve yalıtım hesapları sonuçlarının karşılaştırmaları yapılmıştır. Böylece iklim değişikliği etkileri altında gelecekte hayvan barınaklarının yetiştiriciler için yapısal ve ekonomik yönden nasıl daha avantajlı bir duruma getirilebileceği belirlenmiştir.

**Haziran 2025, 59 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Hayvan barınakları, İklim değişikliği, İklim modelleri, İklim senaryoları

## **ABSTRACT**

Master Thesis

### **INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON ANIMAL SHELTERS IN ANKARA PROVINCE**

Necati Denizhan ALPTEKİN

Ankara University  
Graduate School of Natural and Applied Science  
Department of Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor: Prof. Dr. Havva Eylem POLAT

This master's thesis examined the effects of climate change on the design of animal shelters in Ankara Province. The study used climatic data from previous years to generate forecasts for future years using various models and scenarios. Three different models were used in the study: GFDL, HadGEM, and MPI. These models were evaluated using two different scenarios: RCP 4.5 and RCP 8.5. Furthermore, climatic environmental control and insulation calculations were performed on existing animal shelter projects selected for the thesis. The data obtained from these calculations were compared with the results of climatic environmental control and insulation calculations for future years. This determined how animal shelters could be structurally and economically more advantageous for breeders under the impact of climate change.

**June 2025, 59 pages**

**Key Words:** Animal Shelters, Climate Change, Climate models, Climate scenarios

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimime başladığım günden beri akademik çalışmalarımı yönlendiren, tez çalışmamın planlanmasında ve araştırılmasında bilgi, öneri ve yardımlarını esirgmeden katkıda bulunan, eleştirileriyle beni her zaman düşünmeye ve daha iyisini yapmaya yönlendiren, akademik etiği öğreten, bana her zaman destek olan ve yol gösteren danışman hocam sayın Prof. Dr. Havva Eylem POLAT'a teşekkürlerimi sunarım.

Necati Denizhan ALPTEKİN  
Ankara, Haziran 2025

## İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	
ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	viii
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ .....	8
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	18
3.1 Materyal.....	18
3.1.1 Çalışma alanı .....	18
3.1.2 Küresel iklim modelleri .....	19
3.1.3 İklim senaryoları .....	23
3.2 Yöntem .....	24
3.2.1 Meteorolojik veriler .....	25
3.2.2 İklimsel çevre denetimi hesapları .....	26
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	29
4.1 Üzerinde Çalışılan Hayvan Barınakları.....	31
4.2 Uygun İklim Modelinin Belirlenmesi .....	40
4.3 İklimsel Çevre Denetimi Hesapları .....	45
5. SONUÇ.....	53
KAYNAKLAR .....	55
ÖZGEÇMİŞ.....	59

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

°	: Derece
°C	: Santigrad Derece
$\Lambda$	: Isı iletkenlik katsayısı
cm	: Santimetre
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
GFDL	: Geophysical Fluid Dynamics Laboratory Earth System Modeli V. 2M
h	: Saat
ha	: Hektar
HadGEM	: Hadley Küresel Çevre Modeli
IPCC	: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
kcal	: Kilokalori
kg	: Kilogram
km	: Kilometre
m	: Metre
m <sup>2</sup>	: Metrekare
mm	: Milimetre
mK	: Metre Kelvin
MPI	: Max-Planck-Institute Earth System Modeli
W	: Watt

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre Türkiye yıllık ortalama sıcaklık değişimi (1971-2024) Meteoroloji Genel Müdürlüğü .....	2
Şekil 1.2 Türkiye yıllık ekstrem olay sayıları (1940-2024) Meteoroloji Genel Müdürlüğü (Anonim, 2023) .....	3
Şekil 1.3 Sera gazı emisyon istatistikleri (2024) Türkiye İstatistik Kurumu (milyon ton CO2 eşdeğeri) (Anonim, 2025).....	6
Şekil 2.1 Değerlendirme adımları (Schaap, 2011) .....	12
Şekil 3.1 Ankara ili ve ilçeleri (Anonim, 2015).....	18
Şekil 3.2 Küresel iklim modellerinin gelişimi (Anonim, 2023).....	20
Şekil 3.3 Çalışmanın özeti - akış şeması.....	24
Şekil 4.1 50 Baş süt sığırı barınağı taban planı .....	33
Şekil 4.2 100 Baş süt sığırı barınağı taban planı.....	35
Şekil 4.3 120 Baş süt sığırı barınağı taban planı.....	37
Şekil 4.4 250 Baş süt sığırı barınağı taban planı.....	39
Şekil 4.5 2024-2098 Yılları arasındaki yıllık ortalama sıcaklık tahmini (C°).....	42
Şekil 4.6 2024-2098 Yılları arasındaki ocak ayı en düşük sıcaklık tahminleri (C°) .....	43
Şekil 4.7 2024-2098 Yılları arasındaki temmuz ayı en yüksek nem tahminleri (%) .....	45
Şekil 4.8 50 Baş süt sığırı işletmesi yalıtım kalınlıkları (cm) ve uygulama bölgeleri .....	47
Şekil 4.9 100 Baş besi sığırı işletmesi yalıtım kalınlıkları (cm) ve uygulama bölgeleri.....	48
Şekil 4.10 120 Baş süt sığırı işletmesi yalıtım kalınlıkları (cm) ve uygulama bölgeleri .....	50
Şekil 4.11 250 Baş besi sığırı barınağı yalıtım kalınlıkları (cm) ve uygulama bölgeleri.....	52

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 İklim değişikliğinin hayvancılık üzerindeki etkileri ve çözüm önerileri .....	5
Çizelge 2.1 Kullanılan iklim modelleri (Kontgis, 2019).....	10
Çizelge 2.2 Çalışmada kullanılan iklim modelleri (Muhiddin vd. 2015) .....	12
Çizelge 2.3 Senaryolar, küresel ve bölgesel iklim modelleri (Hempel vd. 2019).....	15
Çizelge 3.1 Ankara ilindeki hayvansal üretim yapılan işletmelerdeki hayvan sayıları,..	19
Çizelge 3.2 HadGEM2 sürümleri.....	21
Çizelge 3.3 RCP senaryoları CO <sub>2</sub> konsantrasyonları .....	23
Çizelge 3.4 Meteorolojik veriler .....	25
Çizelge 4.1 Malzemelerin ısı iletkenlik değerleri .....	29
Çizelge 4.2 Gözlenen ve GFDL modeli ile 4.5 ve 8.5 senaryolarındaki 9 yıllık ortalama sıcaklık .....	40
Çizelge 4.3 Gözlenen ve HG modeli ile 4.5 ve 8.5 senaryolarındaki 9 yıllık ortalama sıcaklık .....	41
Çizelge 4.4 Gözlenen ve MPI modeli ile 4.5 ve 8.5 senaryolarındaki 9 yıllık ortalama sıcaklık .....	41
Çizelge 4.5 Gözlenen ve GFDL modeli ile 4.5 ve 8.5 senaryolarındaki 9 yıllık ortalama nispi nem .....	43
Çizelge 4.6 Gözlenen ve HG modeli ile 4.5 ve 8.5 senaryolarındaki 9 yıllık ortalama nispi nem .....	44
Çizelge 4.7 Gözlenen ve MPI modeli ile 4.5 ve 8.5 senaryolarındaki 9 yıllık ortalama nispi nem .....	44
Çizelge 4.8 Ocak ayı en düşük ve temmuz ayı en yüksek nem .....	46
Çizelge 4.9 50 Baş süt sığırı işletmesi ısı kayıpları (kcal/h) .....	46
Çizelge 4.10 Çiğlenme değerleri.....	47
Çizelge 4.11 100 Baş süt sığırı işletmesi ısı kayıpları (kcal/h) .....	48
Çizelge 4.12 Çiğlenme değerleri.....	49
Çizelge 4.13 120 Baş süt sığırı işletmesi ısı kayıpları (kcal/h) .....	49
Çizelge 4.14 Çiğlenme değerleri.....	51
Çizelge 4.15 250 Baş besi sığırı işletmesi ısı kayıpları (kcal/h) .....	51
Çizelge 4.16 Çiğlenme değerleri.....	52

## 1. GİRİŞ

Tarım, insanların yerleşik hayata geçtiği günden beri yaptığı en eski üretim sistemlerinden bir tanesidir. Tarımsal üretim sistemlerini iki genel kategoriye ayırabilmekteyiz. Bunlar bitkisel üretim sistemleri ve hayvansal üretim sistemleri olarak adlandırılmaktadır.

İklim değişikliğinin tarımsal üretim sistemleri üzerinde yarattığı stres nedeniyle gıda güvenliği önemli bir tehdit ile karşı karşıyadır. Atmosferdeki sera gazlarının artması ile ortalama sıcaklıklarda her geçen yıl bir önceki yıldan sıcak olmaktadır. Dünyanın ortalama sıcaklığı sürekli olarak artarken günümüzden 2100 yılına kadar 2°C'lik bir artış beklenmektedir. Yapılan çeşitli çalışmalarda, bu durumun gerçekleşmesi ile küresel düzeyde önemli ekonomik kayıpların oluşacağı öngörülmektedir (Malhi 2021).

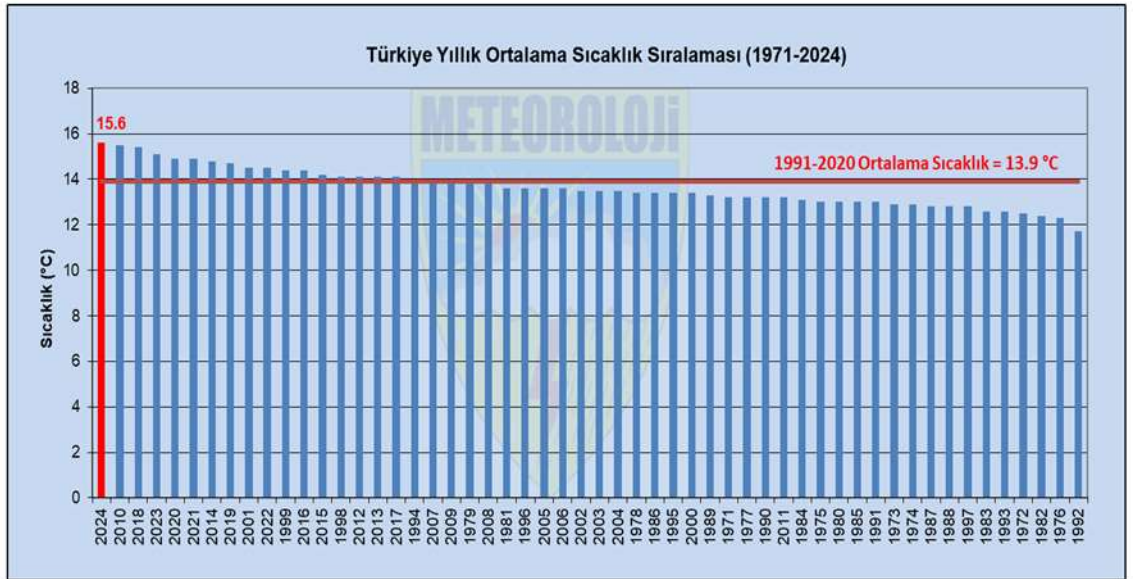
İklim değişikliği, tarım sektörünü farklı şekillerde etkilemektedir. Bitkinin solunumu ve transpirasyon oranının artmasına neden olan yüksek sıcaklıklar nedeniyle bitki büyümesi negatif yönde etkilenmektedir. Tarım üreticileri, artan sıcaklıklar ve azalan yağışlardan doğrudan etkilenmekte ve bu yönde önlemler almaya ve geliştirmeye çalışmaktadırlar (Karki 2020).

Tarım, iklim değişikliğinden en çok etkilenen sektörlerin başında gelmektedir. Özellikle bitkisel üretim olumsuz hava koşullarından fazlasıyla etkilenmektedir. Buna karşın, bazı çok soğuk bölgelerde iklim değişikliğinin üretim faaliyetlerine nadiren de olsa olumlu etkileri gözlemlenmiştir. İklim değişikliği sıcaklık ve yağış rejimlerini ciddi şekilde etkilediğinden ürün verimlerinde dalgalanmalar yaşanabilmektedir. Bu dalgalanmalar bitkisel üretim sistemlerinin iklimsel durumlara karşı hassas olduğunu düşündürmektedir (Anwar, 2015). Gerçekleşen olaylara bakıldığında, iklim değişikliğinin tarımsal verim üzerindeki etkilerinin ülkeden ülkeye, ürün çeşidine, elde edilmek istenen verim ve kaliteye göre farklı seviyelerde olduğu söylenebilir.

Avrupa kıtasındaki tarımsal üretim alanlarına baktığımızda çoğunlukla orta ve güney Avrupa'da olduklarını görmekteyiz. İklim değişikliği nedeniyle ilerleyen yıllarda Güney

Avrupa kuraklık ve su kıtlığı tehlikesi ile karşılaşabilir ve ekim alanlarının ve ürün veriminin düşmesine neden olabilir. Fakat Kuzey Avrupa’da ortalama sıcaklıkların artmasıyla bu bölgelerde daha önce yetiştirilemeyen ürünlerin ekilmesine olanak sağlayabilir (Olesen 2002). Carter vd. (1996) yaptığı bir çalışmaya göre ortalama sıcaklıkların 120-150 km’de 1°C artmasıyla ilkbahar tahılları için uygun alanların kuzeye doğru kaydığını belirlemiştir.

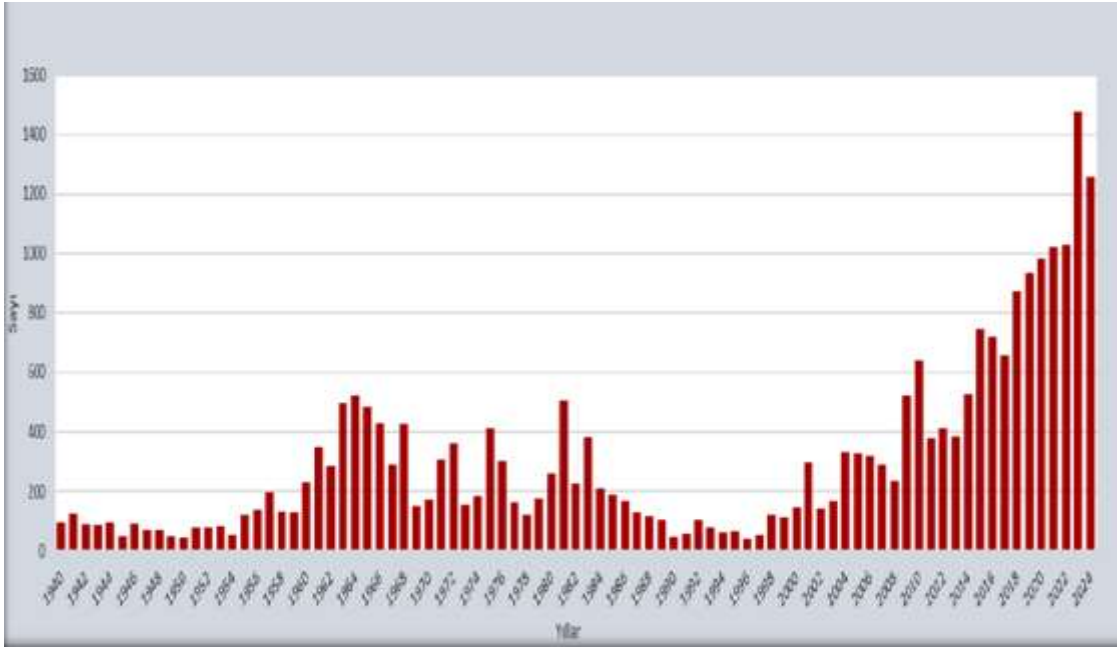
Şu bir gerçek ki iklim değişikliği dünyanın her yerinde etkisini daha da arttırmaktadır. Ülkemiz de bu durumdan her geçen gün daha fazla etkilenmektedir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün Türkiye 2024 Yılı Erken İklim Değerlendirmesi verilerine göre ülkemizde 8 ay için sıcaklık ortalaması 16.8°C ölçülmüştür. Bu değer, 1991-2020 arası normal olan 2.3°C’nin oldukça üzerindedir. 2024 yılı ülkemiz için 1971’den beri en sıcak yıl olarak belirlenmiştir. Şekil 1.1’de 1971-2024 arası ilk 8 aylık ortalama sıcaklıklar görülmektedir.



Şekil 1.1 Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre Türkiye yıllık ortalama sıcaklık değişimi (1971-2024) Meteoroloji Genel Müdürlüğü (Anonim, 2023)

Şekil 1.1 incelendiğinde, ortalama sıcaklıkların her geçen yıl arttığı görülmekte olup günümüze yaklaştıkça artış değerlerinin daha agresif olduğu izlenmektedir.

İklim değişikliğinin etkileri sadece ortalama sıcaklık değerinin değişmesi olarak algılanmamalıdır. Ülkemizde son dönemde her bir bölgede geçmişe göre çok daha fazla sayıda ekstrem hava olayları gerçekleşmektedir. Şekil 1.2’de 1940-2024 arası yıllardaki ekstrem hava olayları görülmektedir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre 2024’n ilk sekiz ayında gerçekleşen ekstrem hava olayı sayısı 900 olarak belirlenmiştir. Bu hava olaylarının %36’sı Şiddetli yağış ve sel, %22’si dolu ve %19’u fırtına olmuştur. Bu yaşanan hava olaylarının her biri tarımsal üretime zarar vermektedir.



Şekil 1.1 Türkiye yıllık ekstrem olay sayıları (1940-2024) Meteoroloji Genel Müdürlüğü (Anonim, 2023)

Şekil 1.2’den 1940 yılı ile 2000 yılları arasında ekstrem hava olaylarının sıklığının sonraki yıllara göre oldukça düşük olduğu izlenmektedir. İklim değişikliğinin etkilerinin arttırmasının sebeplerinden biri olan bu durumun ciddi olduğu söylenebilir.

İklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerindeki etkileri sadece ekstrem hava olayları ile sınırlandırılmamalıdır. Değişen evre koşulları, hayvanlar için hastalıkların artması ve farklı hastalıkların ve hastalık yapıcı canlıların görülmesi gibi olayların göz önüne alınmalıdır.

İklim değişikliği etkilerine ilişkin olarak yapılan çalışmalar incelendiğinde, araştırmaların büyük bir çoğunluğunun bitkisel üretim ile ilgili olduğu görülmektedir. Tarımsal üretimin diğer bir kolu olan hayvancılık da iklim değişikliği olaylarından oldukça etkilenmektedir. Hayvancılık için yem bitkileri ve hammaddeleri üretimine ilişkin verim ve kalite çalışmaları yapılmış olsa da iklim değişikliğinin hayvansal üretim üzerindeki etkisi bunlarla sınırlı değildir. İklim değişikliğinin hayvancılık üzerindeki etkileri doğrudan ve dolaylı olarak ikiye ayrılabilir. Doğrudan etkiler, ortalama sıcaklık değişimleri nedeniyle oluşabilecek ısı stresi, yem yeme alışkanlıklarının değişimi, davranışsal değişiklikler, hayvanların üreme sıklığının değişmesi olarak; dolaylı etkiler ise yem ürünlerindeki miktar ve kalite değişimleri, su kaynaklarındaki azalmanın etkisiyle meraların azalması, sıcaklık artışı nedeniyle hastalıkların artması olarak değerlendirebilir.

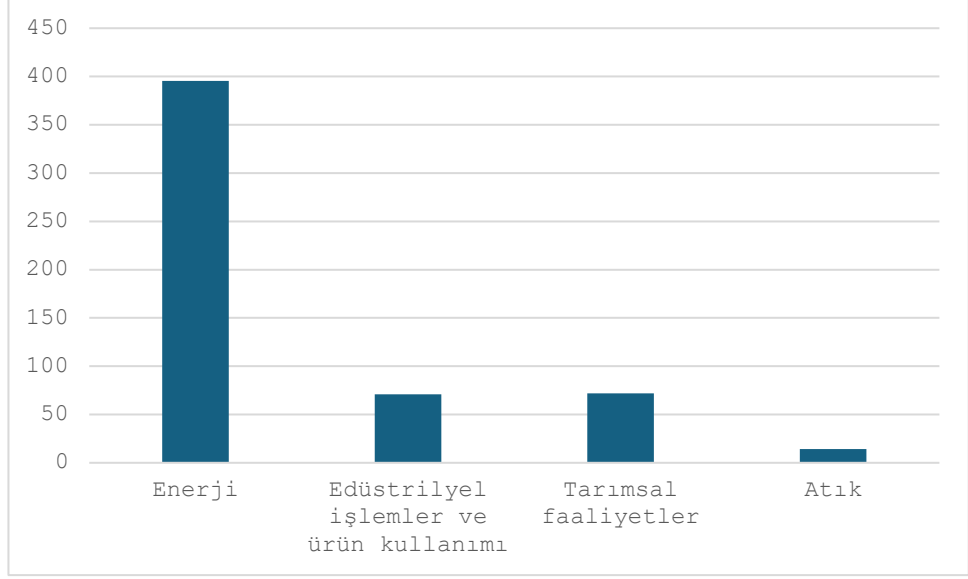
Tarım üreticilerinin iklim değişikliğine karşı adaptasyon yöntemlerini geliştirmeleri gerekmektedir. rnek olarak arazi seçimleri, kuraklığa uygun bitki türlerinin seçilmesi, farklı ekim uygulamaları vb. bu yöntemler içerisinde sıralanabilir. Üreticiler dışında tüketicilerin de gıda tüketim alışkanlıklarını değiştirmeleri ve israftan uzak durmaları gerekmektedir (Anderson 2020). Tarımın iklim değişikliği nedeniyle karşılaşacağı olumsuz etkileri azaltmak için yeni teknolojiler ve ürün çeşitlendirmesi gibi yöntemler uygulanabilir (Lal 2021). Çizelge 1.1’de iklim değişikliğinin hayvancılık üzerindeki olası etkileri ve çözüm nerileri özetlenmektedir.

Çizelge 1.1’de iklim değişikliğinin hayvancılık üzerindeki olumsuz etkileri sıcaklık değişimleri, kuraklık, fırtına – sel – taşkın ve deniz seviyesindeki değişimler olmak üzere dört ana başlık altında değerlendirilerek çözüm nerileri sunulmuştur.

Çizelge 1.1 İklim değişikliğinin hayvancılık üzerindeki etkileri ve çözüm önerileri (Koyuncu 2017)

İklim Değişiklikleri	Problemler	Çözüm Önerileri
Sıcaklık Artışı	-Hayvan sayısında azalma (Meraların azalması, yem yeme alışkanlığı değişimi nedeniyle canlı ağırlığındaki değişimler, üreme performans düşmesi) -Isı stresi -Davranış değişiklikleri -Hayvan ölümlerinde artış	-Isı stresine dayanıklı hayvan türlerinin kullanılması -Kuraklığa dayanıklı yem bitkilerinin yetiştirilmesi ve geliştirilmesi
Kuraklık	-Mera ve çayırarda ot yem miktarının azalması -Su kıtlığı	-Ek yemleme sıklığının arttırılması -Yeni su kaynaklarının araştırılması
Fırtına ve Su Taşkınları	-Hayvan kayıpları	-İşletmelerin yapılacağı alanların bu tür olaylardan en az etkilenecek yerlerde kurulması
Deniz Seviyesinin Yükselmesi	-Topraktaki tuzluluk artışı -Yeraltı sularına tuzlu suyun karışması	-Tuzluluğa dayanıklı bitki türlerinin yetiştirilmesi ve geliştirilmesi -Yağmur suyu hasadına önem verilip bu yönde uygulamaların arttırılması

Tarım, sera gazı üretiminde büyük payı olan sektörlerin başında gelmekte ve bundan dolayı tarımsal sistemlerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılması büyük bir önem taşımaktadır. Sera gazı emisyonlarına neden olan sektörler Şekil 1.3'te görüldüğü gibi 4 ana bölüme ayrılabilir. Bunlar; enerji, endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı, tarımsal faaliyetler ve atıklardır. Tarım, ülkemizde yapılan ölçümlere göre bu sektörler arasında üçüncü sırada yer almaktadır.



Şekil 1.2 Sera gazı emisyon istatistikleri (2024) Türkiye İstatistik Kurumu (milyon ton CO<sub>2</sub> eşdeğeri) (Anonim, 2025)

Şekil 1.3'te ülkemizdeki 2023 yılı süresince sektörlerin sera gazı emisyon dağılımı görülmektedir. Tarımsal faaliyetler 71.8 milyon ton CO<sub>2</sub> emisyonuna neden olmuştur (TÜİK, 2023).

Tarımsal faaliyetler arasında sera gazı emisyonuna en çok neden sektör hayvansal üretim faaliyetleridir. Gıda kaynaklı sera gazı emisyonlarının yarısına hayvansal ürünlerin üretimi neden olmakta (Garnett 2009) ve bunun küresel sera gazı emisyonununun %18'ini oluşturduğu belirlenmiştir (FAO, 2006).

İklim değişikliğinin gelecekte tarımsal faaliyetlerin yönünü belirleyeceği oldukça açıktır. Bitkisel üretimde ekim-dikim-hasat işlemlerinden, istenilen düzeyde kalite ve verim için alınması gereken tedbirlere kadar tüm faaliyetler iklim değişikliğinin etkilerine göre planlanmalıdır. Bu konuda yapılmış olan ve hali hazırda devam eden birçok bilimsel araştırma bulunmaktadır. Diğer yandan hayvansal üretimde konuya ilişkin yapılan çalışmaların sayısı yok denecek kadar azdır. Hayvancılık, iklimsel koşullardan ve fiziksel çevreden doğrudan etkilenen bir tarımsal üretim faaliyetidir. Hayvansal üretimi oluşturan her bir bileşen kendi içerisinde bile bir sistemi ifade eder. Bu nedenle iklim değişikliğinin hayvancılık üzerindeki etkilerinin belirlenmesi oldukça karmaşık bir çalışmayı gerektirir. Hayvancılığın gıda gereksinimindeki önemi göz önüne alındığında iklim değişikliğinin

hayvansal üretim üzerindeki etkilerini ve hayvancılığın yetiştiriciler için mevcut fiziksel ve ekonomik koşullarda sürdürülebilirliğini sağlamada alınması gereken önlemleri belirlemek amacıyla daha çok bilimsel çalışma yapılmalıdır.

Bu Yüksek Lisans Tezi çalışmasında, iklim değişikliğinin, hayvancılıkta verim ve kaliteye doğrudan etki eden ve fiziksel çevreyi oluşturan barınaklar için gelecek yıllardaki konstrüksiyon ve yapı malzemeleri seçimleri üzerindeki olası etkileri araştırılmıştır. Elde edilen meteorolojik veriler iklim senaryoları üzerinden değerlendirilmiştir. Mevcut duruma ve gelecek yıllara ilişkin iklimsel veriler kullanılarak seçilen hayvan barınakları projeleri üzerinden barınak iç ortam iklimsel çevre denetimi hesapları yapılmıştır. Bu şekilde yıllar bazında barınaklarda uygulanabilecek konstrüksiyon ve kullanılacak uygun yapı malzemeleri ve kalınlıkları (özellikle de yalıtım malzemeleri için) belirlenmiştir. Böylece günümüz ve gelecek yıllar için iklim değişikliği etkisi altında hayvan barınaklarının tasarımında emniyet ve ekonomik olma koşullarını sağlayarak malzeme ve konstrüksiyonlarda ne oluşabilecek farklılıklar değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme hayvan barınaklarının yapısal emniyeti ve olabildiğince ekonomik olarak sürdürülebilirliğini sağlama yönünden büyük önem taşımaktadır. Özellikle konu ile ilgili yapılmış ulusal ve uluslararası çalışmaların kısıtlı olması nedeniyle bu çalışmanın sonraki araştırmalara bir rehber niteliğinde olacağı düşünülmektedir.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bocchiola vd. (2013) yaptığı “İklim değişikliği senaryolarının İtalya’nın Po Vadisi’ndeki mısırın ürün verimi ve su ayak izi üzerindeki etkisi” başlıklı çalışmada 2001-2010 arası Cremona ili verim verileri kullanılarak yapılmıştır. Bu veriler İtalyan İstatistik Enstitüsü’nden alınmıştır. Ancak 2001 yılı öncesine dair veri yoktur. Ayrıca spesifik olarak Persico Dosimo’ya ait özel bir veri seti bulunmamaktadır. Bu veriler CropSyst programı kullanılarak bölgeye özel olarak kalibrasyonu yapılmıştır. Çıkan sonuçlara göre sulama olmadan, otomatik sulama ve manuel sulama olarak 3 tür sulamanın kullanılabilmesi belirlenmiştir. Otomatik sulama, programın verdiği veriye uygun miktarda sulama yapılarak yapılan sulama biçimidir. Manuel sulama ise bölgedeki çiftçilerin uyguladığı stratejiye göre yapılan sulamadır. Çalışmada dört farklı iklim modeli kullanılmıştır. Bu modeller Parallel Climate Model (PCM), Community Climate System, Hadley Centre Coupled Model (HadCM3) ve Atmospheric General Circulation Model (ECHAM5)’dir. Bu modeller A2 senaryosu üstünde kullanılmıştır. Elde edilen veriler ile 2045-2054 yılları aralığı değerlendirilmiştir. Toplam su ayak izi olarak (yeşil ve mavi su ayak izleri) değerlendirildiğinde kontrol senaryosuyla hemen hemen benzer çıkmıştır. Sadece mavi su ayak izi açısından bakıldığında HADCM3 modelinde mavi su ayak izinin artan yağışlar ile %74 oranında azalmıştır, lokal veriler kullanılarak yapılan senaryoda ise mavi su ayak izi %71 artmıştır.

Hernandez-Ochoa vd. (2018) yaptığı “İklim değişikliğinin Meksika’daki buğday üretimine etkisi” başlıklı çalışmada gelecekteki buğday üretimine olan etkiyi anlamak için 1980-2010 yılları arasındaki üretim verileriyle karşılaştırılmıştır. Simüle edilecek veri belirlenirken 32 referans nokta belirlenmiş ve bu noktalardan 2010-2014 arası üretim ve verim sayıları kullanılmıştır. Üretimin çoğunlukla gerçekleştiği yerler kuzey batıda olduğundan seçilen noktalar da bu bölgededir. Beş farklı küresel iklim modeli; GFDL, IPSL, HadGEM2, MIROC ve NorESM1 ve RCP 4.5 ve 8.5 senaryoları seçilmiştir. 2050 yılına kadar veriler değerlendirilmiştir. Çıkan sonuçlar değerlendirildiğinde ülkenin kuzey batısındaki sıcaklık artışının etkilerinin artarak devam edeceği ve bu nedenle günümüzde olan üretim stratejilerinin değiştirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Isıya dayanıklı türler seçilmesi, ekim dönemlerinin değiştirilmesi, ekim alanlarının

genişletilmesi gibi seçenekler değerlendirilebilir ama ekim alanlarının genişletilmesi değerlendirilirken su bulunması durumu değerlendirilmelidir. Önümüzdeki yıllarda su kıtlığı ile karşı karşıya kalma ihtimalimiz bulunmasından dolayı en az miktarda su kullanarak üretimlerimize devam etmenin sürdürülebilirlik açısından çok önemli olduğu rapor edilmektedir.

Ahmed vd. (2015) yaptığı “İklim değişikliğinin Batı Afrika'daki tahıl ürünlerinin verimi üzerine potansiyel etkisi” başlıklı çalışmada Afrika'daki 13 ülkedeki tahıl ürünlerinin gelecekteki verimleri değerlendirilmiştir. Bitki büyüme oranları hesaplanırken DSSAT programı kullanılmıştır. FAO'dan alınan verileri DSSAT verileri arasındaki uyumsuzlukları azaltmak için kalibrasyon yapılmıştır. Günümüzdeki iklim verileri Ulusal evre Tahmini Merkezleri-Ulusal Atmosfer Araştırmaları Merkez'inden elde edilmiştir. Gelecekte kullanılacak veriler, 2041-2060 dönemi için RegCM 4.3.4'ün sonuçlarından elde edilmiştir. Veriler Community Land Model (CLM 4.5) ile birleştirilmiştir. Elde edilen veriler MIROC ve CESM modelleri ile işlenerek 2041-2059 arası verimler belirlenmiştir. ıkan sonuçlara bakıldığında ortalama olarak verimlerin düşmekte olduğu ve bu değişim miktarlarının ne kadar büyük olacağının tam olarak tahmin edilemeyeceği görölmüştür. Mısır ürününde ülkeler arasındaki standart sapma diğer ürünlere göre yüksek bulunmuştur. Mısır'da 66.6 ile 242.2 kg/ha arasında verim değeri değişmektedir. Sonuç olarak önümüzdeki yıllarda iklim değişikliğinin etkisi ile mevcut arazi kullanımı deseninde kaymalar öngörülmektedir.

Kontgis vd. (2019) yaptığı “İklim değişikliğinin Mekong Nehri Deltası'ndaki pirinç verimi üzerine etkileri” başlıklı çalışmada 2 veri seti kullanılmıştır. NASA Dünya Enerji Kaynakları Tahmini (POWER) tarafından oluşturan 1983'ten günümüze kadar olan ve Tarımsal Modern Dönem Retrospektif Analizleri için Araştırma ve Uygulamalar (AgMERRA) tarafından oluşturulan 1980-2010 arası veri setleri. Gelecek yıllardaki tahminler için AgMERRA seti kullanılmıştır. 2040-2069 arası yılları için veriler oluşturulurken iki farklı emisyon senaryosu kullanılmıştır ve bunlar RCP 4.5 ve RCP 8.5'tur. İklim verilerini simüle edebilmek için DSSAT adlı programa başvurulmuştur. Elde edilen bütün veriler 20 farklı model üstünde çalıştırılmıştır. Bu modeller aşağıdaki tabloda belirtilmiştir.

Çizelge 2.1 Kullanılan iklim modelleri ((Kontgis, 2019)

<b>İKLİM MODELLERİ</b>	
1. ACCESS1-0	11. HadGEM2-ES
2. bcc-csm1-1	12. inmcm4
3. BNU-ESM	13. IPSL-CM5A-LR
4. CanESM2	14. IPSL-CM5A-MR
5. CCSM4	15. MIROC5
6. CESM1-BGC	16. MIROC-ESM
7. CSIRO-Mk3-6-0	17. MPI-ESM-LR
8. GFDL-ESM2G	18. MPI-ESM-MR
9. GFDL-ESM2M	19. MRI-CGCM3
10. HadGEM2-CC	20. NorESM1-M

Çalışmada CO<sub>2</sub> gübrelemesi göz önüne alınmadığı koşulda üç büyüme mevsimi ve her iki senaryosu için 20 modelde de verimlerin azaldığı görülmüştür. Ancak CO<sub>2</sub> gübrelemesi hesaba katılırsa verimlerin genel olarak arttığı izlenmiştir. Yüzyılın ortalarına doğru verimler çoğunlukla düştüğü ve bu düşme oranı ek girdilerle telafi edilemeyecek kadar yüksek olduğu belirlenmiştir. Deniz seviyesinin yükselmesi durumunda ise kıyıdaiki çiftliklerin kullanılamaz hale gelebileceği ve düşük olan nehir seviyelerinin daha da düşebileceği tahmin edilerek yine söz konusu yerlerin kullanılamaz hale gelebileceği belirlenmiştir. Bütün bu veriler ışığında özellikle Asya bölgesinde çok yaygın olan ve geçimlerini pirinç üzerinden sağlayan birçok çiftçinin bu bölgedeki değişimleri dikkatlice takip etmesi gerektiği sonucuna varılmıştır (Kontgis, 2019).

