

**BURSA BÖLGESİNDE FAALİYET GÖSTEREN BAZI
HAYVANCILIK İŞLETMELERİNİN KARBON AYAK
İZİNİN BELİRLENMESİ**

Begüm AHMET



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BURSA BÖLGESİNDE FAALİYET GÖSTEREN BAZI HAYVANCILIK
İŞLETMELERİNİN KARBON AYAK İZİNİN BELİRLENMESİ**

Begüm AHMET

0000-0001-6481-1636

Doç. Dr. İlker KILIÇ

0000-0003-0087-6718

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA - 2019

Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Begüm AHMET tarafından hazırlanan “**BURSA BÖLGESİNDE FAALİYET GÖSTEREN BAZI HAYVANCILIK İŞLETMELERİNİN KARBON AYAK İZİNİN BELİRLENMESİ** ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. İlker KILIÇ

Başkan : Doç. Dr. İlker KILIÇ
0000-0003-0087-6718
Bursa Uludağ Üniversitesi
Ziraat Fakültesi
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı
İmza

Üye : Prof. Dr. Ercan ŞİMŞEK
0000-0001-9979-5496
Bursa Uludağ Üniversitesi
Ziraat Fakültesi
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı
İmza

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Saadet HACISALİHOĞLU
0000-0002-2603-3578
Bursa Teknik Üniversitesi,
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Çevre
Mühendisliği Anabilim Dalı
İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin AKSEL EREN
Enstitü Müdürü
28/10/2019

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

28/10/2019

Begüm AHMET

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BURSA BÖLGESİNDE FAALİYET GÖSTEREN BAZI HAYVANCILIK İŞLETMELERİNİN KARBON AYAK İZİNİN BELİRLENMESİ

Begüm AHMET

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. İlker KILIÇ

Küresel ısınma, atmosferde ki gazların konsantrasyonunun artması sonucunda yeryüzü sıcaklığının yükselmesidir. Sera gazları gezegenin enerji dengesini bozmakta ve yüzey ısısının yükselmesine neden olmaktadır. Sera gazlarının bu etkisine sera etkisi, bu yolla meydana gelen ısınma olayına da 'küresel ısınma' denilmektedir. Başta fosil yakıt kullanımı olmak üzere, sanayileşme, enerji üretimi, ormanların yok olması ve diğer insan aktiviteleri küresel ısınma ve iklim değişikliğinin nedenleri arasındadır. Birleşmiş Milletler 2007 yılında yayınladığı İklim Raporu'nda Küresel ısınmanın, son 50 yılda %90 oranında insan eliyle yaratıldığını ve ekonomik büyüme (sanayileşme) ve nüfus artışı ile giderek daha da geri dönüşü zor olan bir hal aldığını belirtmektedir.

Bu çalışmanın amacı, Bursa bölgesinde faaliyet gösteren bir adet 100 baş sağmal süt sığırı, bir adet 180 başlık koyun ağılı ve bir adet 12000 baş yumurta tavukçuluğu işletmelerinde üretilen fonksiyonel birim sonucunda oluşan karbon ayak izinin tahminlenmesidir. Bu çalışmada, fonksiyonel birim olarak süt sığırı işletmesinde 1 litre süt, koyun ağılı işletmesinde 1 kg et, yumurta tavukçuluğu işletmesinde 1 kg yumurta göz önüne alınmıştır. Çalışma kapsamında hem enterik fermantasyondan kaynaklanan hem de gübre yönetiminden kaynaklanan metan gazı emisyonu tahminlenmesinde Tier 1 ve Tier 2 yaklaşımları kullanılmıştır.

Çalışma sonunda elde edilen sonuçlar ise Tier 1 ve Tier 2 yaklaşımları için sırasıyla 0,4215-1,0693 kg CO₂e/1 L süt, 0,0912-0,1002 kg CO₂e/1 kg et, 0,3834 kg CO₂e/1 kg yumurta'dır. Tavukçuluk işletmesi için Tier 2 yaklaşımını içeren veriye ulaşılamadığından hesaplama yapılamamıştır. Sonuçlar doğrultusunda enterik fermantasyonun azaltımı için yem rasyonuna kaliteli ve enerji içeriği yüksek besinler eklenmesi, gübre işletim sistemlerinin ise daha iyi planlanması ve kompostlama gibi prosesler önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Karbon ayak izi, sera gazı, Tier yaklaşımları, karbon salımı

2019, vii +47 sayfa

ABSTRACT

MSc Thesis

DETERMINATION OF CARBON FOOTPRINT OF SOME LIVESTOCK ENTERPRISES IN BURSA REGION

Begüm AHMET

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biosystem Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İlker KILIÇ

Global warming is the rise of the earth's temperature as a result of increasing the concentration of gases in the atmosphere. Greenhouse gases disrupt the energy balance of the planet and cause the surface temperature to rise. This effect of greenhouse gases is called the greenhouse effect and the warming that occurs in this way is called 'global warming'. Among the causes of global warming and climate change are industrialization, energy production, destruction of forests and other human activities, especially the use of fossil fuels. In its Climate Report published in 2007, the United Nations states that global warming has been created by 90% of people in the last 50 years and has become increasingly difficult with economic growth (industrialization) and population growth.

The aim of this study is to estimate the carbon footprint resulting from a functional unit produced in one 100 head milk cattle, one 180 head sheep cattle and one 12000 head poultry farms operating in Bursa region. In this study, 1 liter of milk in dairy cattle farm, 1 kg of meat in sheep farm and 1 kg of eggs in poultry farm were considered as functional units.

In this study, Tier 1 and Tier 2 approaches were used to estimate methane gas emission both from enteric fermentation and from fertilizer management. Results obtained at the end of the study for Tier 1 and Tier 2 approaches 0.4215-1.0693 kg CO₂e / 1 L milk, 0.0912-0,1002 kg CO₂e / 1 kg meat, 0.3834 kg CO₂e / 1 kg eggs. Since the data containing the Tier 2 approach could not be reached for the poultry farm, the calculation could not be made. According to the results, processes such as adding high quality and high energy nutrients to the feed ration, better planning of fertilizer operating systems and composting are recommended for reducing enteric fermentation.

Key words: Carbon footprint, green house gas, Tier approaches, carbon emission

2019, vii +47 pages.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması sırasında, bilgi ve tecrübesiyle beni yönlendiren ve çalıőmamın ilerlemesini sağlayan sevgili danışman hocam Doç. Dr. İlker KILIÇ' a, araştırma ve çalıőmalarımnda yardımını esirgemeyen sevgili Araç. Gör. Bıőra YAYLI'ya teőekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her döneminde bana sonsuz sevgi ve destek gösteren sevgili babam Saim KESKİN'e, değerli annem Ülkü KESKİN'e ve kardeőim Ulaő KESKİN'e ayrıca tüm ilgisini, maddi ve maddi desteğini esirgemeyen çok kıymetli eőim Sinan AHMET'e en içten duygularımla teőekkürü bir borç bilirim.

Begüm AHMET
28/10/2019

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	2
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	18
3.1. Bursa İli'nin Mevcut Durumu.....	18
3.2. İşletme Durumu.....	19
3.3. Sistem Sınırları ve Fonksiyonel Birim.....	20
3.3.1. Sistem sınırları.....	20
3.3.2. Fonksiyonel birim.....	21
3.4. Karbon Ayak İzi Hesabı.....	22
3.4.1 Tier 1 yaklaşımı.....	22
3.4.2 Tier 2 yaklaşımı.....	26
4.BULGULAR VE TARTIŞMA.....	31
4.1. Tier 1 Yaklaşımına Göre Karbon Ayak İzi.....	31
4.2. Tier 2 Yaklaşımına Göre Karbon Ayak İzi.....	36
4.3. Tier 1 ve Tier 2 Yaklaşımlarının Karşılaştırılması.....	38
5. SONUÇ.....	41
KAYNAKLAR.....	44
ÖZGEÇMİŞ.....	47

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
%	Yüzde
°C	Santigrad derece
CH ₄	Metan
CO ₂	Karbon dioksit
CV	Ortalama Değerin Ortalama Vayansı
e	Eşdeğerlik
Gg	Gigagram
gr	Gram
kg	Kilogram
km ²	Kilometre kare
kW	Kilo Watt
L	Litre
m ²	Metrekare
m ³	Metreküp
MJ	Mega Jül
mm	Milimetre
N	Azot
N ₂ O	Diazot monoksit
NH ₃	Amoynak
ppm	Per part million
Tg	Teragram

Kısaltmalar	Açıklama
AB	Avrupa Birliği
CF	Carbon Footprint
DMI	Dry Matter Intake
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nation
GHG	Green House Gas Emissions
IPCC	Intergovenmental Panel on Climate Change
ISO	International Organization for Standardization
LCA	Life Cycle Assesment
LW	Live Weight
MCF	Metan Dönüşüm Faktörü
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
PAS	Publicly Available Spesification
ULICEES	Unified Livestock Industry and Crop Emissions Estimation System
UNEP	United Nations Environment Programme
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
WMO	World Meteorological Organization
YDD	Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Bursa ili haritası.....	18
Şekil 3.2. Çalışmanın sistem sınırları.....	21
Şekil 4.1. Süt sığırı işletmesinin günlük karbon ayak izinin kaynakları.....	32
Şekil 4.2. Koyun işletmesinin günlük karbon ayak izinin kaynakları.....	33
Şekil 4.3. Yumurta tavuğu işletmesinin günlük karbon ayak izinin kaynakları.....	34
Şekil 4.4. Hayvancılık işletmelerinin karbon ayak izi miktarları.....	35
Şekil 4.5. Süt sığırı işletmesinin günlük karbon ayak izinin kaynakları(Tier 2).....	36
Şekil 4.6. Koyun işletmesinin günlük karbon ayak izinin kaynakları(Tier 2).....	37
Şekil 4.7. Hayvancılık işletmelerinden kaynaklanan karbon ayak izi miktarları.....	38
Şekil 4.8. Hayvancılık işletmelerinin Tier 1 ve Tier 2 yaklaşımları arasındaki değişim oranı	39

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Çalışmada incelenen hayvan barınaklarının yapısal özellikleri.....	20
Çizelge 3.2. Sığırlar için gübre yönetiminden kaynaklı metan emisyonu faktörü.....	24
Çizelge 3.3. Koyunlar için gübre yönetiminden kaynaklı metan emisyonu faktörü.....	24
Çizelge 3.4. Kümes hayvanları için gübre yönetiminden kaynaklı metan emisyonu faktörü.....	24
Çizelge 3.5. Sığırlar için enterik fermantasyon kaynaklı metan emisyonu faktörü.....	25
Çizelge 3.6. Koyunlar için enterik fermantasyon kaynaklı metan emisyonu faktörü....	26
Çizelge 3.7. IPCC yöntemleri arasındaki farklılıklar.....	29
Çizelge 3.8. Sera gazları CO ₂ eşdeğeri dönüşüm faktörleri.....	29
Çizelge 3.9. Karbon ayak izinde kullanılan elektrik ve yakıt emisyon faktörleri.....	30
Çizelge 4.1. Hayvancılık işletmelerindeki % değişim oranları.....	38

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun ve insan gereksinimlerinin giderek artması, günümüz toplumsal yaşam tarzlarının gereklilikleri, var olan kaynakların zaman içerisinde tükenmesine ve gıda maddelerinin üretiminin artmasına yol açmaktadır. Buna bağlı olarak yapılan yoğun üretim ve tüketimin sonucu birçok çevresel sorun ortaya çıkmıştır. Bu sorunların başında iklim değişikliği ve küresel ısınma gelmektedir. Küresel ısınma ve bunun sonucunda ortaya çıkan küresel iklim değişikliği, son yıllarda dünyanın karşılaştığı en önemli sorunların başında yer almakta ve dünyada yaşayan tüm canlıların yaşamlarını tehdit etmektedir (Bayraç 2014).

Küresel ısınma, atmosferde ki gazların konsantrasyonunun artması sonucunda yeryüzü sıcaklığının yükselmesidir. Sera gazları yerküre yüzeyinden yansıtılan kızıl ötesi radyasyonu hapsedip, bu ışınların uzaya geri dönmesini önleyerek, gezegenin enerji dengesini bozmakta ve yüzey ısısının yükselmesine neden olmaktadır. Sera gazlarının bu etkisine sera etkisi, bu yolla meydana gelen ısınma olayına da 'küresel ısınma' denilmektedir (Doğan ve ark. 2010).

Başta fosil yakıt kullanımı olmak üzere, sanayileşme, enerji üretimi, ormanların yok olması ve diğer insan aktiviteleri küresel ısınma ve iklim değişikliğinin nedenleri arasındadır. Birleşmiş Milletler 2007 yılında yayınladığı İklim Raporu'nda Küresel ısınmanın, son 50 yılda %90 oranında insan eliyle yaratıldığını ve ekonomik büyüme (sanayileşme) ve nüfus artışı ile giderek daha da geri dönüşü zor olan bir hal aldığını belirtmektedir (Demir ve ark. 2007).

Sanayi devriminden sonra hızla artan endüstrileşme ve yoğun hayvansal yetiştiricilik yöntemleri sera gazlarının atmosferde bulunması gereken miktarların üzerine çıkmasına neden olmuştur.

Bu çalışmanın amacı, Bursa bölgesinde faaliyet gösteren bir adet süt sığırtı, bir adet koyun ağılı ve bir adet yumurta tavukçuluğu işletmelerinde üretilen birim ürün sonucunda oluşan karbon ayak izinin tahminlenmesidir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bilimsel literatüre bakıldığında hayvansal üretimden kaynaklanan sera gazları emisyonları ve karbon ayak izlerinin belirlenmesine yönelik birçok çalışmanın yapıldığı görülmektedir. Ancak ülkemizde ise bu alanda çeşitli çalışmalar olmasına rağmen çalışma sayısı halen yeterli düzeyde değildir. Bu bölümde genellikle gelişmiş ülkelerde çalışma konusu ile ilgili olarak yapılmış çalışmalardan örnekler verilmiştir.