Prasad vd. (2018) yaptığı “Amerika Birleşik Devletleri’nin kuzey doğusundaki Mısır Üretimi için Öngörülen İklim ve Tarımsal Etkiler” başlıklı çalışmada 2100 yılına kadar mısır üretimi için öngörülen iklim ve tarımsal etkiler konusunda inceleme yapılmıştır. 2 farklı senaryo olarak RCP 4.5 ve RCP 8.5 kullanılmıştır ve 9 farklı model üzerinde değerlendirilmiştir. Modeller ile günlük olarak maksimum ve minimum sıcaklıklar, yağış ve güney radyasyonu hesaplanmıştır. Hesaplanan bu verilerin bölgelerdeki istasyonlarda kullanılabilmesi için Eş Zamanlı Bölgesel Regresyon Modeli (AARM) ile istenen

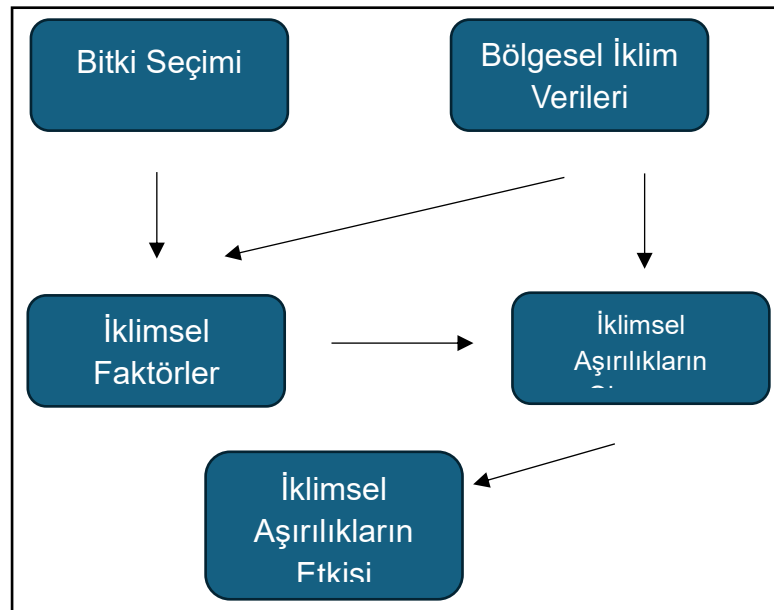
çözünürlüğe getirilmiştir. Toplam 20 istasyon değerlendirmeye alınmıştır. Elde edilen veriler incelendiğinde ekim tarihlerinin erkene çekilmesi, büyüme sürelerinin azalması öngörülmüştür.

Anwar vd. (2015) yaptığı “İklim Değişikliğinin Avustralya’da İklimsel Olarak Farklı Dört Lokasyonda 5 Dönümlük Ekili Arazinin Fenolojisi ve Verimi Üzerindeki Etkileri” başlıklı çalışmada mevcut iklim (1961-2010) ve gelecekteki iklim senaryolarından (2030, 2060, 2090) üretilen veriler ile buğday, arpa, acı bakla, kanola ve tarla bezelyesi ile ilgili verim değerleri değişimlerini yorumlanmışlardır. Bu bölgeler Cunderdin, Katanning, Hamilton ve Wagga Wagga lokasyonlarıdır. Cunderdin ve Katanning bölgeleri Akdeniz iklimine sahiptir. Hamilton bölgesi ılıman ve Wagga Wagga ise 548 mm ortalama yıllık yağış alan, yazları sıcak ve kışları serin olan bir iklim özelliğindedir. Mevcut iklim değerleri için SILO iklim veri seti kullanılmıştır. Gelecek iklim projeksiyonları için SRES A2 senaryosu kullanılarak çıkarılacak sonuçların anlamlı olabilmesi için 18 farklı iklim modeli kullanılmıştır. Bu iklim modellerinden alınan veriler bölgeye uygun çözünürlüğe getirilmiştir. Kullanılan iklim modelleri Çizelge 2.2’de verilmektedir. Çıkan sonuçlara göre yıllık sıcaklıklar kademeli olarak artmaktadır. Cunderdin bölgesi için 2030, 2060 ve 2090 yılları için 1.02 °C, 2.04 °C ve 3.51 °C artması beklenmektedir ve diğer bölgeler içinde benzer artışlar beklenmektedir. Bu değerlerin 2030, 2060 ve 2090 yılları için sırasıyla %9, %16 ve %26 oranlarında azalabileceği öngörülmektedir. Bu olumsuz etkinin yanı sıra artan sıcaklıklar ve değişen bitki fenolojisi de ürün verimliliğinde azalmaya neden olabilir. Hamilton bölgesindeki buğday için çiçeklenme tarihlerinde 2030, 2060 ve 2090 yılları için sırasıyla 10, 18 ve 29 günlük değişimler ve değişen yağış değerlerine göre verim kayıpları da olabileceği öngörülmüştür.

Çizelge 2.2 Çalışmada kullanılan iklim modelleri (Muhiddin vd. 2015)

İKLİM MODELLERİ	
BCCR-BCM2.0	CSIRO-Mk3.0
ECHO-G	GISS-ER
INM-CM3.0	MRI-CGCM2.3.2
CGCM3.1(T47)	CSIRA-Mk3.5
GFDL-CM2.0	UKMO-HadCM3
IPSL-CM4	CCSM3
CNRM-CM3	ECHAM5/MPI-OM
GFDL-CM2.1	UKMO-HadGEM1
MIROC3.2(medres)	PCM

Schaap vd. (2011) yaptığı “Kuzey Hollanda’daki tarım arazilerinde iklimsel uçların etkileri” başlıklı çalışmada aşırı iklim olaylarının ve iklim değişikliği nedeniyle zararlıların uğradığı değişikliklerin ürün kalite ve verimleri üzerine etkilerini incelemiştir. Örneklendirme için 15 ürün arasından bölgedeki değeri ve yaygınlığına göre 2 ürün seçilmiştir. Bu ürünler tohumluk patates ve kış buğdayıdır. Ekstrem hava olaylarının etkilerini ölçmek için Şekil 2.1’de verilen 5 farklı adım belirlenmiştir.



Şekil 2.1 Değerlendirme adımları (Schaap, 2011)

Örnek olarak seçilen ürünler için olumsuz durumların neler oldukları belirlendikten sonra toplanan veriler ile 1990 yılı referans olarak alınarak sıklıklar belirlenmiştir. 2040 yılındaki aşırı olayların frekanslarını belirlemek amacıyla iki zıt senaryo olan G+ ve W+ kullanılmıştır. Çalışmada kışlık buğdayda bir önceki ürün hasadı geç gerçekleşirse ve Ekim-Aralık ayları ıslak dönemler olarak geçeceği için ekim yapılamayacağı belirtilmiştir. Elde edilen verilere göre bu durumun gelecek yıllarda daha çok yaşanacağı, çiftçiler kışlık buğdayı ekemedikleri dönemlerde bahar buğdayına yönelseler bile bu durumda da verim kaybı olacağı öngörülmüştür. Bu kayıpların %10-50 arası olabileceği ve önümüzdeki yıllarda bu durumun daha fazla yaşanmasından dolayı buğday üretiminde ciddi bir verim kaybı beklendiği bildirilmiştir. Tohumluk patates için ıslak dönemler hem hasat açısından hem de toprak sürülmesi açısından zor olacağından olası verim kayıplarından söz edilmiştir. Yapılan hesaplamalara göre önümüzdeki yıllarda bu kayıplara ilişkin olarak ciddi değişimlerin yaşanmayacağına dair sonuçlar elde edilmiştir. Patates ekimindeki en büyük tehlikelerden biri olan geç yanıklık ile mücadele açısından fungusit uygulanması gereken sıcaklıkların artmasından dolayı daha toprak daha kuru olacağından bu durumun çiftçilere avantaj sağlayacağı öngörülmektedir (Schaap, 2011).

Ghahramani ve Moore (2015) yaptıkları “İklim değişikliklerinin mevcut bitkisel üretim-hayvancılık sistemleri üzerindeki etkisi” başlıklı çalışmalarında iklim değişikliğinin Batı Avustralya’daki tarımsal üretime etkilerini incelemiştir. Bu çalışma için beş farklı bölge için küresel iklim modelleri ve iklim senaryoları kullanılarak veriler üretilmiştir. Kullanılan senaryolar RCP 4.5 ve RCP 8.5’tir. Küresel iklim modelleri ise HADGEM2-AO, GFDL CM3 ve MIROC5 ‘dir. Bu veriler ile farklı miktarlarda yağış alan ve farklı sıcaklık ortalamalarına sahip dört ayrı büyüklüğe sahip alanda araştırma yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 2030 yılında çok fazla yağışlı bölgeler dışında üretimin sürdürülmesinin zorlaşacağı belirtilmektedir. Özellikle bitkisel üretimin hayvansal üretime göre daha fazla olumsuz etkileneceği öngörülmektedir. Çalışma sonucunda kurak bölgelerde iklim değişikliğine uyum sağlayacak biçimde bitkisel üretim faaliyetlerinin adaptasyonunun sağlanması ve olabildiğince hayvancılık faaliyetlerine geçişin yapılmasının bölgedeki üretimi sürdürülebilir kılacağı yönünde öneriler belirtilmiştir.

Carvajal vd. (2021) yaptıkları “Gelecekteki küresel iklim senaryoları altında sığır yetiştiriciliği için ısı stresinin artan önemi” başlıklı çalışmada 20 farklı küresel iklim modeli kullanılmıştır. Bu modeller Birleştirilmiş Model Karşılaştırma Projesi (CMIP5) kapsamında belirtilen modellerdir. Günümüz için kullanılan meteorolojik veriler European Centre for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF) tarafından üretilen beşinci nesil günlük atmosferik yeniden analizi (ERA5) isimli programından, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) tarafından yapılan Climate Forecast System Version 2 (CFSv2) programından elde edilmiştir. Analizlerin sonucunda 2100 yılına gelene kadar her emisyon senaryosu içinde birçok bölgede ısı stresinde önemli artışlar görülmektedir. 2050 yılından önce erken artışın görüldüğü bölgeler Güneydoğu Asya, Kuzey Avustralya, Orta Afrika ve Orta Amerika’dır. Olumsuz senaryo olan RCP 8.5 kullanılarak yapılan analiz sonucunda ise 2020 yılından itibaren Güneydoğu Asya adalarında ısı stresi artışı gözlemlenmeye başlayacağı belirlenmiştir. Dünyadaki üretim yapılan alanların olumlu olan senaryoda dahi %6’sının bu ısı stresi nedeniyle ciddi seviyelerde olumsuz etkileneceği öngörülmektedir.

Valiño vd. (2010) yaptıkları “Hayvancılık çiftliklerinde sıcaklık artışının soğutma sistemleri üzerindeki etkisi” başlıklı çalışma için Avrupa’daki farklı altı farklı şehir belirlenmiştir. Bu şehirler Madrid, Atina, Milan, Stuttgart, Londra ve De Bilt’dir. Geçmiş iklim verisi olarak 1961-1990 arası Avrupa İklim Değerlendirmesi & Veri Set’inden yararlanılmıştır. 2080 yılındaki tahminleri yapabilmek için iki farklı senaryoyu (A2 ve B2) iki farklı küresel iklim modeli olan HadCM3 ve ECHAM4 ile çalıştırılmıştır. Buradan elde edilen verileri bölgeye indirgemek için HIRHAM ve RCA3 isimli bölgesel iklim modelleri kullanılmıştır. Akdeniz bölgesindeki sonuçlara göre günümüzde kullanılan sistemlerin yeterli olacağı öngörülmüştür. Kuzey Avrupa için ise senaryolara göre sonuçlar farklılık göstermiştir. Sıcaklık artışı 3°C olduğunda domuz çiftliklerinde soğutma pedlerine geçilmesinin gerekli olabileceği belirlenmiştir. Bu durum gerçekleştiğinde maliyetler artacağı için bölgede ekonomik açıdan olumsuz etkiler ortaya çıkabileceği bildirilmiştir.

Hempel vd. (2019) yaptıkları “Avrupa süt sığırcılığında ısı stresi riski farklı iklim değişikliği senaryoları altında -belirsizlikler ve potansiyel etkiler” başlıklı çalışmada

Avrupa’da bulunan üç farklı bölgedeki etkiler incelenmiştir. Seçilen yerlerden ikisi Orta Avrupa bölgesinde diğeri ise Batı Avrupa bölgesindedir. İklim verileri Almanya’da bulunan iki çiftlik için Alman Hava Servisi’nden (DWD) alınmıştır. İspanya’da bulunan çiftlik için Ulusal İklim Veri Merkezi (NCDC) ve National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)’dan alınmıştır. Detaylı veri ise Hava Meydanı Meteorolojik Raporları’ndan (METAR) alınmıştır. Kullanılan senaryolar, küresel ve bölgesel iklim modelleri Çizelge 2.3’te verilmektedir. Sonuçta iklim değişikliğinin önemli etkileri olduğu bulunmuştur. Artan sıcaklıkların barınak içi koşulları olumsuz etkileyerek hayvanlar üzerinde ısı stresini arttırdığı, ısı stresinden dolayı hayvanların solunum hızında ve ayakta kalma sürelerinde artış ile birlikte süt verimlerinde %2.8’lik azalma olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu etkilerin önüne geçebilmek için öncelikle kısa vadede fanlar, aktif soğutmalı hava yıkama sistemleri, ayarlanabilir açıklıklar, serinletme duşları ve sisleme ekipmanları gibi süt hayvancılığı yapılarında bulunan mevcut sistemlerin optimize edilmesi önerilerinde bulunulmuştur. Bunların yanında hayvanlar üzerinde kullanılan sensörler ile hayvanların anlık durumları takip edilerek verimlerin düşmesinin minimize edilebileceği bildirilmiştir.

Çizelge 2.3 Senaryolar, küresel ve bölgesel iklim modelleri (Hempel vd. 2019)

	SMHI-RCA4	KNMI-RACMO22E	DMI-HIRHAM5	CLM-CCLM4-8-17	GERICS-REMO2015	MPI-CSC-REMO2009
HadGEM2-ES	2.6/4.5/8.5	2.6/4.5/8.5	-	4.5/8.5	8.5	-
EC-EARTH	2.6/4.5/8.5	2.6/4.5/8.5	2.6/4.5/8.5	2.6/4.5/8.5	8.5	-
MPI-ESM-LR	2.6/4.5/8.5	-	-	2.6/4.5/8.5	-	2.6/4.5/8.5
IPSL-CM5A-MR	4.5/8.5	-	-	-	-	-
CNRM-CM5	4.5/8.5	-	-	4.5/8.5	8.5	-
NorESM1-M	-	-	4.5/8.5	-	-	-
CanESM2	-	-	-	8.5	8.5	-
MIROC5	-	-	-	8.5	8.5	-

Burney vd. (2014), yaptıkları “Brezilya Sertão’daki küçük toprak sahibi çiftçileri için iklim değişikliğine uyum stratejileri” başlıklı çalışmasında yarı kurak olan Sertão bölgesindeki iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin nasıl azaltılabileceğini

araştırmışlardır. İklim verisi Brezilya ülkesinin Ulusal Meteoroloji Enstitüsü'nden alınmıştır ve bu veriler incelendiğinde 1962-2012 yılları arasında bölgede 2°C sıcaklık artışı ve yıllık yağışların 350 mm azaldığı görülmüştür. Bu değişimin tarımsal üretim üzerinde olumsuz etkilerini azaltmak için bitkisel üretim alanlarında damla sulama sistemleri yerleştirilmiş ve yıl boyunca suya erişim olması durumunda kârlı bir uyum stratejisi olarak belirlenmiştir. Hayvansal üretimde ise dengeli beslenme için oluşturulan yem uygulamaları ile et ve süt üretiminde %50'yi aşan artışlar görülmüştür.

Hristov vd. (2018) yaptıkları “İklim Değişikliğinin ABD'nin Kuzeydoğusundaki Hayvancılık Üzerine Etkileri ve Uyum Stratejileri” başlıklı çalışmada gelecekteki iklim değişimlerinin hayvancılık üzerindeki etkilerini incelemiştir. ABD'nin kuzeydoğusunda gelecekte görülebilecek iklim değişimleri aşağıda belirtilmiştir;

- Daha fazla sıcak geceler (minimum sıcaklık 21 ve üstü)
- Daha az soğuk geceler (maksimum sıcaklık -18 ve 0 arasında)
- Daha yüksek ortalama sıcaklık
- Daha yüksek yağış miktarı ve daha fazla şiddetli yağış

İklim değişikliğinden en çok etkilenecek olan tarımsal üretim çeşidinin süt hayvancılığı olacağı belirtilmiştir. Süt sığırlarının artan sıcaklık nedeniyle oluşacak ısı stresinden dolayı yem tüketimlerinde azalmalar olacağı ve bu şekilde süt verimlerinin düşeceği belirtilmiştir. Süt veriminin azalmasındaki en büyük pay yem tüketiminin azalmasıdır. Ayrıca sığırlarda üreme oranının da ısı stresinden kaynaklı olarak düşeceği belirtilmiştir. Bu etkilerin küçük üreticilere daha sert şekilde etki edeceği belirtilmiştir.

Aynı çalışmada, besi hayvancılığında iklim değişikliğinin etkilerinin diğer sektörlere göre daha az olabileceği öngörülmektedir. Artan sıcaklıkların besi sığırcılığında yem tüketiminin azalması yönünde etkili olacağı öngörülmüştür. Kış aylarında artan sıcaklıklar bakım maliyetlerini düşürse de yaz aylarında ısı stresi kaynaklı verim kayıpları olabileceği bildirilmiştir. Diğer yandan araştırma sonuçlarında artan sıcaklıkların bir diğer olumsuz etkisi olarak hastalıkların artması ve yayılmasına dikkat çekilmiştir. Hayvan

kayıpları veya verim kayıpları yaşanma ihtimali üzerinden bu durumun önüne geçebilmek için hayvanların sağlık durumlarının sürekli olarak takip edilmesinin büyük önem taşıdığı bildirilmiştir.

Hughes vd. (2021) yaptıkları “İklim değişikliğinin Avustralya çiftliklerinin karlılığı üzerindeki etkilerinin modellenmesi” başlıklı çalışmada, iklim projeksiyonları kullanarak çeşitli lokasyonlardaki çiftlikler üzerinden öngörülerde bulunmuşlardır. Çalışmada kullanılacak veriler Climate Change in Australia portalından alınmıştır. Kullanılan küresel iklim modelleri ise CMIP5 kapsamındaki modellerden 6 tanesi seçilmiştir. Bu modeller seçilirken bölgedeki iklimi en doğru yansıtan modeller olmasına dikkat edilmiştir. Modeller ACCESS1.0, CESM1-CAM5, CNRM-CM5, GFDL-ESM2M, HadGEM2-CC ve CanESM2 olarak seçilmiştir. Senaryolar ise RCP4.5 ve RCP8.5 olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında küresel iklim modelleri arasında farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir. En kötümser senaryo olan RCP8.5 ile GFDL-ES2M iklim modeli ile olan sonuçlara bakıldığında ise 1950-2000 dönemine kıyasla %50 oranda kar miktarlarının azalması öngörülmüştür. Uzun vadede teknolojiye ilerlemeler ile iklim değişikliğinin etkilerini minimize etme ihtimali düşünülmüş olup 1960 yılından bu yana yıllık ortalama %1.6 toplam faktör verimliliği (TFP) artışının devam etmesi halinde en olumsuz durumda dahi üretim düzeyinin durağan olabileceği bildirilmiştir.



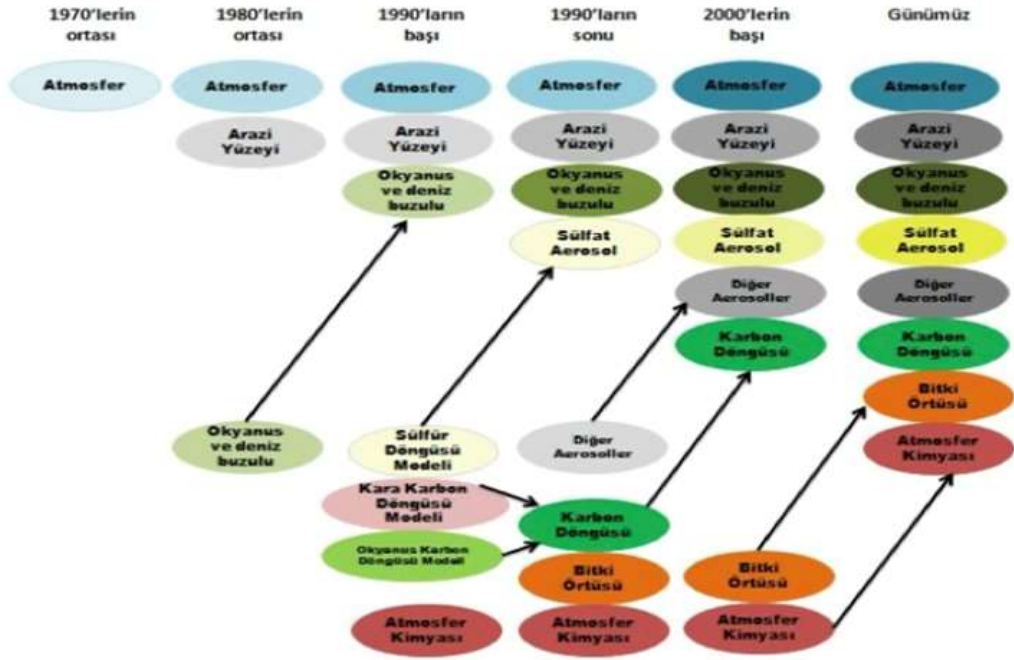
Çizelge 3.1’de Ankara İli hayvancılık işletmelerindeki hayvan sayıları görülmektedir. Ankara İli’nde çiftçi kayıt sisteminde 54547 adet çiftçi bulunmaktadır. Tarım alanı ise 11.594.222 dekadır.

Çizelge 3.1 Ankara ilindeki hayvansal üretim yapılan işletmelerdeki hayvan sayıları (Anonim, 2024)

			2021	2022	2023
<b>Büyükbaş</b>	Manda	Manda	2629	2367	2118
	Sığır	Kültür	223.356	209.374	256.770
		Melez	324.924	302.059	305.099
		Yerli Sığır	62.030	51.745	46.527
<b>Küçükbaş</b>	Keçi	Kıl	136.814	136.124	104.064
		Tiftik	212.523	197.135	155.065
	Koyun	Merinos	875.177	805.644	765.319
		Yerli (Koyun)	1.0651.27	874.573	854.947
<b>Kanath</b>	Hindi		18.670	16.479	16.756
	Kaz		22.239	18.344	18.249
	Ördek		24.359	39.512	51.975
	Tavuk Et		9.867.362	10.601.339	9.011.815
	Tavuk Yumurta		5.599.003	5.210.561	5.409.193
<b>Arı Kovanı</b>			78.098	94.485	96.072

### 3.1.2 Küresel iklim modelleri

Küresel iklim modelleri, atmosferi, okyanusları, karalar, denizler ve buzullar gibi fiziksel bileşenlerin geçirebileceği değişim süreçlerini simüle eden bilgisayar modelleridir. İklim değişikliğinin etkilerini anlamak ve gelecekteki iklim koşullarını tahmin etmek için kullanılmaktadır. Gelecekte görülmesi muhtemel iklimin tahmin edilmesinde en önemli çalışma iklimin modellenmesidir (Demir 2013). Küresel iklim modelleri 200-600 km arası çözünürlüğe sahip ızgaralar (grid) ile iklimleri tanımlamaktadır.



Şekil 3.2 Küresel iklim modellerinin gelişimi (Anonim, 2023)

Şekil 3.2’de yıllar boyunca küresel iklim modellerinin gelişimi görülmektedir. Bu modellerin kullanımının çok uzun yıllar önce başladığı bilinmektedir. İlk üretilen modellerin sadece atmosfer, arazi yüzeyi ve okyanus gibi bölümleri değerlendirirken günümüzde bu detaylar çok daha fazladır. Geçmişten günümüzde modeller bir önceki modellerdeki değerlendirilen detayları arttırarak devam etmektedir.

**Hadley Küresel Çevre Modeli (HadGEM2-ES):** İngiltere Meteoroloji Servisi’ne (Met Office) bağlı olan Hadley Merkezi tarafından geliştirilmiştir. HadGEM2 modeli, atmosfer, okyanus ve deniz tuzu öğelerini içermekte ve atmosfer modeli için iyi çözülmüş bir stratosferi dahil edebilmek için iki farklı yapılandırma olan dikey uzantıya sahip ve sahip olmayan yapılandırma sunmaktadır. Ayrıca dünya sistemi bileşenleri olarak adlandırabileceğimiz kara ve okyanus karbon döngüsü ile atmosferik kimyayı da kapsamaktadır.

HadGEM2’de kullanılan çözünürlükler HadGEM1 ile aynıdır. Bu çözünürlük, atmosferin yatayı için  $1.875^\circ \times 1.25^\circ$  yani yaklaşık 140 km’ye eşit olmakta ve okyanus yatayı için  $1.0^\circ$  boylam  $\times$   $1.0^\circ$  enlem şeklindedir. Dikey çözünürlük ise 38 seviyeden oluşmakta, ancak HadGEM2-CCS’de stratosfer dahil olmasından dolayı 60 seviyeye ulaşan yeni bir

çözünürlük oluşturulmuştur. HadGEM2 model ailesi IPCC 5. Raporu hazırlanırken kullanılan modellerden bir tanesidir. HadGEM2 model ailesi 6 farklı sürüme sahip olup bu sürümler farklı süreçleri dahil ederek işlemler yapmaktadır.

Çizelge 3.2’de farklı HadGEM2 sürümlerinin simüle ederken dikkate aldığı süreçler belirtilmiştir.

Çizelge 3.2 HadGEM2 Sürümleri (Bellouin 2011)

<b>Modeller</b>	<b>Süreçler</b>
HadGEM2-A	Troposfer, Toprak Yüzeyi, Hidroloji, Aerosoller
HadGEM2-O	Okyanus ve Deniz Buzu
HadGEM2-AO	Troposfer, Toprak Yüzeyi, Hidroloji, Aerosoller, Okyanus, Deniz Buzu
HadGEM2-CC	Troposfer, Toprak Yüzeyi, Hidroloji, Aerosoller, Okyanus, Deniz Buzu, Karasal Karbon Döngüsü, Okyanus Biyokimyası
HadGEM2-CCS	Troposfer, Toprak Yüzeyi, Hidroloji, Aerosoller, Okyanus, Deniz Buzu, Karasal Karbon Döngüsü, Okyanus Biyokimyası, Stratosfer
HadGEM2-ES	Troposfer, Toprak Yüzeyi, Hidroloji, Aerosoller, Okyanus, Deniz Buzu, Karasal Karbon Döngüsü, Okyanus Biyokimyası, Kimya

**Max-Planck-Institute Earth System Modeli (MPI-ESM):** MPI-ESM, okyanus ve atmosfer için genel dolaşım modelleri olan ECHAM6 ve MPIOM (Jungclauss vd, 2013), kara ve bitki örtüsü için JSBACH ve denizel biyokimyasal süreçler için HAMOCC5 alt sistem modellerinden oluşmaktadır. JSBACH (Reick vd, 2013; Schneck vd, 2013) ve HAMOCC5 (Ilyina vd, 2013) süreç modelleridir. Bu süreç modellerinin eklenmesiyle karbon döngüsü model sistemine eklenmiştir.

ECHAM5 ve MPIOM’un devamı olarak niteleyebileceğimiz bu modelin en büyük farkı yukarıda bahsedilen süreç modellerinin eklenmesidir. JSBACH süreç modeli coğrafi bitki örtüsünün iklim ile tutarlı şekilde gelişimini dinamik bitki örtüsü olarak adlandırılan bir sistem ile detaylandırmıştır.

ECHAM5'in devamı olarak nitelenen bu modelde kullanılan yeni model olan ECHAM6 arasında belirgin farklar bulunmaktadır. Bu farklar, radyasyon şemaları, yüzey albedosunun hesaplanması ve konveksiyonun tetiklenme koşulları ile ilgilidir.

Radyasyon şeması kısa dalgadan (SW) genel dolaşım modelleri için hızlı radyasyon transfer modeli-kısa dalga (RRTMG-SW) ile değiştirilmiştir (Iacono vd, 2008). Yüzey albedo şeması ise açık sularda güneş zenit açısına bağlılık, deniz buzları üzerindeki erime alanları ve karla kaplı kara alanları dikkate alınmaktadır (Roeckner vd, 2012). Konveksiyon tetiklenme koşulu ise sabit bir sıcaklık artışı yerine sanal potansiyel sıcaklığın tahmin edilen varyansı temel alınarak belirlenmektedir (Stevens vd, 2013).

**Geophysical Fluid Dynamics Laboratory Earth System Modeli Version 2M:** Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi'inin GFDL birimi tarafından geliştirilen bir yer sistemi modelidir. Bu model 3 temel bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenler yer, atmosfer ve göldür.

Göl bileşeni kara modeli olan LM3 için içinde verilmiştir. Göl sıcaklığı hesaplamaları, girdap difüzyonu ve konvektif karışımla bir sütun içindeki dikey ısı transferini hesaba katan Henderson-Sellers(1985) ve Hostetler & Bartlein'ı (1990) temel almaktadır.

Atmosfer bileşeni olarak Atmosferik Model Versiyon 2 (AM2) kullanılmaktadır. Bu model çeşitli fiziksel parametreler içermektedir. Bu parametreler kısa dalga radyasyonu, uzun dalga radyasyonu, nemli konveksiyon, bulut mikrofiziği ve türbülans ve konvektif sınır katmanlarıdır. Ozon profilleri için Fortuin ve Kelder (1998)'deki çalışmasını temel almaktadır.

Yer bileşeni birçok bileşeni hesaba katarak simülasyonu gerçekçi kılmaya çalışmaktadır. Bunlar yer örtüsü türleri (toprak,göl veya buzul), yüzey akışına geçen su, toprak nemi, yeraltı suyu, karbon akışı ve arazi kullanım değişikliği olarak adlandırılmaktadır.

### 3.1.3 İklim senaryoları

İklim değişikliğinin etkilerine karşı hazırlıklı olunması ve olumsuz etkileri azaltabilmek için iklim üzerinde olan değişikliklerin ve gelecekte hangi yöne doğru gidebileceğinin belirlenmesi gereklidir. Bu tahminlerin yapılması için küresel iklim modelleri kullanılmaktadır.

Senaryo, gelecekteki bazı olayları resmeden hikayelerdir (Gregory ve Duran, 2001). IPCC bu senaryoları belirlerken sektörlerden uzman kişilerden yararlanmaktadır. Bu senaryolar oluşturulurken bazı kabuller belirlenmektedir (Örneğin nüfus artışı miktarı, enerji kullanım miktarı, arazi kullanım değişiklikleri vb.).

IPCC, sonuncusu 2021 yılında yayınlanmış olmak üzere 5 senaryo geliştirmiştir. Yayınlanan senaryolara sırasıyla 1990 yılında SA90, 1992 yılında IS92a-f, 2000 yılında SRES A-B, 2007 yılında RCPs ve 2021 yılında SSPs'dir.

Çalışmada kullanılmak için seçilen RCP senaryosunun 4 farklı CO<sub>2</sub> konsantrasyonuna sahip tipi bulunmaktadır (Çizelge 3.3).

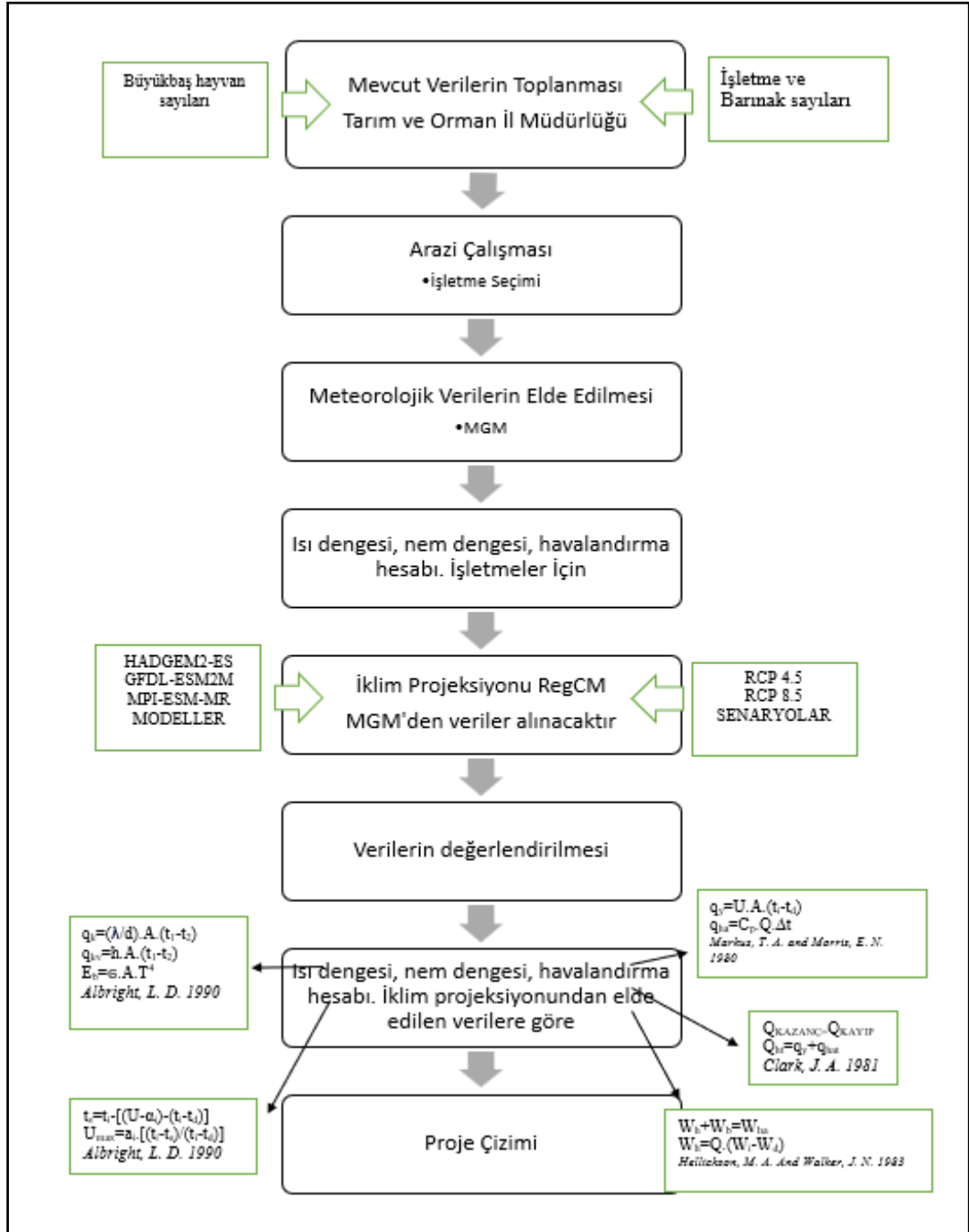
Çizelge 3.3 RCP senaryoları CO<sub>2</sub> konsantrasyonları

RCP	2100 yılındaki CO <sub>2</sub> yaklaşık konsantrasyonu
8.5	>1370
6	850
4.5	650
2.6	490

Çizelge 3.3'te belirtilen senaryolardan çalışmada kullanılmak için seçilen senaryolar 4.5 ve 8.5'tir. 8.5 senaryosu kötümser senaryodur ve sera gazı salımı 2100 yılına kadar devam etmektedir. 4.5'te ise yüzyılın ortalarından itibaren düşüş gerçekleşmektedir.

### 3.2 Yöntem

Çalışmada kullanılan materyal ve yöntem ile ilgili özet akış şeması Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3 Çalışmanın özeti - akış şeması

Araştırma, meteorolojik verilerin elde edilmesi, çalışmanın yapılacağı hayvan barınakların belirlenmesi, iklimsel çevre denetimi hesaplamaları ve yapı malzemesi seçimi ile barınak tasarımının yapılması olmak üzere dört aşamadan oluşmaktadır.