Boadi ve ark. (2004) çalışmalarında; enterik metan emisyonlarının sera gazı emisyonlarına katkı sağlayan gazlardan birisi olduğu ve üretim esnasında enerji kaybına neden olması konuları üzerinde durulmuştur. Bu doğrultuda çalışmanın amacı; güncel yönetim uygulamaları ve metan emisyonlarını azaltmayı amaçlayan yeni hayvan besleme stratejilerine yönelik yenilikler getirmektir. Süt üretimi için var olan sera gazı azaltım stratejileri, ör. iyonofor ve yağların eklenmesi, yüksek kaliteli yemlerin kullanımı ve hububatların kullanımının artmasının yaratacağı etkiler araştırılmıştır. Bu tarzdaki beslenme değişiklikleri, hayvanların midelerinde gerçekleşen fermantasyonu yönlendirmek suretiyle metan emisyonlarını azaltmıştır Bu çalışmalar doğrultusunda yeni metan azaltım seçenekleri tanımlanmıştır. Bu seçenekler, probiyotik, aketojen, bakteri öldüren organik maddeler, arkeal virüsler, organik asitler, bitki ekstraktları (ör. geleneksel yağlar) gibi maddelerin beslenme rejimlerine uygulanması, yanı sıra bağışıklık kazandırma ve genetik seleksiyonu kapsamaktadır.

Schils ve ark (2005), ruminant hayvancılık sistemlerinin önemli bir sera gazı kaynağı olduğunu belirtmişlerdir. Şimdiye kadar, sera gazı emisyonlarının azaltım seçenekleri temel olarak tek bir gaza odaklanmış ve izole edilmiş faaliyetler olarak ele alınmıştır. Bu çalışma, sera gazı emisyonlarının hesaplanmasında çiftlik düzeyinde yaklaşım için bir çerçeve önermektedir. Çalışmada karbon tutulması da dahil olmak üzere, CH₄ (metan), N₂O (azot oksit) ve CO₂ (karbondioksit) ile ilgili doğrudan ve dolaylı emisyonları belirlemeye yönelik çalışılmıştır. Ayrıca, gübreden amonyakın açığa çıkması ve nitrat yıkanması ile potansiyel değişimler dikkate alınmıştır. Çalışmada, süt sığırcı çiftliği, beş bölümden oluşan kavramsal bir model ile temsil edilir: hayvan, gübre, toprak, bitki ve beslemedir. Karbon ve azot girdileri, verim ve çıktıları doğrudan karbon ve azot emisyonlarının akışlarıyla ilgilidir. Çalışmada yer alan dolaylı emisyonlar temel olarak enerji kullanımından kaynaklanan karbondioksit emisyonları ve ithal kaynaklara

ve azot kayıplarına bağlı olarak azot oksit emisyonlarından oluşmaktadır .çiftlik yaklaşımı, hayvan yerleşim sıklığı ve mera yönetimi karşıtlığı olan iki süt sığırı çiftliği örneği ile gösterilmiştir. Karbon tutumu ve tüm dolaylı emisyonların dahil edilmesinin çiftliğin sera gazı emsiyonlarının toplamı üzerinde büyük bir etkisi olduğu gösterilmiştir. Bir çiftlik için, dört azaltma seçeneğinin sera gazı emisyonları üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Hesaplamaya ait bütün bir çiftlik yaklaşımının, karbon ve azot akışları ile elde edilen emisyonlar arasındaki etkileşimlerde, çiftlik sınırları içinde ve dışında daha iyi bir anlayışa katkıda bulunduğu sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak, çalışmada kullanılan yöntem verimli ve etkili azaltma stratejileri geliştirmek için kullanılabilir.

Mitsumori (2008) çalışmasında; geviş getiren hayvanların midelerindeki oksijensiz fermantasyon sonucu meydana gelen metan üretimini incelemiştir. Geviş getiren hayvanların midelerindeki metan üretimi işlemi olan metanogenesis faaliyetinin hayvanlarda enerji alımının %2 - 12 arasında kayba karşılık geldiği ve yine metan emisyonlarının atmosferik sera gazlarının %15'ini oluşturduğu tahmin edilmektedir. Bu doğrultuda geviş getiren hayvanların midelerindeki metanogenesis faaliyetini azaltan stratejiler tartışılmıştır. Bunlardan ilki, beslenme unsurlarının kontrolü, ikincisi; yem katkı maddelerinin eklenmesi, üçüncüsü ise mide fermantasyonunun mikrobiyal kontrolüdür. Çalışmanın içeriği de bu konular etrafında yoğunlaşmaktadır.

Allard (2009) 'ın yaptığı çalışmada koyunlardan gelen metan emisyonlarının miktarının, yemin bileşimi, yem kalitesi, hayvanların yaşı, günün zamanı ve belki de cins ve cinsiyet gibi çeşitli faktörlere bağlı olduğu gösterilmiştir. Çalışmada emisyonların boyutunu etkileyen faktörler üzerine literatür taraması yapılmıştır. Ayrıca, biri daha yoğun bir üretim sistemi ve diğeri daha geniş sisteme sahip iki çiftliğe birer anket çalışması uygulanmıştır. İki çiftliğin de envanteri oluşturulmuştur. Araştırmayı yürütmek için ihtiyaç duyulan verilerin geri kalanı literatürden ve diğer kaynaklardan alınmıştır. Daha yoğun üretim sistemi bulunan çiftlikte üretilen et, kemiksiz etin kg'mı başına 0,4 kg metan emisyonuna, daha geniş üretim sistemi bulunan çiftlikte, kemiksiz etin kg'mı başına 0,9 kg metan emisyonuna neden olmuştur. Geniş çiftlikteki daha yüksek emisyonlar, muhtemelen kuzuların daha uzun süre kalması ve koyunlar ile kuzuların beslenmesine daha fazla kaba yem eklenmesi nedeniyle ortaya çıkmıştır.

Edwards ve ark. (2009) 'nın yaptığı çalışmada karbon ayak izi için, gıda üretiminin iklim değişikliği üzerine etkilerini paydaşlara iletmede giderek daha önemli bir yöntem olduğu belirtilmiştir. Birkaç çalışma, kuzu ve sığır etinin karbon ayak izlerini hesaplamak için çiftliklerden toplanan ampirik verileri kullanılmıştır. İngiltere ve Galler'deki iki çiftlikten elde edilen veriler, sistem sınırı için böyle bir analiz yapmak üzere kullanılmıştır. Sistem sınırı içerisinde koyun ağıllarından 1 kg canlı ağırlık başına gerçekleşen emisyonlar Çiftlik 1 için 1,3 – 4,4 kg CO_{2e} ve Çiftlik 2 için 1,5 – 4,7 kg CO_{2e} olarak hesaplanmıştır. Sığır eti üretimi için yapılan hesaplamalar 1,5 – 5,3 ve 1,4 – 4,4 kg CO_{2e}/ kg canlı ağırlık sonucunu vermektedir. Hayvanlar ve bitkisel üretim yapılan tarım arazilerinden gelen sera gazı emisyonlarını da içeren daha geniş sistem sınırları içinde, kuzu için seçilen iki adet çiftlikte emisyonlar sırasıyla 8,1 – 31,7 ve 20,3 – 143,5 kg CO_{2e}/ kg canlı ağırlık olarak belirlenmiştir. Sığır eti için örnek alınan çiftliklerde emisyonlar 9,7 – 38,1 ve 18,8 – 132,6 kg CO_{2e}/ kg canlı ağırlık olarak hesaplanmıştır. Bu sistem sınırına yönelik emisyonlardaki fark, Çiftlik 2'deki çalışma grubu üzerinde organik topraklardan yayılan azot oksitlerle ilgilidir. Bu değerler, kuzu ve sığır eti üretiminden kaynaklanan diğer sera gazı emisyonları araştırmalarıyla neredeyse örtüşmüştür. Kabul edilen metodolojik yaklaşımlarda önemli farklılıklar nedeniyle, çalışmalar arasında doğrudan bir karşılaştırma mümkün değildir.

Ledgard ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada, yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD) yaklaşımı kullanmış ve sera gazı ayak izi için yayınlanan PAS2050 standardına uygun olduğu belirlenmiştir. Yaşam döngüsü değerlendirmesi, bir ürünün üretimden tüketime kadar olan etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Bu çalışma için yapılan emisyon analizleri, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) kapsamında sunulan Yeni Zelanda'daki GHG hesaplama metodolojisi ile uyumludur. Çalışma sonucunda, toplam karbon ayak izi 100 gr kuzu eti için 1,9 kg CO_{2e} olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan emisyon değerinde, çiftlik içi ve hayvansal aktivite kaynaklı salım %80, et işleme faaliyeti %3, nakliye süreci %5 ve perakende tüketim %12 oranında etkiye sahiptir.

Aydın ve ark. (2011) çalışmalarında, atmosferdeki sera gazı miktarının artması, küresel sıcaklıkların yükselmesine yol açtığını bildirmektedir. Bu yükselişin gelecek yıllarda da

devam etmesi beklenmektedir. Metan, küresel ısınmaya katkıda bulunan ikinci büyük sera gazıdır ve antropojenik sera gazı emisyonlarının yaklaşık % 16'sını oluşturmaktadır. Özellikle son dönemlerde atmosferdeki metan oranının yükselmesi, metanı konu alan çalışmaların sayısını arttırmıştır. Antropojenik metan emisyonları; tarım, enerji, atık ve sanayi sektörlerinde gözlenmektedir. Bu çalışmada, her bir sektörde metan oluşumuna yol açan faaliyetler tanımlanmış ve bu sektörlerde oluşan emisyon miktarını etkileyen faktörler belirlenmiştir. Sektörel emisyonlar, genel ve ülkeler bazında değerlendirilerek çeşitli sayısal değerlendirmeler yapılmıştır. Ek olarak her bir sektörün gerçekleştirdiği metan emisyonlarının azaltılabilirliğine yönelik uygulanabilecek yöntemler ele alınmıştır.

Lesschen ve ark. (2011)' na göre küresel hayvan yetiştiriciliğinde ekolojik ayak izi konusunda artan endişeler vardır. Dünya genelinde genişleyen hayvancılık sektörü, tarımsal alanın genişlemesini ve ormansızlaşmayı, sera gazı emisyonlarını, yüzey sularının ötrofikasyonunu ve besin dengesizliklerini etkilemektedir. Çiftlik temelli çalışmalar, hayvansal verimlilik ve çevre performansında çiftlikler arasında büyük farklılıklar olduğunu göstermektedir. Burada, 2003-2005 verilerine dayanarak, Avrupa Birliğine üye 27 ülkede (AB-27) süt, sığır eti, domuz eti, kümes hayvanları ve yumurta üretimi ile ilgili sera gazı emisyonlarındaki bölgesel farklılıklar rapor edilmiştir. Analizler, AB-27'de yıllık besin akışını ve tarımdan kaynaklanan sera gazı emisyonlarını hesaplayan MITERRA-Avrupa modeli ile yapılmıştır. Ana girdi verileri, CAPRI'den (örn. ekim alanları, çiftlik hayvanı dağılımı, yem girdileri), GAINS'den (örn. hayvan sayıları, atılım faktörleri, NH₃ emisyon faktörleri), FAO istatistiklerinden (ör. ürün verimi, gübre tüketimi, hayvansal üretim) ve IPCC'den (CH₄, N₂O, CO₂ emisyon faktörleri) alınmıştır. Dahil edilen sera gazı emisyonlarının kaynakları, enterik fermantasyon, gübre yönetimi, doğrudan ve dolaylı N₂O toprak emisyonları, organik toprakların ekilmesi, kireçleme, fosil yakıt kullanımı ve gübre üretimidir. Süt üretimi sektörü, yıllık 195 Tg CO₂e emisyonu olan AB-27'de en yüksek sera gazı emisyonuna ve ardından sığır eti sektörü 192 Tg CO₂e'ne sahiptir. Avrupa hayvancılık sektöründeki başlıca sera gazı emisyonları kaynakları %36 ile enterik fermantasyon ve %28 ile N₂O toprak emisyonlarıdır. Bir kg ürün bazında 1 kg sığır eti 22,6 kg CO₂e ile en yüksek sera gazı emisyonuna sahipken, 1 kg süt 1,3 kg CO₂e, 1 kg domuz eti 3,5 kg CO₂e, 1 kg tavuk 1,6 kg CO₂e emisyonuna sahiptir. Bununla birlikte, AB ülkelerinde hayvansal

üretim sistemlerinde, yem türlerinde ve besin kullanım verimliliklerindeki farklılıklar nedeniyle birim ürün başına sera gazı emisyonlarında büyük farklılıklar bulunmaktadır. Elde edilen sonuçlar, sera gazı kaynaklarındaki farklılıklar ve hayvansal üretim sektörleri ile ilgili olarak Avrupanın çeşitli bölgeleri için emisyonlar hakkında bilgi vermektedir.

Henriksson ve ark. (2011)'nin yaptığı çalışmada süt üretiminden meydana gelen sera gazı emisyonlarını azaltmak amacıyla İsveç'te daha önce yapılmış araştırmalardan elde edilen veriler kullanılarak, süt çiftlikleri arasındaki sera gazı emisyonlarındaki değişim incelenmiştir. Süt üretiminin karbon ayakizi üzerinde güçlü etkisi bulunan çiftlikler arası üretim verilerindeki farklılıklar, 2005 yılında İsveç'teki 1051 süt çiftliğinin mevcut veritabanlarından elde edilmiştir. Süt üretiminden açığa çıkan karbon ayakizinin belirlenmesinde yedi önemli parametredeki değişiklikleri içeren Monte Carlo (MC) analizi kullanılmıştır. Bu yedi parametre şöyle sıralanmıştır; üretilen ve uygulanan enerji düzeltmeli süt verimi (ECM), kuru madde alımı (DMI), enterik CH₄ emisyonları, kuru madde alımındaki N içeriği, gübre içindeki N oranı ve çiftlikte kullanılan dizel yakıtıdır. Analiz edilen çiftliklerin üretim verileri arasındaki en büyük farklılıklar, gübre içindeki N oranı CV=%31 (kg/ha) ve çiftlikte kullanılan dizel yakıtı CV=% 38 (l/ha) olmuştur. Süt verimi ve yem DMI ile ilgili parametreler için, CV sırasıyla yaklaşık %11 ve %8 dir. Üretim verisindeki en küçük değişiklik, yem DMI'sındaki N içeriği için bulunmuştur. MC analizine göre, üretim verilerindeki bu farklılıklar, karbon ayakizinde 0,94 ile 1,33 kg CO₂ /kg ECM arasında ve ortalama 1,13 kg CO₂e/kg ECM değerinde bir değişikliğe yol açmıştır. Bu çalışmadaki çiftlik örnekleri tamamen tarafsız olmadığı için kullanılan çiftlik verilerine dayandığı tespit edilen ±%17 lik bu değişimin tüm İsveç süt çiftlikleri dahil edildiğinde daha da fazla olacağı düşünülmektedir. Süt karbon ayakizinde tanımlanan değişiklikler, süt üretiminden kaynaklanan sera gazı emisyonlarını yönetimdeki değişikliklerle hem ulusal hemde çiftlik seviyelerinde azaltma potansiyeli bulunduğunu göstermektedir. Süt karbon ayakizi için en etkili parametrelerden ikisi olan süt verimi ve kuru madde alımı, yem dönüşüm verimliliği karbon ayak izi azaltımlarını tahmin etmek için kabaca tahminlemede gösterge olarak kullanılabilir. Ancak, yemlerin nerede ve nasıl üretildiklerinden dolayı farklı karbon ayakizi değerlerine sahip oldukları unutulmamalıdır.

Özkan (2013) çalışmasında, hayvancılık işletmelerinden kaynaklananküresel ısınmaya etkisi olan başlıca sera gazlarını incelemiştir. Geviş getiren hayvanlar tarafından mide fermentasyonu sonucu üretilen metan gazı, alınan yem miktarı, yemin sindirilebilirlik oranı ve bileşimi gibi faktörler ile yakından ilgilidir. Metan gazı, çevre için bir tehlike unsuru olması dışında, hayvanlarda verim düşüklüğüne sebep olması açısından da önemlidir. Hayvancılık işletmelerinde metan gazı çıkışı, enerji kaybı ile ilişkilendirilmekte, metan gazı emisyonlarının azaltılması ile de dışarı salınmayan enerji işletmeye ürün, yani et ve süt olarak kazandırılabilir. Bu sebeple başta mide fermentasyonu sonucu üretilen metan gazı olmakla birlikte sera gazları salınımının azaltılması gerekmektedir. Dünyada yapılan çalışmalarda, hayvancılık işletmeleri tarafından üretilen sera gazlarının azaltılmasına katkıda bulunabilecek pek çok seçeneğin olduğu bilinmektedir. Bu seçenekler arasında, yemden yararlanma yeteneği yüksek hayvan ırklarının yetiştirilmesi, kaliteli ve enerjisi yüksek yemlerin kullanılması, rasyondaki kaba-kesif yem oranına dikkat edilmesi, rasyona yağ ve tanen gibi azaltıcı özelliği olan katkı maddelerinin ilavesi ve stratejik gübre yönetimi gibi uygulamalar vardır. Ancak bu yöntemlerin işletme sahipleri tarafından kullanılabilmesi için, verim artışı sağladığının kanıtlanması ve uygulama maliyetinin getirisinden düşük olması gerekmektedir. Dolayısıyla, Türkiye’de hayvancılık kaynaklı sera gazı emisyonunun azaltıcı etkisi olabilecek yöntemler ile bu yöntemlerin verimlilik ve karlılık artışına etkisinin araştırılmasına yönelik çalışmaların yapılması için büyük bir potansiyel bulunmaktadır.

Verge ve ark. (2013) çalışmalarında hayvancılık sektöründen kaynaklanan karbon ayak izi tahminlenmesi yapmışlardır. Kanada süt sektörü yaklaşık 1 milyon inek ile büyük bir endüstridir. Bu endüstri, ana hayvancılık sektörlerinden kaynaklanan (sığır, süt, domuz ve kümes hayvanları) toplam sera gazı emisyonlarının yaklaşık %20’sini yayar. 2006 yılında 11 adet Kanada süt ürününün karbon ayak izini (CF) tahmin etmek için entegre bir beşikten kapıya (sahadan işleme tesisine kadar) modeli geliştirilmiştir. Modelin tarla içi kısmı, Birleşik Hayvancılık Endüstrisi ve Bitki Emisyonu Tahmin Sistemi (ULICEES)’nin bir parçasıdır. Çiftlik kapısından işleme tesislerinin çıkış kapısına kadar sera gazı emisyonlarını dikkate almaktadır. Çiğ sütlerin karbon ayakizi, iklim koşullarındaki ve mandıra sürülerindeki farklılıklar nedeniyle doğu illerinde (1,12 kg CO_{2e}/L süt) batı illerine (0,93 kg CO_{2e}/ L süt) oranla daha yüksek bulunmuştur. Süt

ürünlerindeki karbon ayakizi tahminlerinin çoğu 1 ila 3 kg CO₂e/kg arasında değişmektedir. Bununla birlikte, üç ürünün karbon ayak izi önemli ölçüde daha yüksektir. Bunlar, peynir (5,3 kg CO₂e/kg), tereyağı (7,3 kg CO₂e/kg) ve süt tozudur (10,1 kg CO₂e/kg). Karbon ayakizi sonuçları ihtiyaç duyulan süt hacmine, yardımcı ürün tahsis sürecine (süt katı içeriğine bağlı olarak) ve her ürünü üretmek için kullanılan enerji miktarına bağlıdır. Üretilen kilogram protein başına sera gazı emisyonları 13 ile 40 kg CO₂e arasında değişmektedir. İkinci ürün ise oluşturdukları emisyonlar ile çok yüksek değerlere sahip olan krema (83 kg CO₂e/kg) ve ekşi krema (78 kg CO₂e/kg)'dır. En yüksek karbon ayak izi değeri yaklaşık 730 kg CO₂e/kg tereyağı için hesaplanmıştır. Bu son derece yüksek değer, kilogram ürün başına yoğunluk göstergesinin yüksek olmasından ve tereyağının neredeyse sadece yağdan oluşmasından kaynaklanmaktadır. Protein içeriği genellikle ürünlerin karbon ayak izini karşılaştırmak için kullanılır. Ancak, bu çalışma, ortak bir gıda bileşeninin kullanılmasının bazı durumlarda bir karşılaştırma birimi olarak kullanılmasının uygun olmadığını göstermektedir. İşlevsellik de dikkate alınmalıdır ancak gıda ürün etiketlemesi için yetersiz olabilir. Çünkü farklı raporlama üniteleri (belirli bir gıda ürününe adapte edilmiş) kullanılacaktır ve ortaya çıkan karışıklık tüketicilerin bu tür etiketlemelere olan güvenlerini kaybetmesine neden olabilir. Bu nedenle, basit birimler ideal olmayabilir ve daha kapsalı bir yaklaşım geliştirilmesi gerekecektir.

Jones ve ark. (2014)'na göre hayvancılık üretimi, dünya çapında önemli bir metan (CH₄) ve azot oksit (N₂O) emisyon kaynağıdır. Koyun üretimi yapılan herhangi bir ülkede, etkili bir tarımsal sera gazı azaltma stratejisi, koyun hedefli müdahaleleri içermelidir. Koyun sistemlerine yönelik en belirgin müdahaleler, mevcut çalışmada, çiftlik düzeyinde enterik CH₄ ve toprak N₂O emisyonlarına odaklanarak gözden geçirilmiştir. Azaltma potansiyelleri konusunda geniş bir fikir birliğine sahip olan az sayıda mevcut müdahaleler ortaya çıkmaktadır. Bunlar arasında kuzulama yüzdelarını arttırmak için üreme ve azot atımını en aza indirmek amacıyla yem rasyonundaki değişimler bulunur. Azaltım stratejilerinin çoğunluğu, dağıtımdan önce hala önemli bir araştırma ve geliştirme gerektirmektedir. Biyokütle dahil edilmesi gibi müdahalelerin etkinliğine ilişkin araştırmalar başlangıç aşamasındayken, besin takviyeleri gibi diğerleri, izole edilmiş çalışmalardaki başarıların uzun vadeli alan denemelerinde bir dizi koşul altında tekrarlanması gerekir. Bölgesel veya ulusal ölçekte birçok azaltım

stratejisi önerilemez çünkü ya azaltma potansiyeli kullanım yerindeki toprak ve hava koşullarına ayrılmaz bir şekilde bağlıdır ya da bunların kullanımı daha yoğun ve yakından yönetilen sistemlerle sınırlandırılmıştır. Çiftlik düzeyinde etkili bir azaltma stratejisi oluşturmak için uzun müdahalelerin listelenmesi; tüm sera gazı akışlarının ve etkileşimlerinin hesaba katılması, ücretsiz ilave müdahale gruplarının belirlenmesi, mevcut emisyonların ve mevcut uygulamaların değerlendirilmesini içermelidir. Tüm çiftlik sera gazı modelleri ve marjinal azaltma maliyet eğrileri gibi araçlar, özel, pratik koyun çiftliği sera gazı azaltma stratejilerinin geliştirilmesinde çok önemlidir.

Jacobsen ve ark. (2014)'nın çalışmasında, birkaç uluslararası karbon ayak izi hesaplama girişimi geliştirilmiş olmasına rağmen, özellikle sığır etinin tahminlenmesine odaklanan çalışmalar oldukça azdır denilmektedir. Bu çalışma, tarım için en gelişmiş, en derin ve uygun yöntem olan Publicly Available Specification metodolojisini (PAS2050) kullanarak Flaman sığır eti üretimi için sera gazı emisyonlarının yaşam döngüsü değerlendirmesine dayalı bir karbon ayak izi metodolojisinin uygulanmasını açıklamaktadır. Et sisteminin modellenmesinde zincir yaklaşımı ile hem birincil hem de ikincil veriler kullanılmıştır. 1 kg kemiksiz etin fonksiyonel birimini kullanarak raporlanan sonuçlar 22,2 kg CO₂e/kg ile 25,4 kg CO₂e/kg kemiksiz sığır eti arasında değişmektedir. Sürü ve yem özelliklerinde değişiklikler konusunda duyarlılık analizi yapılmıştır. Sonuçlar AB' de sığır eti karbon ayak izi ve diğer hayvancılık ürünleri ile ilgili farklı çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Karbon ayak izindeki üç ana önemli nokta ortaya çıkarılmıştır. Bunlar; rumen fermantasyonu, yem bileşimi ve üretimi, genel karbon ayak izine büyük katkı sağlayan gübre üretimi ve yönetimidir. Karbon ayak izi, sera gazı emisyonlarının iyi bir göstergesidir; ancak, ürünün genel çevresel etkisinin bir göstergesi değildir. Bu çalışma, sığır eti ürünleri etrafında bulunan karbon ayak izi literatüründeki boşluğu doldurmaya ve karbon ayak izi için bir kriter tanımlayamaya yardımcı olmaktadır.

Owen ve Silver (2015) yaptıkları çalışmalarında gübre yönetiminin öneminden şöyle bahsetmiştir. Hayvancılık gübre yönetimi, küresel olarak tarımdan kaynaklanan sera gazı emisyonlarının neredeyse %10'unu oluşturur ve ABD metan emisyon envanterine eşit oranda katkıda bulunur. Mevcut emisyon envanterleri, saha ölçeğindeki ölçümlerle karşılaştırılmamış küçük ölçekli laboratuvar deneylerinden belirlenen emisyon

faktörlerini kullanılmıştır. Çalışma ve araştırma çiftliklerinden sera gazı emisyonlarının saha ölçekli ölçümleri hakkında yayınlanmış veriler derlenmiş ve bunlar IPCC Tier 2 yaklaşımı tarafından öngörülen oranlarla karşılaştırılmıştır. Anaerobik lagünler, enterik fermantasyonla ortaya çıkan emisyonların (120 kg CH₄/baş.yıl) üç katından fazla emisyon oluşturmaktadır (368±193 kg CH₄/baş.yıl). Barınaklar ve katı gübre yığınları büyük miktarda azot oksit kaynağıdır (sırasıyla 1,5±0,8 ve 1,1±0,7 kg N₂O /baş.yıl). Anaerobic lagünlerden (0,9±0,5 kg N₂O/baş.yıl) ve ahırlardan (10±6 kg N₂O /baş.yıl) azot oksit emisyonu beklenmedik şekilde artmıştır. Çoğu gübre yönetimi uygulaması için, modellendirilmiş metan emisyonları, kullanılmaktadır. Modellendirilmiş azot oksit emisyonları, hafife alınmış alan ölçüm aracı, anaerobic lagünler ve gübre yığınları için, ancak depolamadan kaynaklanan aşırı tahmin edilen emisyonlar için araç anlamına gelmektedir. Gözden geçirilmiş emisyon faktörleri, Avrupa için CH₄ emisyonlarını neredeyse iki katına çıkarmıştır ve Amerika Birleşik Devletlerindeki katı kazık ve göllerden gelen N₂O emisyonlarını büyüklük sırasına göre arttırmıştır. Çalışmanın sonuçları, mevcut sera gazı emisyon faktörlerinin genel olarak süt sığırcılığı emisyonlarının göz ardı edilemeyeceğini ve sera gazı azaltımı için umut verici hedef alanlar olarak sıvı gübre sistemlerini vurguladığını ortaya koymuştur.