### 3.2.1 Meteorolojik veriler

Çalışmada kullanılmak üzere gerekli olan verileri temini Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden sağlanmıştır. Bu veriler Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4 Meteorolojik veriler

2015-2023 arası ocak ayı ortalama sıcaklık
2015-2023 arası temmuz ayı nispi nem
2023 yılı ocak ayı en düşük sıcaklık
2023 yılı temmuz ayı en yüksek nem
HADGEM2-ES Modeli RCP 4.5 Senaryosundaki 2015-2098 arası ocak ayı günlük ortalama sıcaklıklar
HADGEM2-ES Modeli RCP 8.5 Senaryosundaki 2015-2098 arası ocak ayı günlük ortalama sıcaklıklar
HADGEM2-ES Modeli RCP 4.5 Senaryosundaki 2015-2098 arası ocak ayı günlük en düşük sıcaklıklar
HADGEM2-ES Modeli RCP 8.5 Senaryosundaki 2015-2098 arası ocak ayı günlük en düşük sıcaklıklar
HADGEM2-ES Modeli RCP 4.5 Senaryosundaki 2015-2098 arası temmuz ayı günlük nispi nem değerleri
HADGEM2-ES Modeli RCP 8.5 Senaryosundaki 2015-2098 arası temmuz ayı günlük nispi nem değerleri
GFDL-ESM2M Modeli RCP 4.5 Senaryosundaki 2015-2098 arası ocak ayı günlük ortalama sıcaklıklar
GFDL-ESM2M Modeli RCP 8.5 Senaryosundaki 2015-2098 arası ocak ayı günlük ortalama sıcaklıklar
GFDL-ESM2M Modeli RCP 4.5 Senaryosundaki 2015-2098 arası ocak ayı günlük en düşük sıcaklıklar
GFDL-ESM2M Modeli RCP 8.5 Senaryosundaki 2015-2098 arası ocak ayı günlük en düşük sıcaklıklar
GFDL-ESM2M Modeli RCP 4.5 Senaryosundaki 2015-2098 arası temmuz ayı günlük nispi nem değerleri
GFDL-ESM2M Modeli RCP 8.5 Senaryosundaki 2015-2098 arası temmuz ayı günlük nispi nem değerleri
MPI-ESM-MR Modeli RCP 4.5 Senaryosundaki 2015-2098 arası ocak ayı günlük ortalama sıcaklıklar
MPI-ESM-MR Modeli RCP 8.5 Senaryosundaki 2015-2098 arası ocak ayı günlük ortalama sıcaklıklar
MPI-ESM-MR Modeli RCP 4.5 Senaryosundaki 2015-2098 arası ocak ayı günlük en düşük sıcaklıklar
MPI-ESM-MR Modeli RCP 8.5 Senaryosundaki 2015-2098 arası ocak ayı günlük en düşük sıcaklıklar
MPI-ESM-MR Modeli RCP 4.5 Senaryosundaki 2015-2098 arası temmuz ayı günlük nispi nem değerleri
MPI-ESM-MR Modeli RCP 8.5 Senaryosundaki 2015-2098 arası temmuz ayı günlük nispi nem değerleri

Çizelge 3.4’te belirtilen özelliklerdeki elde edilen veriler, hayvan barınakları projelerinin tasarımında kullanılacak uygun konstrüksiyon ve yapı malzemelerinin seçilebilmesi ve hayvanların konfor ortamının sağlanabilmesi için iklimsel çevre denetim hesaplarında gerekli olan sıcaklık ve bağıl nem değerlerini belirlemek ve karşılaştırma yapmak üzere kullanılmıştır. Karşılaştırma, model verileri 2015 yılından itibaren başlaması nedeniyle, 2015-2023 yılı arasındaki gözlenen veriye en yakın değerlere sahip olanlar arasından seçilmiştir. Gözlenen veriye en yakın veri seti ile 2040, 2055, 2070, 2085 ve 2098 yıllarına ait sıcaklık ve bağıl nem verileri belirlenmiştir.

### 3.2.2 İklimsel çevre denetimi hesapları

Araştırma için belirlenen işletmelerin projeleri üzerinden elde edilen veriler Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nden alınan bilgiler ile hayvan barınakları projelerinin iklimsel çevre denetimi gerekliliklerini karşılayıp karşılayamadığı kontrol edilmiştir.

Araştırmanın yürütüldüğü hayvan barınakları projeleri için canlı hayvan ağırlıkları 500 kg olarak belirlenmiştir. Barınaklarda uygun çevre koşulları için hesaplamalar yapılırken iç sıcaklıklar süt işletmelerinde 15°C ve %80 bağıl nem ve besi işletmelerinde 10°C ve %80 bağıl nem olarak belirlenmiştir. Hayvanların ortama yaydığı ısı; süt işletmelerinde 864 kcal/h ve besi işletmelerinde 843 kcal/h olarak alınmıştır. Hayvanların ortama verdiği su buharı miktarları; süt işletmelerinde 340 g/h ve besi işletmelerinde 330 g/h olarak alınmıştır.

Çevre denetimi hesaplamaları yapılırken kullanılan tüm değerler ve formüller, Esmay (1982), CIGR (1984), Balaban ve Şen (1988), Albright (1990), Owen (1994), CIGR (2002) ve Olgun 2009’da belirtilen temel ilkeler ve prensiplere göre hesaplanmıştır.

Yapı elemanlarından kaybolan ısı miktarının belirlenmesi için gerekli olan formül, Eşitlik 3.1’de belirtilmiştir (Balaban ve Şen 1988, Olgun 2009).

$$q_y = U \times A \times (t_i - t_d) \quad (3.1)$$

$q_y$ : Isı iletimi , kcal/h

U: Toplam ısı iletim katsayısı, kcal/m<sup>2</sup>°Ch

A: Yapı elemanı yüzey alanı, m<sup>2</sup>

t<sub>i</sub>: Barınak içi sıcaklık, °C

t<sub>d</sub>: Dış ortam sıcaklığı, °C

Yapı elemanının toplam ısı iletim katsayısı belirlenirken Eşitlik 3.2'den yararlanılmıştır (Olgun, 2009).

$$U = \frac{1}{\frac{1}{7} + \frac{d_1}{k_1} + \dots + \frac{d_n}{k_n} + \frac{1}{20}} \quad (3.2)$$

U: Toplam ısı iletim katsayısı, kcal/m<sup>2</sup>°Ch

d<sub>1</sub>,...,d<sub>n</sub>: Yapı malzemesi kalınlığı, m

k<sub>1</sub>,...,k<sub>n</sub>: Yapı malzemesinin ısı geçirgenlik değeri, kcal/m<sup>2</sup>°Ch

Havalandırma yolu ile kaybolan ısı miktarının belirlenmesinin hesaplanmasında Eşitlik 3.3 kullanılmıştır (Balaban ve Şen 1988, Olgun 2009).

$$q_{\text{havalandırma}} = 0,29 \times Q \times (t_i - t_d) \quad (3.3)$$

q<sub>havalandırma</sub>: Havalandırmadan olan ısı kaybı, kcal/h

Q: Hava akım miktarı

t<sub>i</sub>: Barınak içi sıcaklık, °C

t<sub>d</sub>: Dış ortam sıcaklığı, °C

Havalandırma kapasitesinin hesaplanması için gerekli Eşitlik 3.4 aşağıda belirtilmiştir (Olgun 2009).

$$Q = \frac{W_a}{g_i - g_d} \quad (3.4)$$

Q: Havalandırma kapasitesi

W<sub>a</sub>: Hayvanların barınak içerisine verdiği su buharı miktarı

g<sub>i</sub>: İç bağıl nem değeri

gd: Dış bağıl nem değeri

Nem yoğunlaşması kontrolü için gerekli olan Eşitlik 3.5 aşağıda belirtilmiştir (Olgun 2009).

$$t_s = t_i - \left( \frac{U_{ye}}{7} \right) \times (t_i - t_d) \quad (3.5)$$

$t_s$ : Yapı elemanı iç yüzey sıcaklığı

$t_i$ : Barınak içi sıcaklık, °C

$u_{ye}$ : Yapı elemanı toplam ısı iletim katsayısı

$t_d$ : Dış ortam sıcaklığı, °C

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada hesaplamalarda kullanılmak üzere seçilen yapı malzemelerinin ısı iletkenlik katsayıları Çizelge 4.1’de belirtilmiştir.

Çizelge 4.1 Malzemelerin ısı iletkenlik değerleri (Isı değerleri (Olgun, 2009)’den, TS 825’ten ve üretici firmaların kendi web sitelerinden alınmıştır.)

Malzeme	Poz	Isıl İletkenlik Değeri (W/Mk)	A Kaynak
Dış Cephe Boyası (Akrilik Esaslı)	Y.25.004/01	-	
Dış Sıva (Çimento Esaslı)	Y.27.501/01	1,60	*A Değerleri Ts 825'ten Alınmıştır.
19 Cm Bıms Duvar	Y.18.110/20c06	0,19	*A Değerleri Ts 825'ten Alınmıştır.
İç Sıva (Alçı Sıva)	27.530/2	0,70	*A Değerleri Ts 825'ten Alınmıştır.
Plastik Boya (İç)	Y.25.003/24	-	
Oluklu Sac (Galvaniz)	18.257	-	
Çatı Makası	Y.23.071	-	
Pvc Pencere	Y.23.241	0,16	Üretici Firmalardan Alınmıştır. (Asaşpen)* *
Demir Kapı-Tek Kanat	Y.23.152	5	Tarımsal Yapılar (Olgun, 2009).
Demir Kapı-Çift Kanat	Y.23.152	3	Tarımsal Yapılar (Olgun, 2009).
Taşyünü Dolgulu Sandviç Panel		0,036	Üretici Firmalardan Alınmıştır. ***

\* Türk Standartları Enstitüsünün TS 825 isimli belgesinden alınmıştır.

\*\*Asaşpen isimli firmadan değer alınmıştır.

\*\*\*Küçükdeveci isimli firmadan değer alınmıştır.

Hayvansal üretim yapılarında hayvanlarda verim kaybı olmaması için stresten uzak tutulmaları gereklidir (Schauberger, 2000). Ankara İli gibi yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve kuru olan karasal iklimin hüküm sürdüğü bölgelerde bu stres sorununun önüne

geçmek üretimin verimi ve kalitesi açısından çok önemlidir. İklim değişikliğinin etkisi ile sıcaklık dalgalanmaları günden güne etkisini arttırarak devam etmektedir. Bu nedenle hayvan barınaklarında uygulanacak ısı yalıtımı, çevresel koşullardan kaynaklanan olumsuz etkileri en az indirmek için önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca ısı yalıtım malzemeleri ısı iletimi kontrolünün yanında nem kontrolünü de sağlayarak nem yoğunlaşması riskini de azaltmaktadır.

**Isı Yalıtım Malzemelerinin Önemi:** Hayvansal üretim yapılarında kullanılan ısı yalıtım malzemeleri iç ortam ve dış ortam iklimsel koşulları arasında dengeyi kurarak hayvan sağlığını korur ve üretime olumsuz etki edebilecek fiziksel çevre ile ilgili sorunların önüne geçilmesinde avantaj sağlar. Bunun yanında enerji verimliliğini de sağlayarak ekonomik açıdan olumlu etki etmektedir. İyi bir yalıtım sistemi aşağıdaki koşulları sağlamalıdır;

- Sıcaklık değişikliklerini en aza indirgemelidir.
- Kışın barınağın içini istenilen sıcaklıkta tutmalıdır.
- Yazın barınak içerisindeki sıcaklık değerini istenilen seviyede tutmalıdır.

Günümüzde birçok farklı yalıtım malzemesi kullanılmakta ve her geçen gün yeni teknolojilerle yapı malzemeleri geliştirilmektedir. Bu malzemelerin her birinin farklı fiziksel özellikleri, fiyatları ve uygulanma biçimleri bulunmaktadır.

Üzerinde çalışılan projelerde ısı yalıtımını sağlamak için hayvansal üretim yapılarında yaygın olarak kullanılan iki önemli ısı yalıtım malzemesi olan cam köpüğü ve poliüretan sert köpük levhalar kullanılmıştır.

**Cam köpüğü**, geri dönüştürülmüş camın yüksek sıcaklıklarda eritilip genişletilmesiyle üretilen, kapalı gözenekli, rijit ve hafif bir malzemedir.

Özellikleri:

- Isı iletkenlik katsayısı 0.050'dir.
- Su ve buharı geçirmeme özelliği taşıdığından nem kaynakları problemlerin önüne geçer.
- Küf, mantar veya haşerelerden etkilenmez.
- Uzun ömürlü ve geri dönüştürebilir bir malzemedir.

**Poliüretan sert köpük levhalar**, izosiyanat ve poliöl bileşenlerinin reaksiyona sokulmasıyla elde edilen bir malzemedir ve hücre yapısı kapalıdır.

Özellikleri:

- Isı iletkenlik katsayısı 0.030'dur.
- Hafif yapısına rağmen yüksek mekanik dayanım gösterir.
- Su emme oranı düşüktür.
- İstenilen kalınlıkta ve yoğunlukta üretilebilmesiyle uygulama esnekliği sunar.

#### **4.1 Üzerinde Çalışılan Hayvan Barınakları**

**50 Baş Kapasiteli Süt Sığırı Barınağı Projesi:** Bu hayvan barınağı, hayvan refahı, günlük işlerin işgücü ve zaman bakımından verimli ve çevre yönetimi gibi temel kriterler göz önüne alınarak tasarlanmıştır. Barınak farklı fizyolojik ve yaş dönemlerindeki hayvanların her birinin ihtiyaç duyduğu çevresel isteklere göre bölümlendirilmiştir. Sağmal hayvanlardan buzağılara kadar her bir grup ayrı alanlara sahiptir.

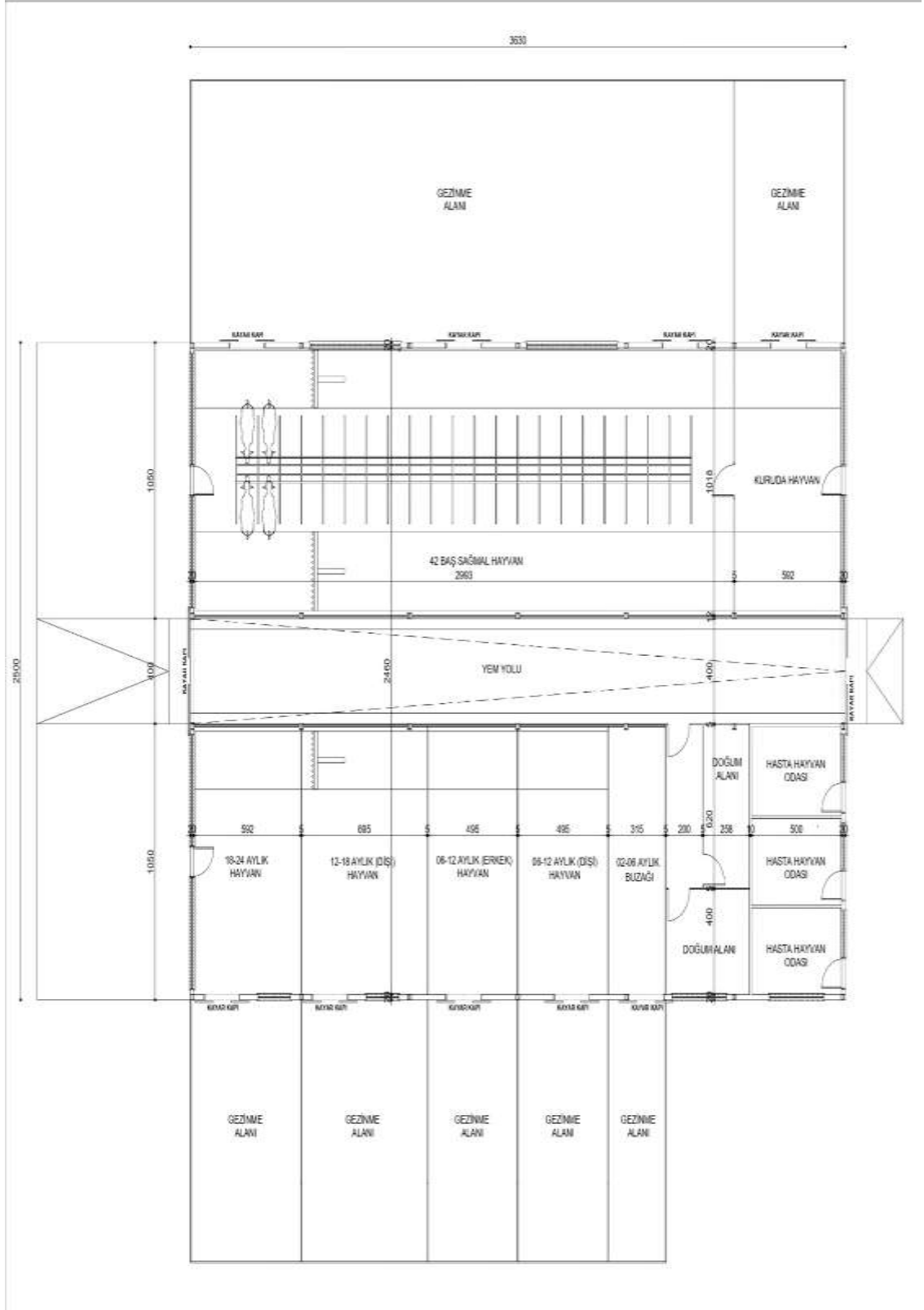
Planın merkezinde 42 baş kapasiteli sağmal hayvan bölümü bulunmaktadır. Sağmal hayvan bölümünün yanında 6 baş kapasiteli kuru dönemde olan sığırlar için bir bölüm bulunmaktadır. Bu bölüm, laktasyon dışı dönemdeki sığırların bakım ve dinlenme ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde planlanmıştır.