Wiedemann ve ark. (2015) yaptığı çalışmada eş ürün işleme metodolojisinin, hesaplanan kaynak kullanımı ve kg ürün başına çevresel emisyonların belirlenmesinde kritik bir belirleyici olduğu tespit edilmiştir. Ancak farklı koyun üretim sistemleri için ayrıntılı olarak incelenmemiştir. Koyun sistemlerinde üretimden çiftlik kapısına varıncaya kadar olan süreçte yün ve canlı ağırlığın (et için LW) birlikte üretilmesi için alternatif yaklaşımları incelemişlerdir. Çalışma metodolojisi olarak yedi farklı yöntem ele alınmıştır. Bunlar; protein gereksinimlerini ve sindirilmiş proteinin bölünmesini temel alan üç biyofiziksel tahsisi metodu (BA), protein kütle tahsisi metodu (PMA), ekonomik tahsis metodu (EA) ve iki adet sistem genişleme metodu (SE)'dur. Sera gazı (GHG) emisyonları, fosil enerji talebi ve arazi işgali (ekilebilir kullanım için uygunluğuna göre sınıflandırılmıştır) üzerindeki etkiler, dört kontrastlı çiftlik çalışması sistemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Tekstil amaçlı yün üretimi üzerine odaklanan sistemleri temsil etmek için bir adet yayla çiftliği (Ç1) ve bir adet Yeni Zelanda tepe çiftliği (Ç2) seçilmiştir. Ayrıca orta ile ince tekstil yünü üzerine odaklanan sistemleri temsil etmek için iki adet Avustralya Merinos koyunu çiftliği (Ç3 ve Ç4) seçilmiştir.

Çalışmanın sonucu olarak ulaşılan veriler şöyle olmuştur. Toplam sera gazı emisyonu ürün başına kilogram olarak seçilen çalışma çiftliklerinde benzerdir. Bununla birlikte, sonuçlar, yan ürün işleme yöntemine oldukça hassastır. Protein gereksinimleri ve sindirilmiş proteinin bölünmesini temel alan üç biyofiziksel tahsis metodu esasına (BA) göre sera gazı emisyonları seçilen tüm çiftlik çalışmalarında 10-12 kg CO₂e/kg yün olarak hesaplanmıştır. BA koyun gereksinimlerinin bir bölümünü içerdiğinde ise 24-38 kg CO₂e/ kg yün seviyesine yükselmiştir. Ekonomik tahsis metodu (EA) kullanılarak oluşturulan tahsis yüzdesi sonuçları %4 (Ç1) ile %52 (Ç4) arasında değişmektedir. Sistem genişlemesi metodu (SE) olarak koyun eti yerine sığır eti kullanılan durumda, yün üretiminden kaynaklanan sera gazı emisyonları ya en düşük seviyede ya da çoğunlukla negatif düzeyde hesaplanmıştır. Dört çiftlik çalışması incelemesindeki bazı durumlarda etkiyi yeniden düzenlemek için farklı yöntemler bulunmaktır. Eş ürün işleme yönteminin, dört çiftlik çalışmasının üçünde diğer etki kategorileri üzerindeki etkilerinde de benzer genel örnekler gözlenmiştir. Koyun yünü ile et canlı ağırlık arasında protein bölünmesine dayanan (BA) metodu, daha detaylı BA yöntemlerine kolayca uygulanan bir metod olan PMA metoduna yapılan atıklar için tavsiye edilmiştir. Sistem değişikliğinin etkilerini anlamak için SE kullanılarak duyarlılık analizi yapılması önerilmektedir. SE kullanılarak yapılan duyarlılık analizi, alternatif ürün veya sistem seçiminin etkilerini araştırmak ve sonuçta ortaya çıkan modellemenin uygun olduğu sistem değişikliği stratejilerini değerlendirmek için de önerilmektedir. Tahsis yöntemleri uygulandığında riskleri önlemek için, hem yün hem de canlı ağırlık sonuçları sunulmalıdır.

Dunkley ve ark. (2015) Güney Gürcistan'da kanatlı hayvan çiftliklerinin karbon ayak izini değerlendirmek için bir çalışma yapmışlardır. Çalışma, bir ticari broiler kompleksinden broiler yetiştirme çiftlikleri, piliç çiftlikleri ve damızlık çiftliklerini içermektedir. Veri toplama işlemi, her bir çiftliğin yakıt ve elektrik faturalarını, kümes büyüklüğünü ve yaşını, yıllık sürü büyüklüğünü ve sayısını, gübre yönetimini kapsamaktadır. Emisyonlar bir sera gazı (GHG) hesaplama aracı kullanılarak hesaplanmıştır. Karbondioksit (CO₂), azot oksit (N₂O) ve metan (CH₄) emisyonları hesaplanıp karbon ayak izi belirlenmiştir. Karbon dioksit (CO₂), azot oksit (N₂O) ve metan (CH₄) emisyonları hesaplanarak karbon ayak izi belirlenmiştir. Kümesin yapısı ve yaşına göre karbon ayak izi karşılaştırmaları yapılmıştır. Hesaplanan saonuçlara

dayanarak, mekanik emisyon kaynaklardan biri olan propan kullanımından meydana gelen emisyonların değerleri, broiler ve piliç çiftliklerinde %96olduğu, üreme çiftliklerinde is yalnızca %3.9 olduğu tespit edilmiştir. Damızlık çiftliklerdeki mekanik sera gazı emisyonlarının nedeninin %83 oranında elektrik kullanımından kaynaklandığı anlaşılmıştır. Elektrik kullanımından kaynaklanan sera gazı emisyonları piliç ve broiler yetiştirme çiftliklerinde sırasıyla %2,9 ve %2,7 olarak hesaplanmıştır. Çiftliklerden toplanan ve sera gazı emisyonu hesaplama yöntemine giren veriler, damızlık tavuk kümeslerinin, etlik ve piliç kümeslerinden gelen emisyonlarla karşılaştırıldığında gübre yönetiminden daha yüksek miktarda CH₄ emisyonu ortaya koyduğu hesaplanmıştır.

Batalla ve ark. (2015)'nın yaptığı çalışmada; iklim değişikliği ve hayvancılık üretimi arasındaki bağlantı, yaşam döngüsü değerlendirmesine dayanan karbon ayakizini, ürün başına salınan sera gazı miktarını değerlendirmek ve iletmek için dünya çapında bir gösterge haline getirmiştir denilmektedir. Bununla birlikte, yapılan çalışmaların çoğu karbon ayakizi hesaplamalarında toprak karbon tutumu içermemektedir. Özellikle otlaklarda, toprak karbon tutumu, hayvancılık sektöründeki sera gazı emisyonlarını azaltmak için potansiyel bir biriktirme alanı olabilir. Fakat, karbon ayakizi hesaplamalarına, toprağın karbon tutumunun dahil edildiği yaygın bir metodoloji olmadığı açıklanmıştır. Bu çalışmada, Kuzey İspanya'daki koyun sütü üretiminin karbon ayakizinin tahminlenmesi 12 farklı çiftlikten alınan verilerle hesaplanmıştır. Toprağın karbon tutmasının etkisi dikkate alınmadan önce yapılan hesaplamada, karbon ayak izi 2,0 ile 5,2 kg CO₂e arasında değişmekteydi. İç mekanlarda tutulan yabancı ırklara sahip yarı yoğun sistemlerden elde edilen sütün karbon ayak izi, yaz mevsiminde yaylalarda yerel ırk ve otlak alanlarda bulunan yarı kapsamlı sistemlerden elde edilen sütün karbon ayak izinden önemli ölçüde daha düşüktür. Ancak, hesaplamalara toprağın karbon tutumu dâhil edildiğinde, koyun sütünün karbon ayakizin farklı sistem ve ırlardan farklı olmadığı görülmüştür. Karbon ayakizi hesaplamalarında toprak karbon tutumunu tahmin etmek ve dâhil etmek için dört farklı yaklaşım test edilmiştir. Bu çalışma, karbon ayakizi hesaplamalarına toprağın karbon tutumunun dâhil edilmesinin önemini vurgulamaktadır. Ayrıca, otlatma sistemleri iklim değişikliği azaltma potansiyelini vurgulamaktadır.

Mujica ve ark. (2016) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, proses analizi temelli ve beşikten mezara bal üretimi sırasındaki farklı aşamaların ayrı ayrı etkisini inceleyen ve böylece tüm yaşam döngüsü etkilerini göz önünde bulunduran bottom-up (aşağıdan yukarıya) bir yaklaşım Arjantin’de üretilen balın CF’sinin hesaplanmasında kullanılmıştır. Çalışmanın kapsamı, kovan yöntemi, balı işleme ve toplam ürünün ihracatı için limana taşınması süresince karbon etkisini içermektedir. Bu çalışmada uygulanan Arjantin arıcılık zinciri CF’sinin değerlendirilmesi ISO 14040’a göre LCA yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ulusal düzeyde bal CF’sinin hesaplanması için, her eyelatin üretimi, kullanılan teknoloji ve hizmetlerin tüketimi ile birlikte (başta elektrik, doğalgaz veya tüp gaz) belirlenmiştir. Ulusal seviyedeki karbon emisyonunun 2,25 kg CO₂/kg bal’a kadar ulaştığı ve bu değer ortalama (2,11±0,093) kg CO₂/kg bal’dan % 6,6 daha yüksek olduğu hesaplanmıştır. Buenos Aires eyaletindeki bal üretiminde toplam karbon emisyonunun 2,17±0,13 kg CO₂/kg bal olduğunda ayrıca belirtilmektedir. Bal üretimi ve limana ulaştırılmasından kaynaklanan toplam karbon emisyonunun proses emisyonlarının %90,7’lik, kovan yönetiminin %7,6’lık ve nakliyenin %1,7’lik katkısıyla ortalama 2,50±0,17 kg CO₂/kg bal olduğu da verilenler arasındadır. Ayrıca, Entre Ríos, Mendoza ve Misiones eyaletlerinin, ekstraksiyon işleminde daha düşük enerji verimliliği nedeniyle daha yüksek CF gösterdiği, Buenos Aires ve Cordoba’nınsa temelde, proses ekstaksiyonu sırasında düşük spesifik enerji sarfiyatı nedeniyle karbon emisyonlarında daha az etkili olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, Amerika Birleşik Devletlerinde üretilen balın CF’si ile ilgili yapılan bir çalışma ile kendi sonuçlarını karşılaştıran araştırmacılar bal CF’sinin uygulanan yöntem ve ayrıca üretim uygulamaları ve bal arıcılık zinciri özelliklerine fazlasıyla bağlı olduğunu belirtmişlerdir (Mutlu 2018).

Garcia ve ark. (2016) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, Meksika’daki dört şeker fabrikasında üretilen şekerin karbon ayak izinin bir yaşam döngüsü değerlendirme yöntemi kullanarak değerlendirilerek düşük karbonlu şeker üretimine yönelik politika önlemlerinin ve uygulamalarının belirlenmesine katkıda bulunmak amaçlanmıştır. Sistem sınırları, tarımsal uygulamalar, şeker kamışı hasatı, kamış öğütme ve şeker dönüşümü olarak belirlenmiştir. Sonuçlar, şeker üretiminin 0,45-0,63 kg CO₂e/ kg şeker aralığında karbon ayak izi değerlerine sahip olduğunu göstermektedir. Karbon emisyonlarına çoğunlukla tarımsal aşamanın katkıda bulunduğu (%59-74), sanayi

aşamasının ısı ve elektrik üretiminde fosil yakıt ve küspe kullanımı nedeniyle %14 ile %30 arasında bir katkısına olduğu, ulaşım aşamasının toplam emisyonlarının sadece %10-13'ünü temsil ettiği belirlenmiştir. Ayrıca, elde edilen sonuçlar diğer ülkeler için yapılan çalışmalarla karşılaştırılmıştır ve değerlerin diğer örneklerden genel olarak yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu değerlerin, Brezilya için 0,23-0,24 kg CO₂e/kg şeker aralığında, Mauritius için 0,255 kgCO₂e/kg şeker ve Tayland içinse 0,55 kg CO₂e/kg şeker olduğuna ve Tayland için bulunana sonucun kendilerinkine olan benzerliğine değinilmiştir (Mutlu 2018).

Cesari ve ark. (2017) çalışmasında kanatlı eti dünyadaki en popüler et ürünlerinden birini temsil etmekte ve önümüzdeki yıllarda üretiminin önemli ölçüde artması beklenmektedir denilmiştir. İtalyan broiler sektörü, dikey olarak entegre edilmiş yoğun bir üretim sistemi ve diğer Avrupa ülkelerine kıyasla son derece yüksek nihai broyler ağırlığı ile karakterize edilmektedir. Bir İtalyan entegra broiler grubundaki üretim sonunda 1 kg broiler karkas ağırlığının çevresel etkilerini (küresel ısınma potansiyeli, asidifikasyon, ötrifikasyon, karasal ekotoksosite, yenilenemeyen fosil enerjisi) tahmin etmek için Yaşam Döngüsü Değerlendirme (LCA) yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca nihai canlı ağırlık ve stok yoğunluğunun emisyon üzerindeki etkileri incelenmiştir. Broiler üretimi, ortalama % 87 etki yoğunluğu ile tüm kategoriler içerisinde en etkili aşamayı sağlamıştır. Bu durumun aksine, kuluçkahane, damızlık yetiştirme ve kesim alanları, orta derecede etki yapmıştır. Yüksek canlı ağırlığa sahip piliçler, ağırlıklı olarak daha kötü besleme oranına bağlı olarak hafif ve orta canlı ağırlıktaki broilerlere kıyasla kg canlı ağırlık başına daha yüksek emisyon etkileri göstermiştir. Besleme aşamasındaki çevresel etkilere temel katkı yem üretimi ve işlenmesidir. Besleme grubunda özellikle, soya fasülyesi unu satın alınan protein beslemeleri, tüm etki kategorilerine göre daha fazla katkı sağlamıştır. İtalyan broilerlerinin nihai canlı ağırlığının 2,6 kg'dan 1,6 kg'a düşürülmesi, İtalyan broyler sektörünün toplam küresel ısınma potansiyelini yaklaşık %12 oranında azaltabilir. Senaryo analizinde, izin verilen maksimum seviyeye kadar artan stok yoğunluğu, kg karkas ağırlığı başına çevresel etkiler üzerinde daha az etkileri belirlenmiştir.