Genç hayvanların olduğu bölümler yaşlarına göre ayrılıp sırasıyla; 18-21 ay 8 baş, 12-18 ay, 11 baş ve 6-12 ay, 12 baş olarak belirlenmiştir. Bu yaş gruplamaları büyüme takibi, yemleme yönetimi ve sağlık takibi açısından kolaylıklar sağlamaktadır. 0-6 aylık buzağuların bulunduğu bölümdür ve burası bulaşıcı hastalıklara karşı korunmuş şekilde tasarlanmıştır.

Barınakta atık yönetimi otomatik gübre sıyırıcı ve gübre çukuru ile sağlanmaktadır. Gübre çukuru gübrenin belirli bir süre depolanmasını sağlamaktadır.

Veterinerlik hizmetleri için 3 tane hasta hayvan odası bulunmaktadır. Bu bölümlerin girişleri binanın dışında bulunmaktadır ve bunun nedeni olası bir hastalık durumunda diğer hayvanlara bulaş riskini azaltmayı amaçlamaktadır.

50 Baş kapasiteli barınağa ilişkin çizim Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1 50 Baş süt sığırı barınağı taban planı

**100 Baş Besi Sığırı Barınağı Projesi:** Bu hayvan barınağı, hayvan refahı, günlük işlerin işgücü ve zaman bakımından verimli ve evre yönetimi gibi temel kriterler göz önüne alınarak tasarlanmıştır. Barınak dört ana bölümden oluşmaktadır.

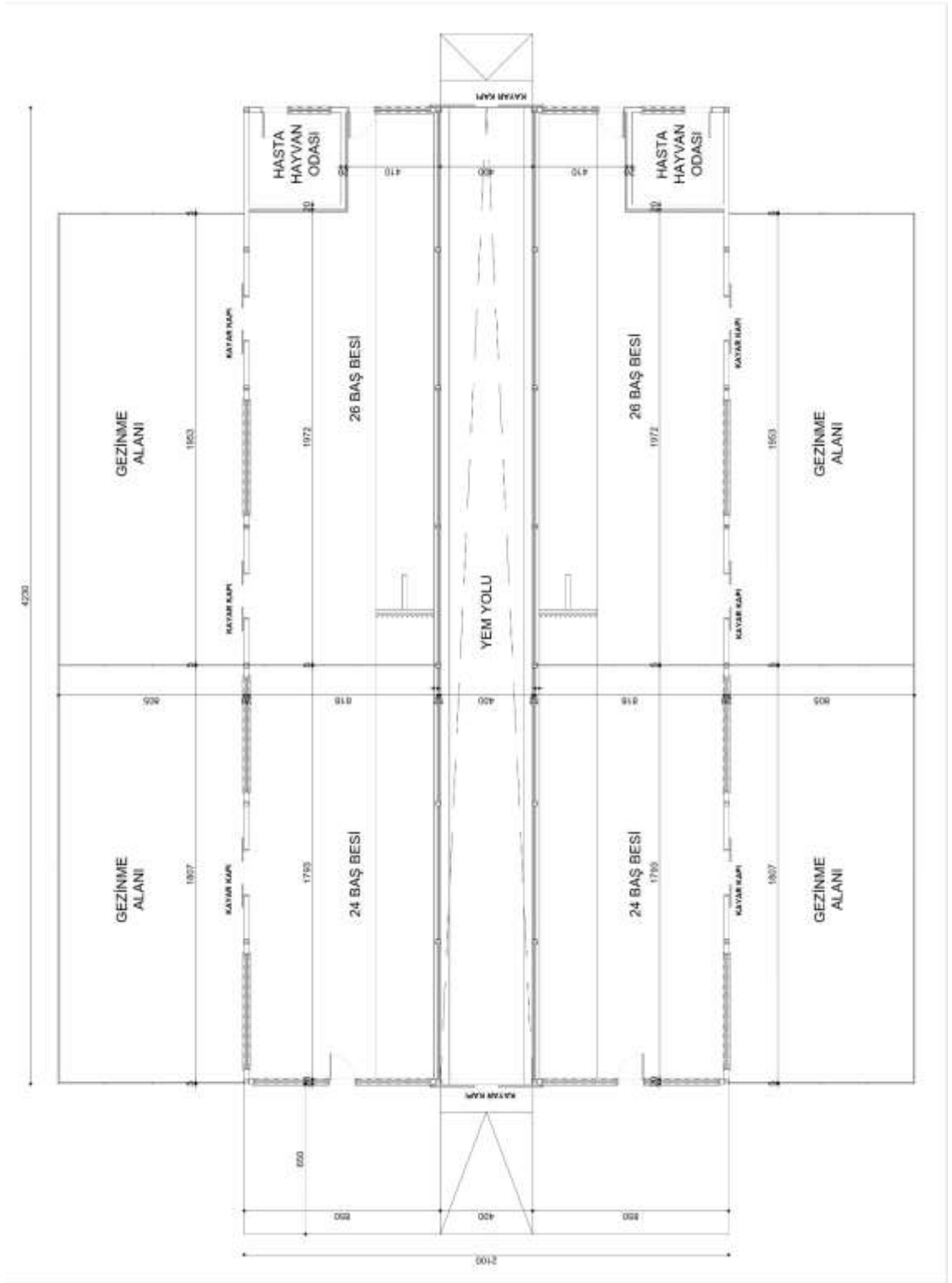
Tesisin merkezinde bulunan bölmeler 2 tane 24 ve 2 tane 26 baş bes hayvanının bulunduracak şekilde tasarlanmıştır. Bu alanlar 24 baş için 146.59 m<sup>2</sup> ve 26 baş için 178.01 m<sup>2</sup> byklgnde olup her bir hayvana yaklaşık 6 m<sup>2</sup> alan düşmektedir.

Yem dağıtımının sorunsuz uygulanabilmesi için gerekli yem yolu 169.19 m<sup>2</sup> olarak tasarlanmış ve servis yolundan yemliklere kolaylıkla ulaşılarak yem dağıtımı yapılmaktadır.

Hayvanların günlük hareket ihtiyaçlarını karşılayabilmesi için tesisin kuzey ve güney uçlarında gezinme alanları bulunmaktadır. 24 baş için 144.59 m<sup>2</sup> ve 26 baş için 156.20 m<sup>2</sup> büyüklükte tasarlanmıştır.

Barınakta oluşan atıkların yönetimi için, batı bölümünde gübre çukuru konumlandırılmıştır. Bu alanda gübreler çevreye zararlı olmayacak şekilde bir süreliğine depolanmaktadır. Bu çukurun hayvanlardan uzakta bağımsız bir bölmede olması hijyenik açıdan büyük önem taşımaktadır.

100 Baş kapasiteli barınağın çizim şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2 100 Baş süt sığırı barnağı taban planı

**120 Baş Süt Sığırı Barınağı Projesi:** Bu barınak modern hayvancılık ilkeleri doğrultusunda, hijyen koşulları ve üretim verimliliğini ön planda tutacak şekilde tasarlanmıştır. Tesisin merkezinde toplam 100 sağmal hayvanın bulunduğu iki sıra karşılıklı duraklar bulunmaktadır.

Tesisin güney bölümünde 0-6 ay ve 6-12 ay arası hayvanlar bulunan bölmeler erkek-dişi ayrımı göz önünde bulundurularak farklı 2 bölme olarak yer almaktadır. Bu bölmelerin yanında 20 adet hayvanı barındırabilecek şekilde kuru hayvan bölmesi bulunmaktadır. Ayrıca genç dişi hayvanlar için 12-18 aylık ve 18-24 aylık yaş gruplarına göre özel bölmelerde bulunmaktadır. Bu bölmelerim her birinde hayvanların doğal davranışlar sergileyebileceği gezinme alanları mevcuttur.

Hayvanların sağlık sorunları ile ilgilenmek için bulunan revir hasta hayvan odaları sağ en alt köşede bulunmakta ve gübre yönetimi için gerekli olan gübre çukuru bu bölüme en uzak konum olan sağ üst bölümde bulunmaktadır. Bu yapılan konumlandırma hayvan sağlığı ve hijyen açısından gerekli bir zorunluluktur.



**250 Baş Besi Sığırı Barınağı Projesi:** Bu proje, 250 başlık bir besi sığırı barınağı olarak tasarlanmış bir projedir. Hijyen, hayvan refahı, işletme verimliliği ve yönetim kolaylığı kriterleri göz önünden bulundurularak tasarlanmıştır.

Proje, hayvanların barınması için toplamda 10 bölümden oluşmaktadır. Bu bölümlerden 8'i 27 baş hayvanı barındıracak şekilde 164.74 m<sup>2</sup> büyüklüğündedir ve bu bölmelere hayvan başı yeterli alana sahip olacak şekilde gezinme alanları mevcuttur. Diğer iki bölüm ise 17 baş için 129.73 m<sup>2</sup> ve 112.34 m<sup>2</sup> büyüklüğündedir. Bu bölümlerden küçük olanın hemen yanında 3 tane revir bulunmakta ve diğer revir ise üst bölümdeki 17 baş bölümünün yanında yer almaktadır.

Barınaktaki hayvan sayısı yüksek olduğundan servis yolundan yem dağıtımı yapılabilecek şekilde tasarlanmış olup bu sayede yem dağıtımı hızlı ve kolay şekilde yapılabilmektedir. Gübre yönetimi için ise gübre çukuru bulunmaktadır.



## 4.2 Uygun İklim Modelinin Belirlenmesi

Çalışmada iklim modellerinden üretilen veriler doğrudan kullanılmıştır. Uygun iklim modeli belirlenirken sıcaklık ve bağıl nem için ayrı ayrı karşılaştırmalar yapılmıştır. Karşılaştırmalar için 2015-2023 arası gözlenen veriler ile modellerdeki aynı yıllara ait değerler karşılaştırılmıştır. Sıcaklık için uygun model belirlenirken, literatüre uygun olarak, ocak ayındaki en düşük değer, nem için ise temmuz ayındaki en yüksek değerler dikkate alınmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucunda hayvan barınağı tasarımında gözlenen veriye en yakın verilerin ait olduğu modellerden yararlanılmıştır.

Çizelge 4.2 Gözlenen ve GFDL modeli ile 4.5 ve 8.5 senaryolarındaki 9 yıllık ortalama sıcaklık

Yıl	Ay	Ort. Sıcaklık (Gözlenen)	GFDL 4.5	GFDL 8.5
2015	1	1.0	-0.8	-4.4
2016	1	0.3	-0.6	0.7
2017	1	-1.3	-6.0	-1.3
2018	1	3.1	-2.3	2.0
2019	1	2.0	-2.9	-4.9
2020	1	1.4	-0.2	-0.8
2021	1	3.5	0.4	-4.2
2022	1	0.9	-0.4	-2.8
2023	1	3.9	0.0	0.7
9 yıl ortalaması		1.6	-1.4	-1.6

Çizelge 4.2’de 9 yıllık ocak ayı ortalama değerleri bulunmaktadır. 2015 yılından başlayan günlük model verilerine bakıldığında bu model ve senaryonun ilk yıllarda yaklaşık 3° C’ye yakın bir farkla sıcaklığı simüle ettiği görülmektedir.

Çizelge 4.3 Gözlenen ve HG modeli ile 4.5 ve 8.5 senaryolarındaki 9 yıllık ortalama sıcaklık

Yıl	Ay	Ort. Sıcaklık (Gözlenen)	HadGEM 4.5	HadGEM 8.5
2015	1	1.0	-3.1	0.4
2016	1	0.3	0.5	-1.0
2017	1	-1.3	-1.8	-2.0
2018	1	3.1	-0.0	-0.0
2019	1	2.0	0.8	-2.1
2020	1	1.4	1.1	0.1
2021	1	3.5	2.4	0.9
2022	1	0.9	1.0	0.1
2023	1	3.9	-0.5	-0.5
9 yıl ortalaması		1.6	0.0	-0.4

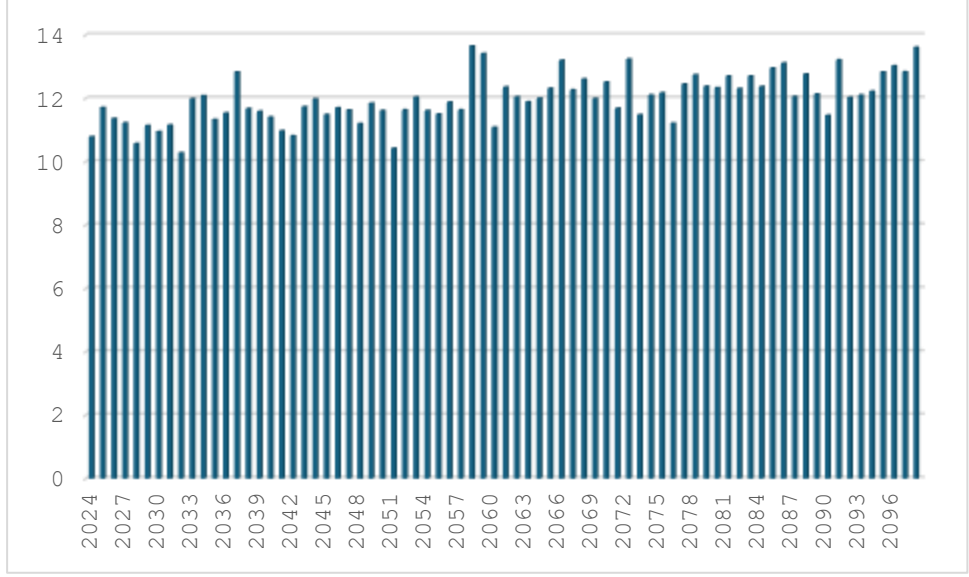
Çizelge 4.3'te 9 yıllık gözlenen veri ile HADGEM2-ES ocak ayı sıcaklık ortalamaları görülmektedir. Bir önceki karşılaştırılan veriye göre RCP 4.5 senaryosunda 1° C farkla simüle ettiği görülmektedir.

Çizelge 4.4 Gözlenen ve MPI modeli ile 4.5 ve 8.5 senaryolarındaki 9 yıllık ortalama sıcaklık

Yıl	Ay	Ort. Sıcaklık (Gözlenen)	MPI 4.5	MPI 8.5
2015	1	1.0	-2.0	-1.1
2016	1	0.3	-3.5	-1.2
2017	1	-1.3	-2.1	1.3
2018	1	3.1	1.6	1.5
2019	1	2.0	-1.5	-1.1
2020	1	1.4	-1.2	-1.2
2021	1	3.5	-0.6	-3.1
2022	1	0.9	-0.5	-1.3
2023	1	3.9	-2.6	1.4
9 yıl ortalaması		1.6	-1.4	-0.5

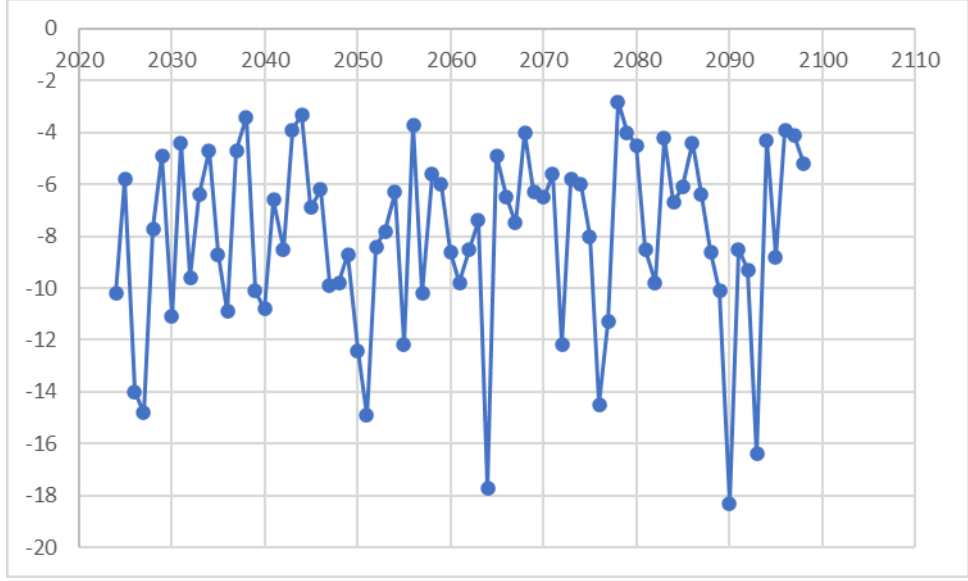
Çizelge 4.4'te 3. model olan MPI-ESM-MR'ın ocak ayı ortalamalarının gözlenen verilerle olan karşılaştırmasından oluşmaktadır. Gözlenen veriye yakın veri olan- 0.54° C'nin ölçülen veri ile arasındaki fark yaklaşık olarak 2° C'dir.

Bütün karşılaştırmalar sonucunda gözlenen veriye en yakın sıcaklık simülasyonunu gerçekleştiren veri setinin HADGEM2-ES modeli ile RCP 4.5 senaryosu olduğu görülmektedir.



Şekil 4.5 2024-2098 Yılları arasındaki yıllık ortalama sıcaklık tahmini (C°)

Şekil 4.5'te belirlenen model ve senaryo ile yapılan önümüzdeki yıllara ait yıllık ortalama sıcaklık verileri bulunmaktadır. Bu verilere bakıldığında 2058 yılından başlamak üzere ortalama olarak 12° C'nin üstünde seyreden yıllar artmaktadır. Önceki yıllarda 12° C ortalama sıcaklığa ulaşan yıl sayısı sadece 3 yıl olarak görülmektedir. Buradaki sonuçlara bakıldığında IPCC'nin kritik artış eşiği olarak belirlediği 1.5° C'nin uzak olmadığı görülmektedir.