Ibidhi ve ark (2017) et üretiminin suya ve toprağa daha fazla talepler getirdiğini ve alternatif gıda türlerinin daha büyük sera gazı emisyonlarına neden olduğunu

belirtmişlerdir. Bu çalışmada, 1996–2005 döneminde farklı tarım sistemlerinde, Tunus'ta üretilen koyun ve tavuk etinin doğal kaynak kullanımını ve sera gazı emisyonlarını değerlendirmek amacıyla su, toprak ve karbon ayak izi göstergeleri kullanılmıştır. Tunus, koyun üretimi için geniş mera alanlarına sahip fakat su kıtlığı yaşanan bir ülkedir. Kanatlı hayvan üretimi nispeten geniş ve ithal yemlere dayanan bir sektördür. Tavuk üretimi için endüstriyel sistem ve tahıl ürünleri kalıntılarını kullanan tarımsal-pastoral sistem, arpa kullanan tarımsal-pastoral sistem ve koyun için arpa kullanan pastoral sistemler ele alınmıştır. Tavuk eti üretim sistemlerinin 6030 litre/kg su ayak izine, 9 m²/kg kara ayak izine ve 3 kg CO_{2e}/kg karbon ayak izine sahip olduğu hesaplanmıştır. Koyun eti üretim sistemleri için yapılan hesaplamalarda ise sonuçlar şöyle olmuştur; 18900 litre/kg su ayak izi, 57 m²/kg kara ayak izi ve 28 kg CO_{2e}/kg karbon ayak izi. Sonuçlar gösteriyor ki tavuk eti üretim sistemleri, koyun eti üretim sistemlerine oranla oldukça düşük emisyon değerlerine sahiptir. Koyun eti için, tahıl ürünlerinin artıklarını kullanan tarımsal–pastoral sistem, daha az su ve kara ayak izine sahipken, daha yüksek karbon ayak izine sahip üretim sistemidir. Arpa kullanan pastoral sistem arpa kullanan tarımsal–pastoral sistemden daha fazla su ve kara ayak izine sahipken karbon ayak izileri ortalama olarak karşılaştırılabilir durumdadır.

Kılıç ve ark. (2017) yaptığı çalışmada hayvan barınaklarında iç ortam hava kalitesi hayvanların verimliliğini doğrudan etkilediği ortaya konmuştur. Hayvan barınaklarında kirleticilerin ölçümleri hayvan ve çalışan sağlığı üzerine olan olumsuz etkileri ortaya koymuştur. Bu amaçla yapılan birçok çalışmada, süt sığırı ahırları ile kanatlı kümeslerindeki amonyak, karbondioksit, metan ve hidrojen sülfid gibi kirleticiler üzerine yoğunlaşmıştır. Bilimsel literatürde, bazı ülkelerin en önemli hayvancılık sektörlerinden birisi olan koyunculuk işletmelerine daha az yer verilmiştir. Bu çalışma, Bursa bölgesinde faaliyet gösteren doğal havalandırmalı koyun ağılında amonyak ve karbondioksit konsantrasyonlarına ilişkin ölçüm sonuçlarını göstermektedir. Ayrıca, sıcaklık ve bağıl nem gibi iç ortam çevre koşulları da kirletici gaz konsantrasyonları ile birlikte eş zamanlı olarak ölçülmüştür. Çalışma periyodu süresince koyun ağılında elde edilen verilerin değerlendirilmesi için varyans ve regresyon analizleri uygulanmıştır. Çalışma sonunda ortalama NH₃ konsantrasyonu çıkış açıklığında 15 ppm ve giriş açıklığında 0,77 ppm ölçülürken, CO₂ konsantrasyonu çıkış açıklığında 1022 ppm ve giriş açıklığında 457 ppm olarak ölçülmüştür. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda

çıkış açıklığında ölçülen NH₃ ve CO₂ konsantrasyonları ölçüm günleri arasında önemli derecede farklıdır (P< 0.001). En düşük CO₂ konsantrasyonu 277 ppm iken en düşük NH₃ konsantrasyonu 8 ppm olarak gerçekleşmiştir. En yüksek konsantrasyon değerleri NH₃ için 38 ppm ve CO₂ için 1700 ppm olarak ölçülmüştür. Ayrıca minimum, maksimum ve ortalama bağıl nem değerleri sırasıyla %43,42, %89,6 ve %71,23 iken iç ortam sıcaklığı sırasıyla 16.06°C, 26.53°C ve 20.69°C olarak ölçülmüştür. Regresyon analizi sonuçlarına göre, çıkış açıklığı NH₃ konsantrasyonu, hava hızı ile istatistiksel olarak önemli ilişki içerisindedir. Standardize edilmiş regresyon katsayısı iç ortam sıcaklığı ve bağıl neminin CO₂ konsantrasyonları üzerinde önemli bir etkisinin olduğunu göstermiştir.

Ersoy (2017) yaptığı tez çalışmasında sera gazları şu an yaşanmakta olan küresel boyuttaki iklim değişikliğinin en başlıca sebeplerinden biri olarak gösterilmektedir. Hayvancılık faaliyetleri de önemli bir sera gazı emisyon kaynağıdır. Metan ve nitröz oksit gibi iki önemli sera gazı hayvancılık faaliyetleri sonucu atmosfere salınır. Türkiye hayvan sayısı bakımından dünyada önemli bir ülkedir. FAO verilerine göre 2014 yılında Türkiye, sığır hayvanı sıralamasında dünyada 23. sırada yer almıştır. Fakat ülkemizde doğru bir hayvancılık modelinin henüz yeterli düzeyde uygulanamıyor olması sera gazı emisyon miktarının artarak devam ettiğini göstermektedir. Türkiye’de 2015 yılında, IPCC 2006 kılavuzu referans alınarak yapılan sera gazı emisyon hesaplamalarında 15,30 bin ton/yıl N₂O, 1,38 milyon ton/yıl CH₄ emisyonu hayvansal faaliyetler sonucu üretilmiştir. Konya ili hayvan sayısı ve iklim şartlarının emisyon salınımına uygun olması sebebiyle her iki emisyon türünde ilk sırada yer almaktadır. Uygun gübre depolama yerleri ve kısa süreli depolamalar gibi doğru bir hayvancılık modeli ile N₂O emisyonları azaltılabilir, CH₄ emisyonu ise doğru yatırımlarla biyokütle yani biyogaz enerjisine dönüştürülebilir.

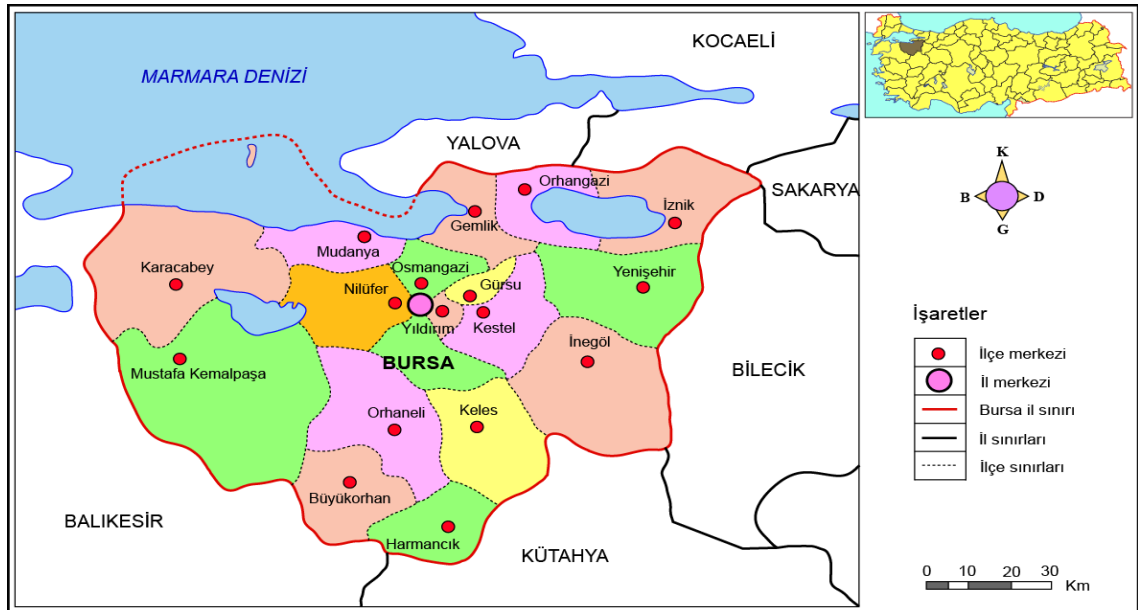
Parra ve Delgado (2019) yaptıkları çalışmada konu hakkında şu bilgiler verilmiştir: ruminant hayvanlardan kaynaklanan enterik CH₄ emisyonları, diyet enerjisi kaybını temsil eder ve aslında beslenme seviyesine ve diyet kompozisyonuna bağlı olarak sera gazı emisyonlarına katkıda bulunur. Bu çalışmada IPCC Tier 2 metodolojisine dayanarak Kolombiya'nın Andya bölgesinde Holstein sığırlarının enterik fermantasyonuna bağlı olarak metan emisyon faktörleri hesaplanmıştır. Çalışma,

hayvan performansı, hayvancılık verimliliğinin iyileştirilmesi için yönetim uygulamaları, mera ve yemin sindirilebilirliği ile Pennisetum derneğinin silvopastoral sisteminden alınmıştır. Bunun için bazı model parametreleri ve Tier 2 model denklemleri uygulanmıştır. Bunlar; vücut ağırlığı, olgun ağırlık, günlük kilo alımı, kilo kaybı, süt üretimi, süt yağı içeriği, hamilelik oranları ve brüt enerjiyi hesaplamak için yem kalitesi değerleridir. Tüm bu parametreler, CH₄ emisyon faktöründeki kg cinsinden CH₄/baş.yıl cinsinden emisyonu araştırmak için kullanılmıştır. Beslemeli brüt enerji alımının yüzdesi olarak CH₄ dönüşüm faktörü (MCF), silvapastoral sistemde 52 kg CH₄/baş.yıl emisyon faktörü, Lolium multiflorumun geliştirilmiş otlatmasında ve Pennisetum clandestinum bozulmuş meralarında %28 ve %45 daha düşük emisyon faktörü ile sonuçlanır. Sonuçlar sırasıyla 72 ve 93 kgCH₄/baş.yıl emisyon faktörlerine neden olur. Bu emisyon faktörleri, ulusal stoklardan IPCC'nin varsayılan değerinde kullanılan Tier 1 ve Tier 2 metodolojisinin emisyon faktörleri ile karşılaştırılmıştır. Bu araştırma ile bu emisyon faktörleri, bu özellikleri ile Kolombiya'nın And bölgelerinde bölgesel ve ulusal envanterlere uygulanabilir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Bursa İli'nin Mevcut Durumu

Bursa ili doğuda Bilecik, Sakarya, kuzeyde Kocaeli, Yalova, İstanbul ve Marmara Denizi, güneyde Kütahya, batıda Balıkesir illeriyle çevrilidir (Şekil 3.1). Bursa ili matematiksel konum olarak 39° 36' ve 40° 36' kuzey enlemleriyle, 28° 04' ve 29° 58' doğu boylamları arasında yer alır. Toplam yüzölçümü 10. 819 km² olan Bursa ili topraklarının %17'sini ovalar oluşturmaktadır. Denizden yüksekliği 155 metre olan Bursa, genelde ılıman bir iklime sahiptir. Ancak, iklim bölgelere göre de değişiklik göstermektedir. Kuzeyde Marmara Denizi'nin yumuşak ve ılık iklimine karşılık güneyde Uludağ'ın sert iklimi ile karşılaşmaktadır. İlin en sıcak ayları temmuz–eylül, en soğuk ayları ise şubat–marttır. 52 yıllık gözlem süresi itibarı ile yıllık ortalama yağış miktarı 706 mm'dir. İlde ortalama nispi nem %69 civarındadır. İlin yüzey şekilleri, birbirlerinden eşiklerle ayrılmış çöküntü alanlarıyla, dağlar halindedir. Çöküntü alanlarının başlıcalarını İznik ve Uluabat gölleriyle Yenişehir, Bursa ve İnegöl ovaları oluşturmaktadır. Bursa'da 17 ilçe vardır ve bunlar Büyükorhan, Gemlik, Gürsu, Harmancık, İnegöl, İznik, Karacabey, Keles, Kestel, Mudanya, Mustafakemalpaşa, Nilüfer, Orhaneli, Orhangazi, Osmangazi, Yenişehir, Yıldırım'dır. (Bursa Büyükşehir Belediyesi 2017).



Şekil 3.1. Bursa ili haritası (Saygılı 2015)

3.2. İşletme Durumu

Bu bölümde, çalışmanın yürütüldüğü işletmelerde iklimsel çevre koşullarının oluşmasında etkili olan, barınak tipi ve kapasitesi, barınakta kullanılan havalandırma ve gübre temizleme sistemi ile barınağın yerleşim yönü konuları incelenmiştir. Çalışmada, ölçümlerin yapıldığı hayvan barınaklarına ilişkin genel özellikler şöyledir. İşletmeler Bursa ili Osmangazi ve Nilüfer ilçelerinde bulunan 100 başlık sağmal süt ineği işletmesinden, 180 başlık koyun işletmesinden ve 12000 tavuk kapasitesine sahip yumurta tavuğu işletmesidir. İncelenen işletmelerin yapısal özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Süt sığırı işletmesi soğuk ahır karakterlidir. İşletmede serbest duraklı yetiştiricilik sistemi kullanılmaktadır. Çalışma konusu olan ahırda servis yoluna düşen gübre, mekanik bir küreyici ile otomatik olarak günde birkaç kez kürenmekte ve barınak sonunda bulunan bir yer altı deposuna toplanmaktadır. Çalışmada, işletmenin sahipleriyle yapılan görüşmelerde, barınaktan çıkan gübrenin çevredeki çiftçiler tarafından tarım arazilerinde kullanıldığı belirlenmiştir. Barınak, bölgenin hâkim rüzgârından yararlanarak daha etkin bir havalandırma sağlayabilmek amacıyla rüzgârın esme yönüne karşı doğu–batı yönünde yerleştirilmiştir. Barınakta pencere boyutları gün ışığından rahatça yararlanılmasına olanak sağlayacak değerlerdedir. Kapı boyutları ise barınağa giriş ve çıkışı rahatça sağlayacak, özellikle barınak içerisinde mekanizasyonun kullanımına olanak tanıyacak büyüklüktedir. Çalışmanın yürütüldüğü süt sığırı barınağında daha çok silaj ve yoncaya dayalı kaba yemle besleme yapılmaktadır.

Koyun ağılında havalandırma sistemi olarak doğal havalandırma sistemi bulunmaktadır. Saçak altı hava girişi açıklıkları ve pencereler ile işletmeye temiz hava girişi sağlanmaktadır. Ayrıca temiz hava girişinin sürekli olmasını sağlamak amacıyla barınağın uzun kenarı boyunca bir cephe tamamen açık bırakılmıştır. Barınağın yönlendirmesi, doğal havalandırma sisteminin bölgenin hakim rüzgarlarından yararlanma oranını artırmaktadır. Koyun ağılında yıl boyunca hayvan bulunmaktadır. Otlatma döneminde koyunlar meraya çıkmakta, ağılda sadece kuzular kalmaktadır. Hayvanlara yem el ile dağıtılmakta ve yem olarak silaj kullanılmaktadır. Barınak içerisinde altlık üzerinde yetiştiricilik yapılmaktadır ve altlık malzemesi olarak sap-

saman karışımı kullanılmaktadır. Gübre altlık üzerine düşmekte hayvan hareketi ile altlığa karışmaktadır. Gübrenin yani altlığın temizlenmesi yılda 2 defa bahar aylarından önce traktör ile yapılmaktadır. Gübre işletmeden uzak bir mevkide toprak üzerinde biriktirilerek bitkisel üretimde organik gübre olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmaya konu olan yumurta tavuğu işletmesinde kafes sisteminde yetiştiricilik yapılmaktadır. Çalışmada, yumurta tavuğu işletmesinde mekanik havalandırma sistemi kullanılmakta olup, 120 cm çapında 3 adet havalandırma fanı bulunmaktadır. İşletmede iç ortam sıcaklığı 30°C üzerine çıktığında fanlar devreye girmektedir. Yumurta tavuğu işletmesinde gübre, kafaes sıraları altındaki bantlarda birikmekte ve yem dağıtım konveyörü hareketi sayesinde kafes sırasının sonundaki kanala kürenmektedir. Buradan dışarıdaki bir traktör römorkuna ulaştırılmaktadır. İşletmede üç katlı kafes sistemi mevcuttur. Hayvanların beslemesi hususunda ise tavuğun gelişim dönemine göre farklılaşan standart ticari kesif yem rasyonları kullanılmaktadır.

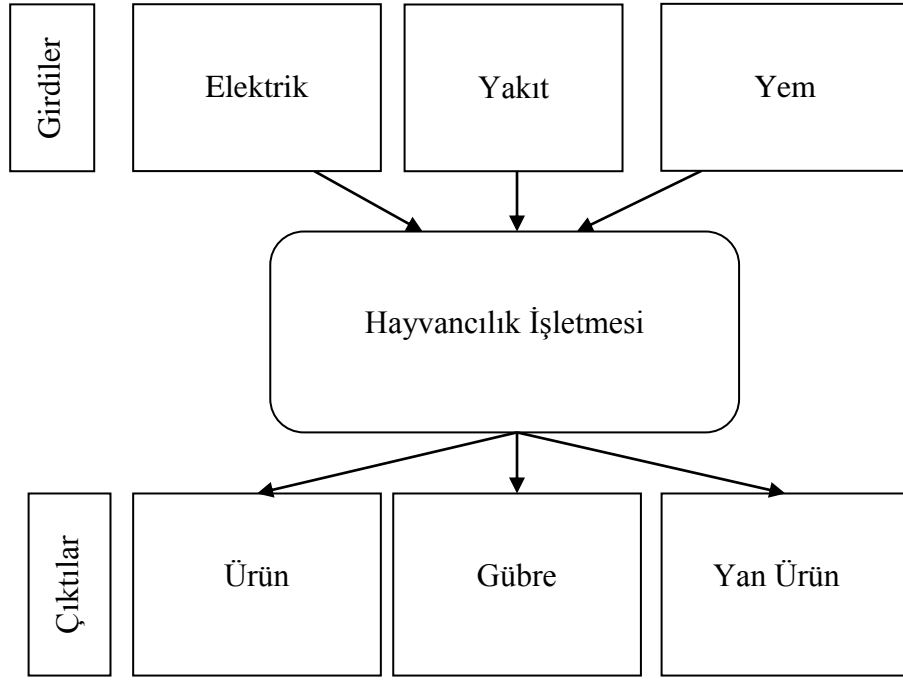
Çizelge 3.1. Çalışmada incelenen hayvan barınaklarının yapısal özellikleri

İşletme Adı	İşletme Yeri	Yetiştiricilik Sistemi	Kapasite	Havalandırma Sistemi	Gübre Temizleme	Bina Yöntü
Süt Sığırları İşl.	Bursa Osmangazi	Serbest Duraklı	100	Doğal Hakim rüzgar	Hidrolik küreme	D-B
Koyun İşl.	Bursa Nilüfer	Ağıl-Mera	180	Doğal Havalandırma	Yılda 2 sefer traktör ile	K-G
Yumurta tavuğu İşl.	Bursa	Kafes	12000	Mekanik	Gübre Bantlı	K-G

3.3. Sistem Sınırları ve Fonksiyonel Birim

3.3.1. Sistem sınırları

Sistem sınırları “from cradle to farm gate” kavramı ile tanımlanan ham maddenin işletmeye girmesinden, ürünün çiftlik kapısından çıkmasına kadar ki girdileri içermektedir. Makine, bina ve ilaçlar bu girdilerden hariç tutulmuştur (Batalla 2015). Şekil 3.2 çalışmanın sistem sınırlarını göstermektedir.



Şekil 3.2. Çalışmanın sistem sınırları

İşletmedeki elektrik kullanımı, yakıt, bitkisel – kimyasal ve organik gübre, yem takviyeleri girdileri oluştururken; süt/et/yumurta, atık gübre ve oluşan yan ürünler sistem çıktıları oluşturur.

3.3.2. Fonksiyonel birim

Çalışma da karbon ayak izi, belirlenen fonksiyonle birim başına hesaplanmaktadır. Buna göre; süt sığırcılığı ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde (Rotz ve ark 2010, Flysjö ve ark. 2011, Kılıç ve Amet 2017), fonksiyonel birim olarak 1 kg işlenmiş sütün veya 1 hektar tarım arazisinin esas alındığı görülmüştür. Bu konuda yapılan bir diğer çalışmada sera gazı emisyonlarının fonksiyonel birim seçimi, özellikle üretimin yoğunlaştırıldığı yerlerde, sonuçların yorumlanmasında önemli çıkarımlara sahiptir. Tüm araştırmalar, kg ürün bazında, tipik olarak kg canlı ağırlık veya et üretim sistemleri için karkas ağırlığı ve kg süt, genellikle süt üretim sistemleri için katı madde içeriği için düzeltilen emisyonları açıklamaktadır. Bunun iki istisnası ise, sırasıyla kemiksiz et ve proteindir. Pek çok çalışma ayrıca ha alan bazlı bir çıktı ölçüsü de sağlar (Cederberg ve Stadig 2003, Stewart ve ark. 2009, Crosson ve ark 2011). Bu açıdan hareketle bu çalışmada, fonksiyonel birim olarak süt sığırcılığı işletmesinde 1 litre süt, koyun

işletmesinde 1 kg et, yumurta tavukçuluğu işletmesinde 1 kg yumurta göz önüne alınmıştır.

3.4. Karbon Ayak İzi Hesabı

Bu çalışmada hayvancılık ana başlığının altında süt sığırcılığı, koyun ve yumurta tavukçuluğu alt sektörlerinin neden olduğu metan (CH₄) ve karbondioksit (CO₂) emisyonları içeriğinden yararlanılmıştır. Oluşan karbon ayak izinin hesaplanmasında kullanılacak emisyonlar IPCC tarafından yayımlanan Tier yöntemleriyle hesaplanmaktadır. IPCC, iklim değişikliği ile ilgili bilimsel değerlendirmeler yapmak için WMO (Dünya Meteoroloji Örgütü) ve UNEP (Birleşmiş Milletler Çevre Programı) tarafından 1988 yılında kurulmuş uluslararası bir örgüttür. IPCC, iklim değişikliğinin etkilerini, gelecekteki risklerini, uyum ve azaltımı için seçeneklerin bilimsel değerlendirilmesi üzerine karar verici sıfatıyla kurulmuştur (Dalkılıç ve Uğurlu 2013, Ersoy 2017). IPCC 2006 Ulusal Sera Gazları Envanter Rehberi, antropojenik emisyon kaynakları ve sera gazı emisyonları için ulusal envanterlerin tahmininde kullanılacak metodolojileri sunmaktadır. IPCC 2006 kılavuzları, kapsamlı bir bilimsel incelemeye ve IPCC'nin tüm kategorilerindeki envanter metodolojisinin yapısal olarak geliştirilmesine dayanır (Ersoy 2017).

Çalışmalarda kullanılacak hesaplama yönteminin seçiminde çalışmaya konu olan sektör ve teknoloji verileri ana karar verici unsurlardır. IPCC tarafından belirlenen Tier yaklaşımları 3'e ayrılır. Fakat bu çalışmada belirlenen sektör ve elde edilen teknolojik verilerden yararlanılarak yapılan hesaplamalarda Tier 1 ve Tier 2 yaklaşımları kullanılmıştır.

3.4.1 Tier 1 yaklaşımı

Tier 1 yöntemi, bu birimde denklemlerin ve varsayılan parametre değerlerinin (örneğin emisyon ve stok değişim faktörleri) sağlandığı, kullanımı en basit olacak şekilde tasarlanmıştır. Ülkeye özgü aktivite verilerine ihtiyaç vardır. Ancak Tier 1 için genellikle dünya geneli için çeşitli parametreler ile ilgili (örneğin; ormansızlaşma oranları, tarımsal üretim istatistikleri, küresel arazi örtüsü haritaları, gübre kullanımı,

hayvan nüfusu verileri vb.) tahmin kaynakları vardır. Spesifik değerler elde edilemez. (IPCC 2006).

Gübre yönetiminden kaynaklı karbon ayak izi hesaplamasında Tier 1 yöntemine göre emisyon faktörü, gübrelerin depolandığı veya muhafaza edildiği yerin fiziksel durumuna (kapalı veya açık ortam) ve sıcaklık koşullarına bağlıdır (Ersoy 2017). IPCC kılavuzunda belirttiği şekliyle Tier 1 yaklaşımı; emisyonları tahminlemek için kılavuzda bulunan varsayılan emisyon faktörleriyle birlikte sadece hayvan türlerine ve türlerin alt kategorilerine ve iklim bölgelerine veya sıcaklıklarına göre seçilmiş verileri içeren basitleştirilmiş yöntemdir (IPCC 2006). Bu çalışmada kullanılan gübre yönetiminde kaynaklı karbon ayak izi hesaplaması için 3.1 eşitliği kullanılmıştır.

$$CH_4^{\text{Gübre}} = \sum_{(T)} \frac{(EF_T \cdot N_T)}{10^6} \quad (3.1)$$

Bu eşitlikte;

$CH_4^{\text{Gübre}}$:Gübre yönetimi kaynaklı metan emisyonları (Gg CH_4 /yıl)

$EF_{(T)}$:Tanımlanmış hayvancılık sektörü için emisyon faktörü (kg CH_4 /baş/yıl)

$N_{(T)}$:Popülasyondaki hayvan sayısı

T :Hayvan türü

$EF_{(T)}$ IPCC 2006 kılavuzunda belirtilen alt kategoriler için bulunan Tablo 10.14 ve Tablo 10.15'ten seçilen emisyon faktörü kullanılmıştır. Bu tablolarda ülkelerin gelişmişlik durumları, kullanılan gübre yönetim sistemlerindeki farklılıklar göz önünde bulundurulmaktadır. Dikkate alınması gereken bir diğer parametre de sıcaklıktır. Türkiye'nin gelişmekte olan ülkeler kategorisinde değerlendirilmesi ve Bursa ilinin ortalama sıcaklığı 1981-2010 yılları arasında kaydedilen ölçüm verilerine göre 14.6°C (MGM 2019) olduğundan dolayı tablolarda emisyon faktörü seçimleri bu değerlerin kesişim noktalarından yapılmıştır. IPCC kılavuzda bulunan referans verilere göre Tier 1 yaklaşımı için sıcaklık değerleri ile değişen gübre yönetiminden kaynaklı metan emisyonu faktörü tablosu ise aşağıdaki gibi oluşturulmuştur (Çizelge 3.2, 3.3 ve 3.4).