Şekil 4.6 2024-2098 Yılları arasındaki ocak ayı en düşük sıcaklık tahminleri (C°)

Şekil 4.6’da gelecek yılların projeksiyonu için kullanması belirlenen HADGEM2-ES modeli ile RCP 4.5 senaryosunun oluşturduğu ocak ayının en düşük sıcaklık değerinin değişimi görülmektedir. İklim değişikliğinin sıcaklık üzerindeki etkisinin sabit bir artış olmadığı görülmekte ve bu nedenle iklimsel çevre denetim hesaplamalarından bazı yıllarda önceki yıllardan daha kalın yalıtım malzemesi uygulanmasının gerekli olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 4.5 Gözlenen ve GFDL modeli ile 4.5 ve 8.5 senaryolarındaki 9 yıllık ortalama nispi nem

Yıl	Ay	Ort. Nispi Nem (Gözlenen)	GFDL 4.5	GFDL 8.5
2015	7	43.2	68.8	42.4
2016	7	39.2	72.8	45.3
2017	7	38.1	64.5	45.0
2018	7	45.4	55.5	56.4
2019	7	42.1	44.2	47.8
2020	7	37.4	52.0	34.3
2021	7	37.2	66.8	43.3
2022	7	47.5	55.0	47.0
2023	7	40.4	45.0	57.1
9 yıl ortalaması		41.1	58.3	46.5

Çizelge 4.5'te gözlenen nem değeri ile GFDL-ESM2M modeli arasındaki 9 yıllık ortalama değer farkları görülmektedir. Bu model için en yakın değer 8.5 senaryosunda olmakla birlikte aradaki fark yaklaşık %5 olarak izlenmiştir.

Çizelge 4.6 Gözlenen ve HG modeli ile 4.5 ve 8.5 senaryolarındaki 9 yıllık ortalama nispi nem

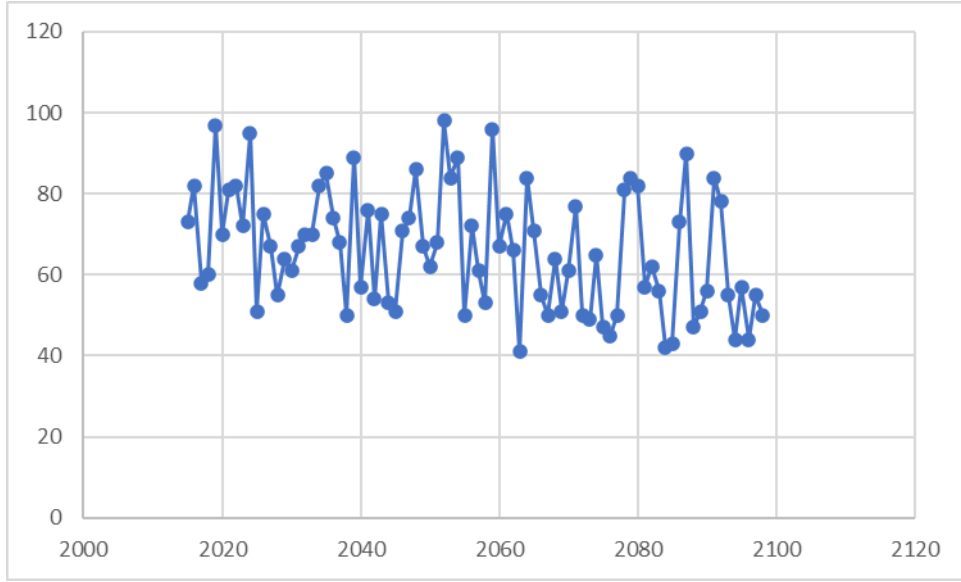
Yıl	Ay	Ort. Nispi Nem (Gözlenen)	HadGEM 4.5	HadGEM 8.5
2015	7	43.2	37.2	29.2
2016	7	39.2	27.5	32.0
2017	7	38.1	28.7	40.7
2018	7	45.4	26.9	27.4
2019	7	42.1	27.9	23.5
2020	7	37.4	30.4	31.8
2021	7	37.2	24.4	27.3
2022	7	47.5	27.1	29.4
2023	7	40.4	36.4	32.2
9 yıl ortalaması		41.1	29.6	30.4

Çizelge 4.6'da 9 yıllık nem ortalama değeri ile HADGEM2-ES modelinin 2 farklı senaryodaki değerleri görülmektedir. Bu veri seti sıcaklık için gözlenen veriye en yakın değerlere sahip olmasına karşın nem için aynı durum geçerli değildir.

Çizelge 4.7 Gözlenen ve MPI modeli ile 4.5 ve 8.5 senaryolarındaki 9 yıllık ortalama nispi nem

Yıl	Ay	Ort. Nispi Nem (Gözlenen)	MPI 4.5	MPI 8.5
2015	7	43.2	42.1	39.4
2016	7	39.2	48.5	41.2
2017	7	38.1	44.6	39.5
2018	7	45.4	39.6	39.2
2019	7	42.1	38.3	52.3
2020	7	37.4	31.0	40.7
2021	7	37.2	48.5	39.6
2022	7	47.5	65.5	44.1
2023	7	40.4	44.0	39.8
9 yıl ortalaması		41.1	44.7	41.8

Çizelge 4.7’de MPI-ESM-MR modeli ile 8.5 senaryosundaki verilere bakıldığında gözlenen değerle neredeyse aynı değerler bulunmaktadır. Bu veriler ışığında iklimsel çevre denetimi hesapları yapılırken nem için bu veri seti kullanılabilir.



Şekil 4.7 2024-2098 Yılları arasındaki temmuz ayı en yüksek nem tahminleri (%)

Şekil 4.7’de seçilen veri setinin 2024-2098 arasındaki temmuz ayındaki en yüksek nem miktarının değişimini göstermektedir. 2060 yılından itibaren nemin aradaki birkaç yıl dışında %60 seviyesinin altında seyrettiği görülmektedir.

### 4.3 İklimsel Çevre Denetimi Hesapları

Yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen barınak sıcaklığı, dış ortam sıcaklığı, iç ortam nemi ve dış ortam nemi verileri yıllara göre aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.8 Ocak ayı en düşük ve temmuz ayı en yüksek nem

Yıllar	Ocak ayı en düşük sıcaklık	Temmuz ayı en yük nem
2023	-20.0	%85
2040	-10.8	%57
2055	-12.2	%50
2070	-6.5	%61
2085	-6.1	%43
2098	-5.2	%50

Çizelge 4.8’de gözlenen verinin alındığı yıllardaki ocak ayı en düşük sıcaklık ve temmuz ayı en yüksek nem değerleri görülmektedir. Sıcaklığın 2023 yılına göre arttığı görülmekte ancak bu etkinin 2070 yılından sonra daha etkili olduğu izlenmektedir. Nem açısından bakıldığında 2040 yılı itibariyle %40-60 değerleri arasında değiştiği görülmektedir.

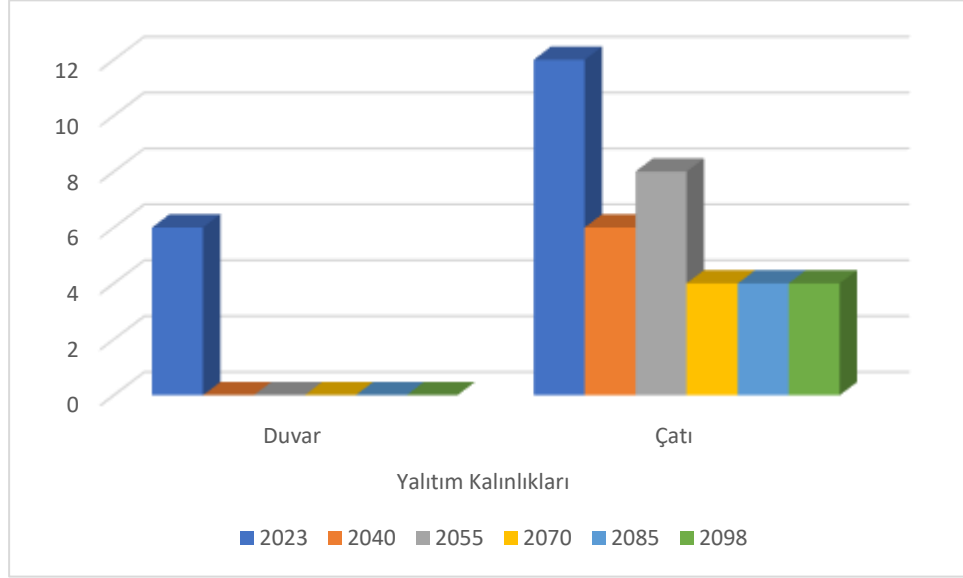
**50 Baş Süt Sığırı Barınağı Projesi:** Yapı elemanlarından olan ısı kayıpları çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9 50 Baş süt sığırı işletmesi ısı kayıpları (kcal/h)

Yıllar	Duvar	Çatı	Kapı	Pencere	Havalandırma
2023	10517	184836	11928	272	18124
2040	7752	136250	8792	200	13900
2055	8173	143644	9269	211	14324
2070	6460	113542	7326	167	12438
2085	6340	111429	7200	164	11846
2098	6070	106677	6883	157	11469

Çizelge 4.9’da 2070 yılından itibaren sıcaklık ortalamasının yükselmesi nedeniyle ısı kayıplarının düştüğü görülmektedir. Bu doğrultuda yalıtımların azalma eğiliminde olduğu görülmektedir. Belirlenen yıllardaki yalıtım malzemesinin uygulandığı alan ve malzeme kalınlığı şekil 4.16’da gösterilmiştir. Duvar yalıtımının önümüzdeki yıllarda gerekmeceği söylenebilir. Bunun nedeninin ise en büyük ısı kaybının çatıdan

kaynaklanmasından olduğu düşünülebilir. Çatı yüzey alanının büyük olmasından dolayı ısı kaybı da en yüksek çatıdan gerçekleşmektedir.



Şekil 4.8 50 Baş süt sığırı işletmesi yalıtım kalınlıkları (cm) ve uygulama bölgeleri

Şekil 4.8’de 2023 yılından sonraki yıllarda duvara yalıtım malzemesi uygulanma gerekliliğinin ortadan kalktığı görülmektedir. 2070 yılı ve takip eden yıllarda 4’er cm yalıtım malzemesinin çatıya uygulanması ile ısı dengesinin kurulabileceği söylenebilir.

Duvar ve çatıdaki çığlenme noktası hesaplaması için belirlenen eşik nokta 11.6°C’dir.

Çizelge 4.10 Çığlenme değerleri

Yıllar	Duvar	Çatı
2023	13.4	13.6
2040	12.0	13.3
2055	11.8	13.6
2070	12.5	13.0
2085	12.5	13.0
2098	12.6	13.1

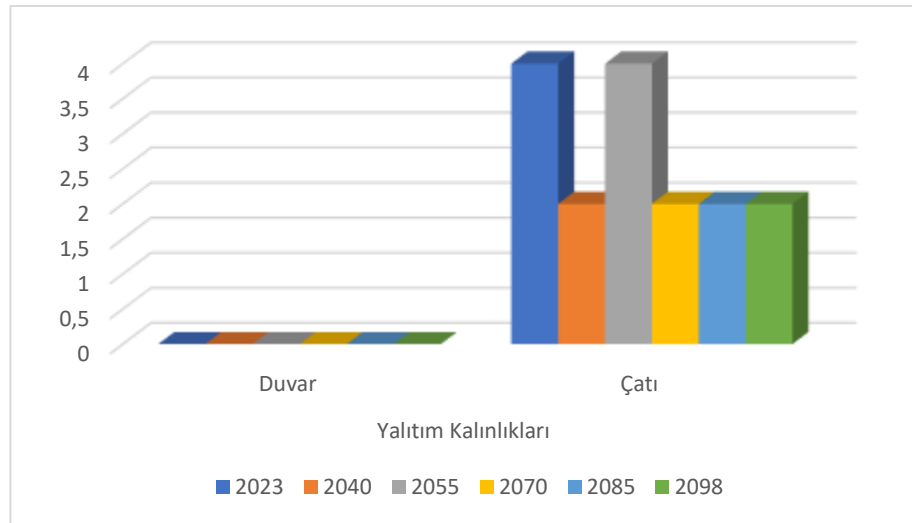
Çizelge 4.10’da görüldüğü üzere duvar ve çatıların çığlenme noktaları iç ortam çığlenme noktasından yüksek olduğundan nem yoğunlaşmasının gerçekleşmeyeceği düşünülebilir.

**100 Baş Sığırı Barınağı Projesi:** Yapı elemanlarından olan ısı kayıpları 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11 100 Baş süt sığırı işletmesi ısı kayıpları (kcal/h)

Yıllar	Duvar	Çatı	Kapı	Pencere	Havalandırma
2023	8996	156222	9000	217.9	42407
2040	6237	108313	6231	151	31100
2055	6657	115604	6659	161	32138
2070	4947	85922	4949	119	27365
2085	4827	83839	4829	116	25548
2098	4558	79152	4559	110	24526

Çizelge 4.11’de yapı elemanlarından olan ısı kaybı görülmekte ve en büyük ısı kaybının yaşandığı iki yer çatı ve havalandırma olarak göze çarpmaktadır. Havalandırmadan olan ısı kaybına yalıtım uygulanamayacağından, çatıya yapılan yalıtımlarla ısı dengesi sağlanmıştır. Aşağıdaki şekil 4.17’de yıllara ait yalıtımın malzemesinin kalınlığı ve uygulanma yeri belirtilmiştir.



Şekil 4.9 100 Baş besi sığırı işletmesi yalıtım kalınlıkları (cm) ve uygulama bölgeleri

Şekil 4.9’da 2070 yılı ve takip eden yıllarda 2’şer cm yalıtım malzemesinin çatıya uygulanması ile ısı dengesinin kurulabileceği düşünülmektedir.

Duvar ve çatıdaki çığlenme noktası hesaplaması için belirlenen eşik nokta 6.7°C’dir.

Çizelge 4.12 Çığlenme değerleri

Yıllar	Duvar	Çatı
2023	6.5	5.6
2040	7.5	4.9
2055	7.4	6.7
2070	8.0	6.0
2085	8.1	6..1
2098	8.2	6.3

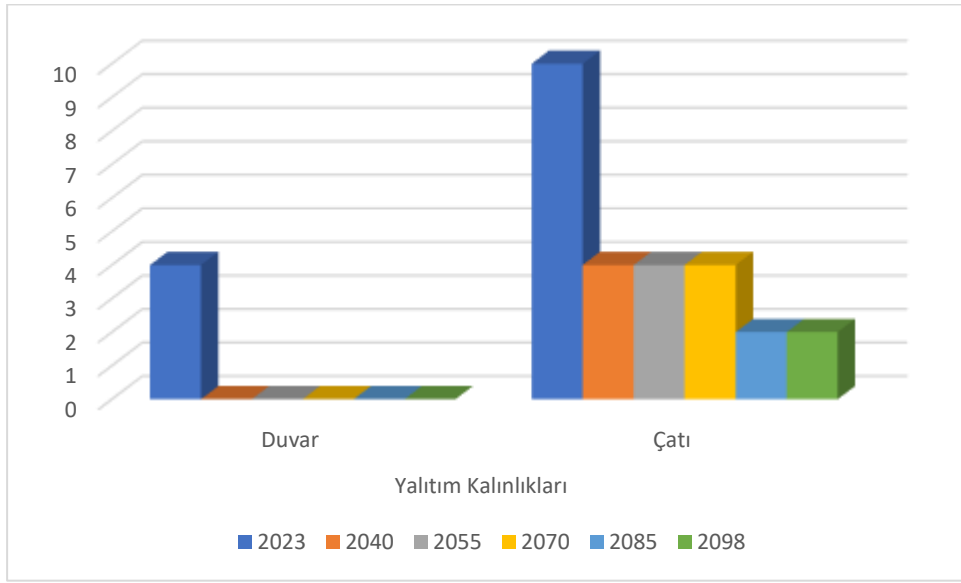
Çizelge 4.12’deki yapı elemanlarının çığlenme noktalarının iç ortamdan fazla veya aradaki farkın 2°C’den az olması durumlarında kabul edilebilir aralıkta olduğu belirtilebilir. Bu durumda nem yoğunlaşması sorununun olmayacağı söylenebilir.

**120 Baş Süt Sığırı Barınağı Projesi:** Yapı elemanlarından olan ısı kayıpları çizelge 4.13’te verilmiştir.

Çizelge 4.13 120 Baş süt sığırı işletmesi ısı kayıpları (kcal/h)

Yıllar	Duvar	Çatı	Kapı	Pencere	Havalandırma
2023	17179	398718	15351	583	43499
2040	12663	293912	11315	429	33362
2055	13351	309861	11929	453	34375
2070	10553	244926	9429	358	29853
2085	10356	240370	9254	351	28428
2098	9915	230117	8858	336	27532

Çizelge 4.13'te işletmenin yalıtım malzemelerinin uygulanmadan önceki ısı kayıpları görülmektedir. Önceki grafiklerle aşağıdaki grafiği karşılaştırdığımızda temel olarak bir fark bulunmaktadır. Önceki grafiklerde 2070 yılı itibariyle sonraki yıllarla eşit kalınlıkta yalıtım malzemesi uygulanmaktaydı fakat burada 2085 ve 2098 yıllarıyla aynı oranda malzeme kullanıldığında ısı dengesi hesabında çok yüksek olmayan ama önemsenmesi gereken bir kayıp miktarı ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle çatıya 2 cm fazla bir yalıtım uygulanmıştır.



Şekil 4.10 120 Baş süt sığırı işletmesi yalıtım kalınlıkları (cm) ve uygulama bölgeleri

Şekil 4.10'da 2023 yılından sonraki yıllarda duvara yalıtım malzemesi uygulanma gerekliliğinin ortadan kalktığı görülmektedir. 2040 ve 2070 yıllarında 4'er cm ile ısı dengesi sağlanabilirken, 2085 ve takip eden yıllarda 2'şer cm yalıtım malzemesinin çatıya uygulanması ile ısı dengesinin kurulabileceği söylenebilir.

Duvar ve çatıdaki çığlenme noktası hesaplaması için belirlenen eşik nokta 11.6°C'dir.