Çizelge 3.2. Sığırlar için gübre yönetiminden kaynaklı metan emisyonu faktörü (IPCC 2006)

	Soğuk					Ilıman										Sıcak			
	≤1 0° C	11 °C	12 °C	13 °C	14 °C	15 °C	16 °C	17 °C	18 °C	19 °C	20 °C	21 °C	22 °C	23 °C	24 °C	25 °C	26 °C	27 °C	≥28 °C
Süt sığırı	11	12	13	14	15	20	21	22	23	25	27	28	30	33	35	37	42	45	46
Diğer Sığır- lar	6	6	7	7	8	9	10	11	11	12	13	14	15	16	18	19	21	23	23

Çizelge 3.3. Koyunlar için sıcaklık değerleri ile değişen gübre yönetiminden kaynaklı metan emisyonu faktörü (IPCC 2006)

	Soğuk (<15°C)	Ilıman (15°C-25°C)	Sıcak (>25°C)
Koyun			
Gelişmiş ülkeler	0.19	0.28	0.37
Gelişen ülkeler	0.10	0.15	0.20

Çizelge 3.4. Kümes hayvanları için gübre yönetiminden kaynaklı metan emisyonu faktörü (IPCC 2006)

	Soğuk (<15°C)	Ilıman (15°C-25°C)	Sıcak (>25°C)
Gelişmiş ülkeler			
Yumurta tavuğu(kuru gübre)	0.03	0.03	0.03
Yumurta tavuğu(ıslak gübre)	1.2	1.4	1.4
Broyler	0.02	0.02	0.02
Hindi	0.09	0.09	0.09
Ördek	0.02	0.03	0.03
Gelişen ülkeler	0.01	0.02	0.02

Gübre yönetiminden kaynaklı metan emisyonu faktörü tablolarında sığırlar için bu çalışmada 20 kg CH₄/baş.yıl, koyun ağılı işletmesi için 0,15 kg CH₄/baş.yıl ve yumurta tavukçuluğu işletmesi için 0,02 kg CH₄/baş.yıl olarak seçilmiştir.

Hayvancılık alt kategorilerinden kaynaklanan bir diğer önemli metan kaynağı da hayvanların sindirim esnasında yaptıkları geviş getirme sürecidir. Metan, ot obur hayvanlarda enterik fermantasyon sonucu üretilen yan üründür. Enterik fermantasyon, ot obur hayvanın kan dolaşımındaki karbonhidrat moleküllerinin emilmesi için mikroorganizmalar tarafından basit moleküllere parçalanması için gerçekleşen sindirim işlemidir (Ersoy. 2017). Açığa çıkan metan miktarı, sindirim sistemi tipine, hayvanın

yaşına ve ağırlığına, hayvanın tükettiği yemin kalitesine ve miktarına bağlı olarak değişir (IPCC 2006).

IPCC kılavuzunda belirttiği şekliyle Tier 1 yaklaşımı; emisyonları tahminlemek için kılavuzda bulunan varsayılan emisyon faktörleriyle birlikte hayvan türlerine ve türlerin alt kategorilerine, hayvanların beslenme şekillerine ve yıllık ortalama süt verimlerine göre seçilmiş verileri içeren basitleştirilmiş yöntemdir (IPCC 2006). Bu çalışmada kullanılan enterik fermantasyondan kaynaklı CH₄ emisyonu hesaplaması için 3.2 eşitliği kullanılmıştır.

$$\text{Emisyonlar} = (EF_T) * \left(\frac{N_T}{10^6}\right) \quad (3.2)$$

Bu eşitlikte;

Emisyonlar : Enterik fermantasyon kaynaklı metan emisyonları (Gg CH₄/yıl)

EF_(T) :Tanımlanmış hayvancılık sektörü için emisyon faktörü (kg CH₄/baş.yıl)

N_(T) :Popülasyondaki hayvan sayısı

T :Hayvan türü

EF_(T) IPCC 2006 kılavuzunda belirtilen alt kategoriler için bulunan Tablo 10.10 ve Tablo 10.11'den seçilen emisyon faktörü kullanılmıştır. Bu tablolarda ülkelerin gelişmişlik durumları, kullanılan yem bileşimlerindeki farklılıklar göz önünde bulundurulmaktadır. Dikkate alınması gereken bir diğer parametre de sıcaklıktır. Türkiye'nin gelişmekte olan ülkeler kategorisinde değerlendirilmesi ve Bursa ilinin ortalama sıcaklığı 14.6°C (MGM verilerine göre) olduğundan dolayı çizelgelerde emisyon faktörü seçimleri bu değerlerin kesişim noktalarından yapılmıştır. IPCC'nin kılavuzunda bulunan referans verilere göre Tier 1 yaklaşımı için sıcaklık değerleri ile değişen enterik fermantasyon kaynaklı metan emisyonu faktörü tabloları ise aşağıdaki gibi oluşturulmuştur (Çizelge 3.5 ve 3.6).

Çizelge 3.5. Sığırlar için enterik fermantasyon kaynaklı metan emisyonu faktörü (IPCC 2006)

	Hayvan Kategorisi	Emisyon Faktörü	Açıklama
Doğu Avrupa Ülkesi Kategorisi	Süt Sığırları	99	Ortalama Süt Üretimi 2550 kg/baş.yıl
	Diğer Sığırlar	58	Sığırlar, boğalar ve genç hayvanları içerir

Çizelge 3.6. Koyunlar için enterik fermantasyon kaynaklı metan emisyonu faktörü (IPCC 2006)

Hayvan Kategorisi	Gelişmiş ülke	Gelişen ülke	Canlı ağırlık
Koyun	8	5	<u>65 kg-gelişmiş ülke</u> 45 kg-gelişen ülke

Çalışmada enterik fermantasyon kaynaklı metan emisyonu faktörü tablolarında süt sığırları için 99 kg CH₄/baş.yıl, koyun ağırlı işletmesi için 5 kg CH₄/baş.yıl seçilmiştir. Kümes hayvanlarında metan açığa çıkaracak sindirim faaliyeti olmadığı için bu hesaplamada yumurta tavukçuluğu dikkate alınmayacaktır.

3.4.2 Tier 2 yaklaşımı

Tier 2 yöntemi Tier 1 ile aynı metodolojik yaklaşım için kullanılabilir. Ancak en önemlisi arazi kullanımı kategorileri veya hayvancılık kategorileri için ülkeye veya bölgeye özgü verilere dayanan emisyon faktörleri kullanılır. Ülke tanımlı emisyon faktörleri, o ülkedeki iklim bölgeleri, arazi kullanım sistemleri ve hayvancılık kategorileri için daha uygundur. Böylece daha doğru bir karbon ayak izi tahminlenebilir. Ayrıca Tier 2 yaklaşımı detaylı ve daha çok açıklanıp alt kategorilere ayrılmış faaliyet verileri kullanarak, genellikle belirli bölgeler ve özel arazi kullanım veya hayvancılık kategorileri için kullanılır (IPCC 2006).

Tier 2 yaklaşımı belirlenirken, alt kategoriye ait hayvan popülasyonundaki hayvan türü için gerekli brüt enerji alımının tahmini kullanılarak hayvanlardan enterik emisyonlar hesaplanmaktadır. Brüt enerji, hayvanların bakımı için gerekli net enerji, günlük aktivite için gerekli net enerji, büyüme için gerekli net enerji, laktasyon için gerekli net enerji, çalışma için gerekli net enerji, yün üretimi için gerekli net enerji, hamilelik için gerekli net enerji, beslemede mevcut net enerjinin tüketilen sindirilebilir enerjiye oranı (REM) ve beslemede büyüme için mevcut net enerjinin tüketilen sindirilebilir enerjiye oranı (REG) değerlerinin hesaplanması yoluyla bulunmaktadır. Bu çalışmada kullanılan brüt enerji hesaplaması için 3.3 eşitliği kullanılmıştır.

$$GE = \left[\left(\frac{NEm+NEa+NEl+NEw+NEp}{REM} \right) + \left(\frac{NEg+NEwool}{REG} \right) \right] / (\%DE/100) \quad (3.3)$$

Bu eşitlikte;

GE :Brüt Enerji (MJ/gün)

Nem :Hayvanın bakım için ihtiyaç duyduğu net enerji (MJ/gün)

NEa :Hayvanın aktivite için gerek duyduğu net enerji (MJ/gün)

NEl :Hayvanın laktasyon için gerek duyduğu net enerji (MJ/gün)

NEw :Hayvanın çalışma için gerek duyduğu net enerji (MJ/gün)

NEp :Hayvanın hamilelik için gerek duyduğu net enerji (MJ/gün)

NEg :Hayvanın büyüme için gerek duyduğu net enerji (MJ/gün)

NEwool :Hayvanın yün üretimi için gerek duyduğu net enerji (MJ/gün)

REM :Beslemede mevcut net enerjinin tüketilen sindirilebilir enerjiye oranı

REG :Beslemede büyüme için mevcut net enerjinin tüketilen sindirilebilir enerjiye oranı

DE :Brüt enerjinin yüzdesi olarak ifade edilen sindirilebilir enerji (%)

Eşitlikte yer alan parametrelerin hesaplanmasında kullanılan denklemler IPCC 2006 kılavuzunda 10.Bölüm'de detaylı olarak verilmiştir. Ayrıca bu parametrelerin hesaplanmasında kullanılacak olan veriler seçilen hayvan kategorilerine ve alt kategorilere göre hazırlanmış olan tablolardan alınan değişkenler kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu çalışma için brüt enerji hesaplamasında süt sığırcılığı işletmesi için ayrı, koyunculuk işletmesi için ayrı değerler ve tablolar ele alınmıştır.

Brüt enerji hesaplaması tamamlandıktan sonra seçilen hayvancılık kategorilerine ait enterik fermantasyondan kaynaklanan metan emisyonu hesaplaması için bu çalışmada 3.4 eşitliği kullanılmıştır.

$$EF = \frac{GE * \left(\frac{Ym}{100} \right) * 365}{55,65} \quad (3.4)$$

Bu eşitlikte;

EF : Enterik fermantasyon kaynaklı emisyon faktörü (kg CH₄/baş.yıl)

GE : Brüt enerji (MJ/gün)

Ym : Metan dönüşüm faktörü (yemdeki brüt enerjinin yüzdesi metan'a çevrildi)

55,65 : Metan enerji içeriği (MJ/kg CH₄)

Süt sığırı, koyun ve tavukçuluk özellikleri ve gübre yönetim sistemleri bakımından ülkelere göre önemli ölçüde değişkenlik gösterdiğinden, bu hayvanların büyük popülasyonlarına sahip ülkeler metan emisyonlarını tahmin etmek için Tier 2 yöntemini kullanmayı düşünmelidir. Tier 2 yönteminde, gübreden kaynaklı metan emisyon faktörlerinin hesaplanması gübre özelliklerine ve gübre yönetim sistemi özelliklerine bağlıdır (IPCC 2006).

Gübreden kaynaklı metan emisyon faktörü hesaplamak için bu çalışmada 3.5 eşitliğinden yararlanılmıştır.

$$EF = (VST * 365) * \left[B_{0(T)} * 0,67 * \left(\sum \frac{MCF_{s,k}}{100} \right) * MSt_{s,k} \right] \quad (3.5)$$

Bu eşitlikte;

EF : Hayvancılık kategorisi için yıllık CH₄ emisyon faktörü

VS_T : Hayvan kategorisinden günlük atılan uçucu katı madde (kg kuru madde/baş.gün)

B_{0(T)} : Hayvan kategorisi tarafından üretilen gübre için maksimum metan üretim kapasitesi (m³ CH₄/kg)

0,67 : m³ CH₄'ın kg CH₄ dönüşüm faktörü

MCF_(s,k) : İklim bölgesine göre her bir gübre yönetim sistemi için metan dönüşüm faktörü (%)

MS_(T,S,K) : Hayvan kategorisi, gübre yönetim sistemi, iklim bölgesi fraksiyonu (boyutsuz)

Bu eşitlikte kullanılan VS_(T) parametresi için ayrıca kullanılması gereken bir eşitlik daha söz konusudur. Hesaplama da kullanılacak olan eşitlik 3.6 da verilmiştir.

$$VS = \left(GE * \left(1 - \frac{DE\%}{100} \right) + (UE * GE) \right) * \left(\frac{1-ASH}{18,45} \right) \quad (3.6)$$

Bu eşitlikte;

VS : Uçucu katı madde (kg VS/gün)

GE : Brüt enerji (MJ/gün)

DE% : Sindirilebilir gıda yüzdesi. Tablo 10.2 de havan kategorileri ve besleme çeşitliliğine göre seçilecektir.

(UE*GE) : Üriner enerji, brüt enerjinin fraksiyonu olarak ifade edilir. Tipik olarak 0.04GE çoğu ruminant tarafından üriner enerji atılımı olarak kabul edilebilir.

ASH : Gübrenin kül içeriği.

18,45 : kg kuru madde başına brüt enerji için dönüşüm faktörü (MJ/kg).

Tier yöntemleri arasındaki farklılıklar Çizelge 3.7’de verilmiştir.

Çizelge 3.7. IPCC yöntemleri arasındaki farklılıklar

TIER 1 YÖNTEMİ	TIER 2 YÖNTEMİ
Detaylı teknolojik verilerin olmadığı durumlarda IPCC kılavuzunda mevcut olan tablosal veriler kullanılır.	Mekansal ve zamansal ölçümlerin yapılarak, verilerin kayıt altına alınması ile IPCC kılavuzundaki denklemlerin kullanıldığı yöntemdir.