Çizelge 4.14 Çiğlenme değerleri

Yıllar	Duvar	Çatı
2023	12.8	13.6
2040	12.0	12.6
2055	11.8	12.4
2070	12.5	13.0
2085	12.5	11.4
2098	12.6	11.6

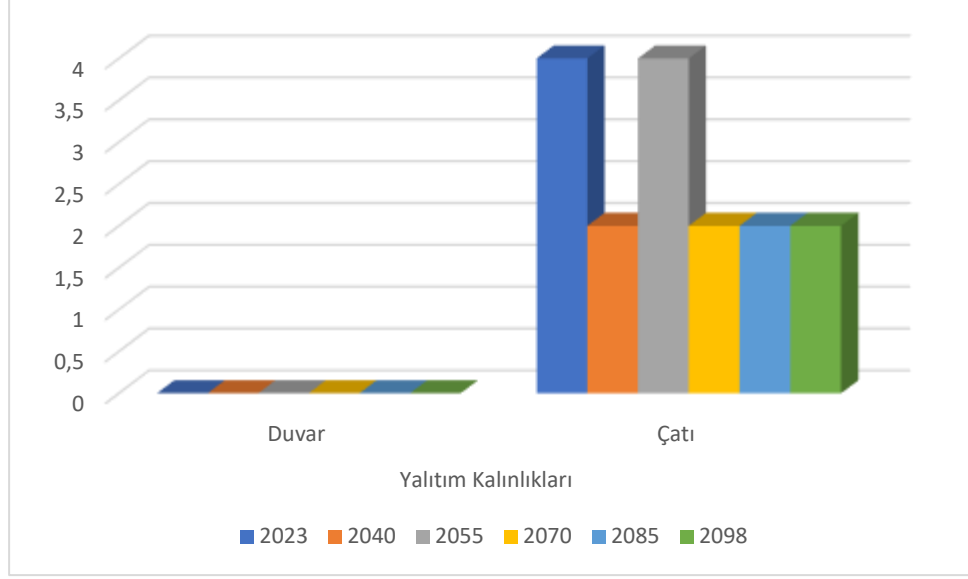
Çizelge 4.14'te duvar ve çatıların çiğlenme noktaları iç ortam çiğlenme noktasından yüksek olduğundan nem yoğunlaşmasının gerçekleşmeyeceği söylenebilir.

**250 Baş Besi Sığırı Barınağı Projesi:** Yapı elemanlarından olan ısı kayıpları çizelge 4.15'te verilmiştir.

Çizelge 4.15 250 Baş besi sığırı işletmesi ısı kayıpları (kcal/h)

Yıllar	Duvar	Çatı	Kapı	Pencere	Havalandırma
2023	15004.5	363918.3	14958	524.64	106019
2040	10403	252316	10370	363	80110
2055	11103	269299	11068	388	80352
2070	8252	200155	8226	288	68415
2085	8052	195302	8026	281	63876
2098	7602	184385	7577	265	61324

Çizelge 4.15'te yapı elemanlarından olan ısı kayıpları belirtilmiştir. 2055 yılı dışında doğrusal bir düşüş görülmekte olup bunun nedeni ise önceki bölümde belirtildiği üzere iklim değişikliğinin her zaman bir önceki yıldan sabit olarak daha sıcak geçen bir olgu olmadığıdır. Bu durum toplamda artan bir sıcaklık ortalaması olduğu gerçeğini değiştirmemekte, ancak belirli bir yılın hesabı yapıldığı için o yılda bir azalma eğilimi görülmüştür. Şekil 4.19'da yalıtım malzemesinin kalınlığı ve uygulandığı bölge belirtilmiştir.



Şekil 4.11 250 Baş besi sığırı barınağı yalıtım kalınlıkları (cm) ve uygulama bölgeleri

Şekil 4.11’de 2070 yılı ve takip eden yıllarda 2’şer cm yalıtım malzemesinin çatıya uygulanması ile ısı dengesinin kurulabileceği ifade edilebilir.

Duvar ve çatıdaki çığlenme noktası hesaplaması için belirlenen eşik nokta 6.7°C’dir.

Çizelge 4.16 Çığlenme değerleri

Yıllar	Duvar	Çatı
2023	6.5	5.6
2040	7.5	4.9
2055	7.4	6.7
2070	8.0	6.0
2085	8.1	6..1
2098	8.2	6.3

Çizelge 4.16’da yapı elemanlarının çığlenme noktalarının iç ortamdan fazla veya aradaki farkın 2°C’den az olması durumlarında kabul edilebilir aralıkta olduğu ifade edilebilir. Bu durumda nem yoğunlaşması sorunu olmayacağı söylenebilir.

## 5. SONUÇ

Bu Yüksek Lisans Tez çalışması sonuçlarına göre iklim değişikliğinin etkilerinin her geçen gün daha da artarak devam edeceği öngörülmektedir. İklim değişikliği yaygın bilinen şekliyle, her zaman sıcaklığı artırma eğiliminde etki etmemektedir. Bu nedenle bazı yıllar önceki dönemlere kıyasla daha soğuk geçebilir, sıcaklık artışları ya da azalışları doğrusal olmayabilir. Ancak bu durum iklim değişikliği sürecinin yavaşladığı anlamına gelmemektedir.

Hayvansal üretim yapıları açısından değerlendirildiğinde, özellikle 2070 yılı ve sonrasında barınaklarda yalıtım ihtiyacının önemli ölçüde azalacağı öngörülmektedir. Daha ileri dönemlerde ise barınakların açık yapılar şeklinde tasarlanması gerekebilir. Bu durumun yapısal maliyetleri azaltma potansiyeli olsa da hayvan sağlığı ve verimlilik açısından çeşitli riskleri de beraberinde getirebileceği düşünülmelidir. Sıcaklık stresi arttıkça hayvanların yem yeme alışkanlıkları değişmekte ve daha az yem tüketmeye başlayan hayvanlarda verim kayıpları ve hastalıklar öngörülmektedir. Özellikle sıcaklık stresinin artmasıyla birlikte, yalnızca gölgelik alanların yeterli olmaması ve daha kapsamlı iklimlendirme önlemlerinin alınma ihtiyacı doğabilir. Aşırı sıcaklıkların yaşanması durumunda, açık barınaklardan yeniden kapalı sistemlere dönüş yapılması ve soğutma sistemlerinin entegrasyonu gündeme gelebilecektir.

İklim değişikliğinin sadece yapı tasarımları üzerinde değil, aynı zamanda hayvan türleri ve ırkları üzerinde de etkileri olacaktır. Isı stresine daha dayanıklı türlerin ve ırkların tercih edilmesi söz konusu olabilir. Bazı durumlarda ise büyükbaş hayvan yetiştiriciliği yerine küçükbaş hayvancılığa yönelme zorunluluğu doğabilir. Bu tür değişimler mevcut barınaklarda köklü dönüşümleri beraberinde getirecek, hatta bazı durumlarda tamamen yeni yapıların inşası gündeme gelecektir.

Sonuç olarak iklim değişikliğinin hayvansal üretim üzerindeki etkilerinin önemle ele alınması gerekmektedir. Çalışma sonucunda gelecekteki yıllarda yapı maliyetlerinin düşmesi öngörülse de bu maliyet avantajının arkasında yatan sıcaklık artışlarının olumsuz etkileri konusunda üreticilerin bilgilendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Aksi takdirde,

verim kayıpları ve hastalıklara bağlı hayvan ölümleri, ekonomik açıdan ciddi olumsuzluklara neden olabilir. Bu bağlamda, barınaklardaki hijyen koşullarına her zamankinden daha fazla özen gösterilmesi gerekecektir. Hesaplamalar sonucunda yapı tipi ve konstrüksiyon açısından bazı dönemler açık bazı dönemler kapalı barınakların gerekli olduğu belirlenmiştir. Hayvansal üretim yapılarında özellikle inşaat maliyeti oldukça yüksektir. Bu nedenle yapı tipindeki değişimlerin maliyet ve işletim açısından ne kadar kolay sağlanabileceği göz önüne alınmalıdır. Büyük hacimli ağır betonarme yapılar yerine hafif konstrüksiyonlu yapılar tasarlanmalıdır. Yetiştiricilerin uygun yapı tipi için ayıracakları bütçenin üretim sonucunda elde edecekleri geliri düşürmeden modüler malzemeler kullanmayı tercih etmeleri avantajlı bir seçenek olacaktır. Örnek olarak sandviç paneller, kayar perdeler vb. kullanılabilir. Bu sistemler sökülüp takılabildiğinden iklimsel özelliklerin değişimine kolayca uyum sağlayabilmektedir.

İklim değişikliği etkisi altında hayvan barınakları için farklı tasarımlar belirlenirken hayvan refahı, hayvan sağlığı, barınak iç iklimsel koşulları, barınak dışındaki çevrenin korunması, atık yönetimi gibi konulara önem verilmesi ve dikkatlice düşünülmesi gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- Ahmed, K. F., Wang, G., Yu, M., Koo, J. ve You, L. 2015. Potential impact of climate change on cereal crop yield in West Africa. *Climatic change*, 133, 321-334.
- Albright, L. D. 1990. *Environment Control for Animals and Plants*. American Society of Agricultural Engineers, 453, Wisconsin.
- Anderson, R., Bayer, P. E. ve Edwards, D. 2020. Climate change and the need for agricultural adaptation. *Current opinion in plant biology*, 56, 197-202.
- Anonim 2015, Türkiye Haritası Web Sitesi: <https://www.turkiyeharitasi.gen.tr/2016/04/29/ankara-siyasi-haritasi/>. (Erişim tarihi 08.07.2024)
- Anonim, 2023. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Web Sitesi: <https://mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2024-iklim-raporu.pdf>. (Erişim tarihi 09.07.2024)
- Anonim, 2023. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Web Sitesi: <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx?s=kuresel>. (Erişim tarihi 09.07.2024)
- Anonim, 2024. Tarım Bakanlığı Web Sitesi: <https://www.tarimorman.gov.tr/TRGM/TARYAT/Belgeler/Tar%C4%B1msal%20yat%C4%B1r%C4%B1m%20rehberi/Ankara%20Tar%C4%B1msal%20Yat%C4%B1r%C4%B1m%20Rehberi.pdf>. (Erişim tarihi 09.07.2024)
- Anonim, 2025. Türkiye İstatistik Kurumu Web Sitesi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2023-53974>. (Erişim tarihi: 26.04.2025)
- Anwar, M. R., Li Liu, D., Farquharson, R., Macadam, I., Abadi, A., Finlayson, J. ve Ramilan, T. 2015. Climate change impacts on phenology and yields of five broadacre crops at four climatologically distinct locations in Australia. *Agricultural Systems*, 132, 133-144.
- Balaban, A. Ve Şen, E. 1988. *Tarımsal yapılar A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 1083, Ders kitabı, Ankara.*
- Bellouin, N., Collins, W. J., Culverwell, I. D., Halloran, P. R., Hardiman, S. C., Hinton, T. J., ... ve Wiltshire, A. 2011. The HadGEM2 family of met office unified model climate configurations. *Geoscientific Model Development*, 4(3), 723-757.
- Bocchiola, D., Nana, E. ve Soncini, A. 2013. Impact of climate change scenarios on crop yield and water footprint of maize in the Po valley of Italy. *Agricultural water management*, 116, 50-61.
- Burney, J., Cesano, D., Russell, J., La Rovere, E. L., Corral, T., Coelho, N. S. ve Santos, L. 2014. Climate change adaptation strategies for smallholder farmers in the Brazilian Sertão. *Climatic change*, 126(1), 45-59.

- Carter, T. R., Saarikko, R. A. ve Niemi, K. J. 1996. Assessing the risks and uncertainties of regional crop potential under a changing climate in Finland. *Agricultural and Food Science*, 5(3), 329-350.
- Carvajal, M. A., Alaniz, A. J., Gutiérrez-Gómez, C., Vergara, P. M., Sejian, V. ve Bozinovic, F. 2021. Increasing importance of heat stress for cattle farming under future global climate scenarios. *Science of The Total Environment*, 801, 149661.
- Chauberger, G., Piringer, M., Petz, E. (2000). Steady-state balance model to calculate the indoor climate of livestock buildings, demonstrated for finishing pigs. *International Journal of Biometeorology*, 43(4), 154-162.
- CIGR. 1984. Climatization of animal houses.
- CIGR. 2002. Climatization of animal houses, heat and moisture production at animal and houses levels.
- Demir, Ö., Atay, H., Eskiöğlü, O., Tuvan, A., Demircan, M. ve Akçakaya, A. Rcp 4. 5 Senaryosuna göre Türkiye’de sıcaklık ve yağış projeksiyonları, 3. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, 3-5 Haziran, İstanbul.
- Esmay, L. M. 1982. Principles of animal environment.
- FAO, 2006. Livestock’s Long Shadow Environmental Issues and Options. Food and Agriculture Organisation, Rome, Italy
- Garnett, T. 2009. Livestock-related greenhouse gas emissions: impacts and options for policy makers. *Environmental science and policy*, 12(4), 491-503.
- Ghahramani, A. ve Moore, A. D. 2016. Impact of climate changes on existing crop-livestock farming systems. *Agricultural Systems*, 146, 142-155.
- Gregory, W. L. ve Duran, A. 2001. Scenarios and acceptance of forecasts. *Principles of forecasting: A handbook for researchers and practitioners*, 30, 519-540.
- Hempel, S., Menz, C., Pinto, S., Galán, E., Janke, D., Estellés, F., ... ve Amon, T. 2019. Heat stress risk in European dairy cattle husbandry under different climate change scenarios—uncertainties and potential impacts. *Earth System Dynamics*, 10(4), 859-884.
- Henderson-Sellers, B. 1985. New formulation of eddy diffusion thermocline models. *Applied Mathematical Modelling*, 9(6), 441-446.
- Hernandez-Ochoa, I. M., Asseng, S., Kassie, B. T., Xiong, W., Robertson, R., Pequeno, D. N. L. ve Hoogenboom, G. 2018. Climate change impact on Mexico wheat production. *Agricultural and Forest Meteorology*, 263, 373-387.
- Hristov, A. N., Degaetano, A. T., Rotz, C. A., Hoberg, E., Skinner, R. H., Felix, T., ... ve Hollinger, D. Y. 2018. Climate change effects on livestock in the Northeast US and strategies for adaptation. *Climatic Change*, 146(1), 33-45.
- Hughes, N., Lu, M., Soh, W. Y. ve Lawson, K. 2022. Modelling the effects of climate change on the profitability of Australian farms. *Climatic Change*, 172(1), 12.

- Iacono, M. J., Delamere, J. S., Mlawer, E. J., Shephard, M. W., Clough, S. A. ve Collins, W. D. 2008. Radiative forcing by long-lived greenhouse gases: Calculations with the AER radiative transfer models. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 113.
- Ilyina, T., Six, K. D., Segschneider, J., Maier-Reimer, E., Li, H. ve Núñez-Riboni, I. 2013. Global ocean biogeochemistry model HAMOCC: Model architecture and performance as component of the MPI-Earth system model in different CMIP5 experimental realizations. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 5(2), 287-315.
- Jungclaus, J. H., Fischer, N., Haak, H., Lohmann, K., Marotzke, J., Matei, D. ve Von Storch, J. S. 2013. Characteristics of the ocean simulations in the Max Planck Institute Ocean Model (MPIOM) the ocean component of the MPI-Earth system model. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 5(2), 422-446.
- Karki, S., Burton, P. ve Mackey, B. 2020. The experiences and perceptions of farmers about the impacts of climate change and variability on crop production: a review. *Climate and development*, 12(1), 80-95.
- Koyuncu, M. 2017. Küresel İklim Değişikliği ve Hayvancılık. *Selcuk Journal of Agriculture & Food Sciences/Selcuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(2), 98.
- Kontgis, C., Schneider, A., Ozdogan, M., Kucharik, C., Duc, N. H. ve Schatz, J. 2019. Climate change impacts on rice productivity in the Mekong River Delta. *Applied Geography*, 102, 71-83.
- Lal, R. 2021. Climate change and agriculture. In *Climate Change* (pp. 661-686). Elsevier.
- Malhi, G. S., Kaur, M. ve Kaushik, P. 2021. Impact of climate change on agriculture and its mitigation strategies: A review. *Sustainability*, 13(3), 1318.
- Olesen, J. E. ve Bindi, M. 2002. Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European journal of agronomy*, 16(4), 239-262.
- Olgun, M. 2009. Tarımsal yapılar A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 1577, Ders kitabı, Ankara.
- Owen, J. E. 1994. *Structure and Materials*. 1983. Ventilation of Agricultural Structures.
- Paul, J., Fortuin, F. ve Kelder, H. 1998. An ozone climatology based on ozonesonde and satellite measurements. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 103(D24), 31709-31734.
- Prasad, R., Gunn, S. K., Rotz, C. A., Karsten, H., Roth, G., Buda, A. ve Stoner, A. M. 2018. Projected climate and agronomic implications for corn production in the Northeastern United States. *PloS one*, 13(6).
- Reick, C. H., Raddatz, T., Brovkin, V. ve Gayler, V. 2013. Representation of natural and anthropogenic land cover change in MPI-ESM. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 5(3), 459-482.

- Roeckner, E., Mauritsen, T., Esch, M. ve Brokopf, R. 2012. Impact of melt ponds on Arctic sea ice in past and future climates as simulated by MPI-ESM. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 4(3), 1-18.
- Schaap, B. F., Blom-Zandstra, M., Hermans, C. M., Meerburg, B. G. ve Verhagen, J. 2011. Impact changes of climatic extremes on arable farming in the north of the Netherlands. *Regional Environmental Change*, 11, 731-741.
- Schneck, R., Reick, C. H. ve Raddatz, T. 2013. Land contribution to natural CO<sub>2</sub> variability on time scales of centuries. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 5(2), 354-365.
- Stevens, B., Giorgetta, M., Esch, M., Mauritsen, T., Crueger, T., Rast, S. ve Roeckner, E. 2013. Atmospheric component of the MPI-M Earth system model: ECHAM6. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 5(2), 146-172.
- Valiño, V., Perdignes, A., Iglesias, A. ve García, J. L. 2010. Effect of temperature increase on cooling systems in livestock farms. *Climate Research*, 44(1), 107-114.