Bu çalışmada elde edilen sayısal veriler Tier yaklaşımları kullanılarak elde edilen emisyon faktörleri sonuçlarıdır. Bu sonuçların karbon ayak izi tahminlenmesinde kullanılabilmesi için bulunan değerlerin CO₂ eşdeğeri (CO₂e) dönüşüm faktörleri ile çarpılması gerekmektedir.

IPCC, CO₂ olmayan sera gazları emisyonlarını (yani N₂O ve CH₄), enterik fermantasyon kaynaklanan(CH₄) ve gübre yönetiminden kaynaklanan olmak üzere (CH₄ ve N₂O) ikiye ayırır. Hayvancılık sistemleri için eşdeğerlik faktörleri, sırasıyla CH₄, N₂O ve CO₂; 21, 310 ve 1 olan 100 yıllık küresel ısınma potansiyeline dayanmaktadır (IPCC, 1997a). Bununla birlikte, bu eşdeğerlik faktörleri IPCC (2006) tarafından güncellenmiştir ve günümüzde sırasıyla CH₄, N₂O, CO₂; 25, 298 ve 1’dir (Crosson ve ark. 2011).

Çizelge 3.8. Sera gazları CO₂ eşdeğeri dönüşüm faktörleri (Crosson ve ark. 2011)

Sera Gazı	İsim	CO₂ eşdeğeri (IPCC 1997a)	CO₂ eşdeğeri (IPCC 2006)	Ana Kaynak
CO₂	Karbondioksit	1	1	Fosil yakıtlar, ormanların yok edilmesi
CH₄	Metan	21	25	Pirinç tarlaları, hayvan mideleri, biyokütlenin yakılması, çöp sahaları, doğalgaz boru hatlarındaki kaçaklar, maden ocakları
N₂O	Nitroksit	310	298	Kimyasal gübreler, fosil yakıtlar. naylon üretimi

Çalışmaya konu olan işletmelerde enterik fermantasyondan ve gübre yönetiminden kaynaklanan metan emisyonlarının yanında çeşitli sebeplerden dolayı da emisyonlar oluşmaktadır (Çizelge 3.8). Bu sebepler işletmelerde kullanılan havalandırma, ısıtma, soğutma, aydınlatma ve elektrik ile yakıt tüketimlerinden kaynaklanan emisyonlardır. Çalışma kapsamındaki süt sığırı işletmesi ve koyun ağılı işletmesinde havalandırma için doğal havalandırmadan yararlanılsa dahi sağım, ısınma, gübre küreme, gübrenin uzaklaştırılması gibi çeşitli işlemler gerçekleşmektedir. Yumurta tavukçuluğu işletmesinde ise havalandırma mekanik yollarla sağlanmakta 120 cm çapında 3 adet havalandırma fanı bulunmaktadır. Ayrıca iç ortam sıcaklığı 30°C üzerine çıktığında fanlar devreye girmekte ve elektrik enerjisi tüketimi gerçekleşmektedir. Gübre küreme işlemi bantlı sistem ile yem dağıtım konveyörü hareketi sayesinde kafes sırasının sonundaki kanala aktarılmakta ve buradan dışarıdaki bir traktör römorkuna ulaştırılmaktadır. Bu aşamalarda da yine hem elektrik enerjisinden yararlanılmakta hem de yakıt tüketimi gerçekleşmektedir. Yumurta tavuğu işletmesinde kümeslerin ısınması için kömür kullanılmaktadır.

Karbon ayak izinin tahminlenmesinde elektrik ve yakıt yakılmasında kullanılan dönüşüm faktörleri mevcuttur. Bu çalışmada yakıt olarak kullanılan motorinin emisyon faktörü 2,66 kg CO₂e/ kg, kümesin ısıtılmasında kullanılan kömürün yanmasıyla ortaya çıkan emisyon faktörü 2,86 kg CO₂e/ kg ve işletmelerde çeşitli üretim faaliyetlerinde kullanılan elektrik emisyon faktörü içinse 0,40 kg CO₂e kW/saat (Jacobsen ve ark. 2014) değerleri kullanılmıştır (Çizelge 3.9).

Çizelge 3.9. Karbon ayak izinde kullanılan elektrik ve yakıt emisyon faktörleri (Jacobsen ve ark. 2014)

Emisyon Kaynağı	Katsayı	Birim
Motorin	2,66	kg CO ₂ eşdeğeri/ kg
Elektrik	0,40	kg CO ₂ eşdeğeri kW/saat
Kömür	2,86	kg CO ₂ eşdeğeri/ kg

4.BULGULAR VE TARTIŞMA

Hayvancılık sektöründen kaynaklanan sera gazlarının hesaplanma yöntemleri değişkenlik göstermektedir. Hesaplama modellerinde çeşitli kuruluşların oluşturduğu kılavuzlar da kullanılabildiği gibi farklı yazılım temelli dijital uygulamalarda kullanıma uygun hale gelmiştir.

Bu çalışmada seçilen işletmeler için uygun olarak kullanılacak hesaplama yöntemi gübreden ve enterik fermantasyondan kaynaklı karbon ayakizi hesaplaması için IPCC tarafından oluşturulan Tier 1 ve Tier 2 yaklaşımı olacaktır.

Yapılan çalışmada Bursa ilinde bulunan bir adet süt sığırı işletmesi, bir adet koyun ağılı işletmesi ve bir adet yumurta tavuğu işletmesinde sistem sınırları içerisinde ortaya çıkan sera gazlarının emisyonlarının karbon ayak izlerinin tahminlenmesi amaçlanmıştır.

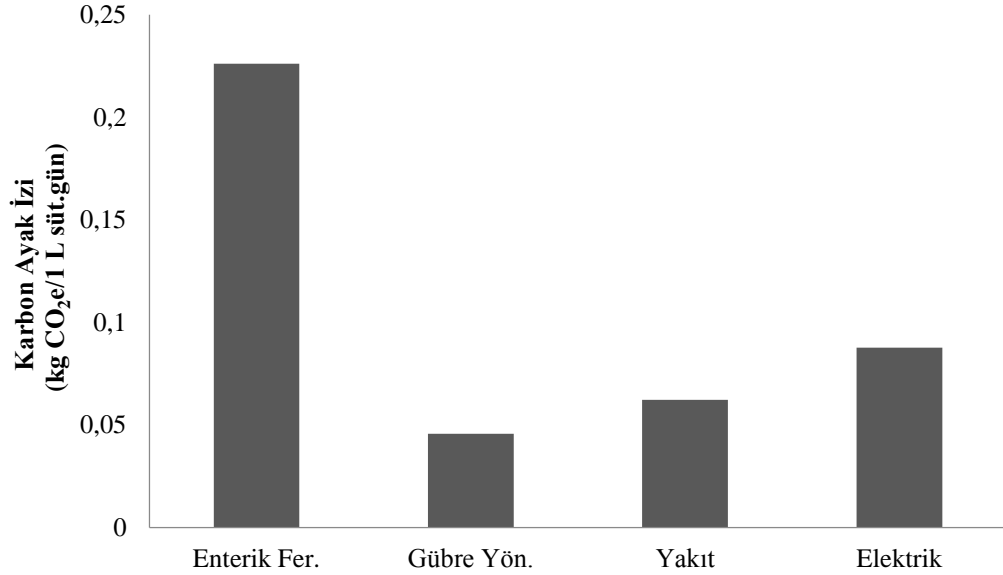
Karbon ayak izinin hesaplanması ve sonuçların değerlendirilmesi, Bursa ilinde mevcut bulunan hayvansal üretim yapan işletmelerin karbon ayak izini azaltacak önlemlerin belirlenmesi ve alınacak önlemlerin faaliyete geçirilmesi açısından önem teşkil etmektedir. İncelenen işletmelerin yapısal özellikleri Çizelge 3.1 verilmiştir. Karbon ayak izi hesaplamaları için kullanılan yöntemlere göre sonuçlar aşağıdaki başlıklar içerisinde anlatıldığı gibi ortaya konulmuştur.

4.1. Tier 1 Yaklaşımına Göre Karbon Ayak İzi

Çalışmada seçilen işletmelerin IPCC kılavuzunun Tier 1 yaklaşımı için kullanılması öngörülen parametrelerinden faydalanılarak geliştirilen hesaplama yaklaşımı ile karbon ayak izleri belirlenmiştir.

Çalışmaya konu olarak seçilen Bursa bölgesinin içinde bulunduğu coğrafi konum ve Bursa ili yıllık ortalama sıcaklık verileri göz önüne alınarak IPCC kılavuzunda yer alan tablolardan faydalanılarak yapılan hesaplamalarda süt sığırı işletmesi için karbon ayak izi işletmede üretilen 1 litre sütbaşına 0,4215 kg CO₂e olarak belirlenmiştir. Çalışmaya konu olan işletmede hesaplama sonucunda yıllık olarak yapılan hesaplama sonuçlarına bakıldığında süt sığırı işletmesinden kaynaklanan karbon ayak izi dört adet bileşene sahiptir. Bunlar enterik fermantasyon, gübre yönetimi sistemi, işletme içindeki yakıt ve

elektrik tüketimleridir. Şekil 4.1’de süt sığırı işletmesinin karbon ayak izine etki eden kaynakların dağılımları verilmiştir. Süt sığırı işletmesinin yıllık karbon ayak izi ise 461 ton CO₂e olarak elde edilmiştir.

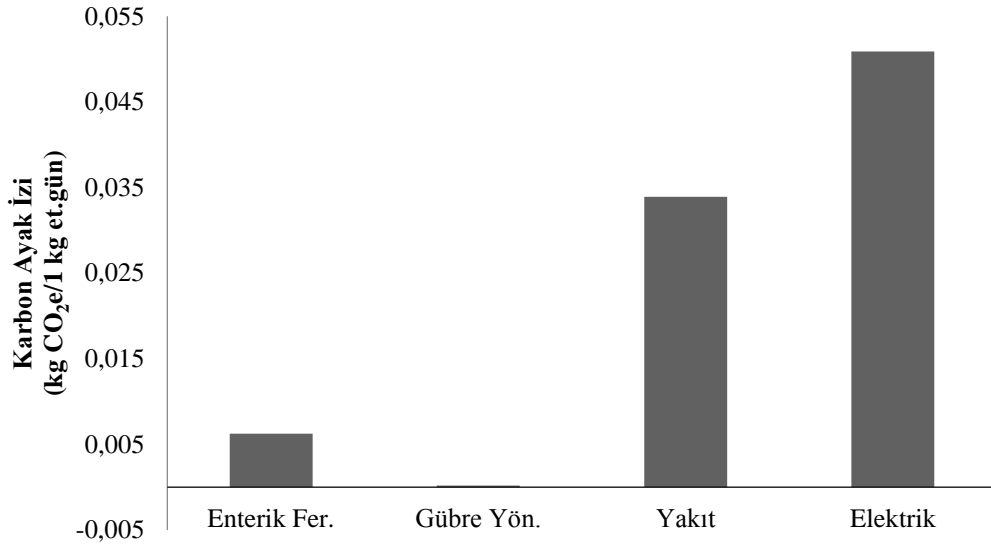


Şekil 4.1. Süt sığırı işletmesinin günlük karbon ayak izinin kaynakları

Casey ve Holden (2006) İrlanda süt sığırcılığında kaynaklanan karbon ayak izinin hesaplaması için yaptıkları çalışmalarında çıkan değerlerin daha önce yapılan çalışmalardaki değerlere yakın olduğunu gözlemlemişlerdir. Çalışmada enterik fermantasyon, gübre yönetimi, gübre, enerji ve dış yem kaynakları için emisyon faktörleri göz önünde bulundurulmuştur. Toplam sera gazı emisyonları CO₂ eşdeğeri olarak ifade edilmiş ve yılda üretim için kullanılan hektar başına fonksiyonel birim göz önüne alınmıştır (CO₂e ha⁻¹ yıl⁻¹). Sera gazı emisyonları hektar başına süt sığırcılığı için 6,835 kg CO₂e yıl⁻¹; sığır eti için 4,859 kg CO₂e yıl⁻¹. Bu emisyon değerleri, çalışma kapsamında üretim için kullanılan tüm arazi alanlarıyla ilişkili emisyonları içermektedir. İncelenen bir diğer çalışmada ise Verge ve ark. (2013) Kanada süt sektörünü incelemişlerdir. Çalışma kapsamında süt ürünlerinin karbon ayakizini tahmin etmek için entegre bir beşikten kapıya modeli geliştirilmiştir. İşlenmemiş sütün karbon ayak izi, Kanada'nın batı bölgesindeki illerde 0,93 kg CO₂e / 1 L süt, iklim koşulları ve işletmelerdeki yönetimsel farklılıklardan dolayı doğu illerde 1,12 kg CO₂e / L süt olarak

hesaplanmıştır. Çalışma sonunda hesaplanan karbon ayak izi miktarları yapılan çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

Seçilen bir diğer işletme olan koyun ağılı işletmesi için yapılan hesaplamalarda yine IPCC'nin 2006 yılında yayınladığı kılavuzdan Bursa ili coğrafi konum özellikleri ve iklimsel değerleri dikkate alınarak seçilen parametreler kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda koyun ağılı işletmesinde fonksiyonel birim olan 1 kg et başına 0,0912 kg CO₂e olarak bulunmuştur. Süt sığırı işletmelerinde karbon ayak izine katkıda bulunan etkenler koyun işletmesi için de etkili olmaktadır. Şekil 4.2'de koyun işletmesinin karbon ayak izinin kaynaklarına göre dağılımı verilmiştir. İşletmenin yıllık karbon ayak izi ise 329 ton CO₂e olarak elde edilmiştir.

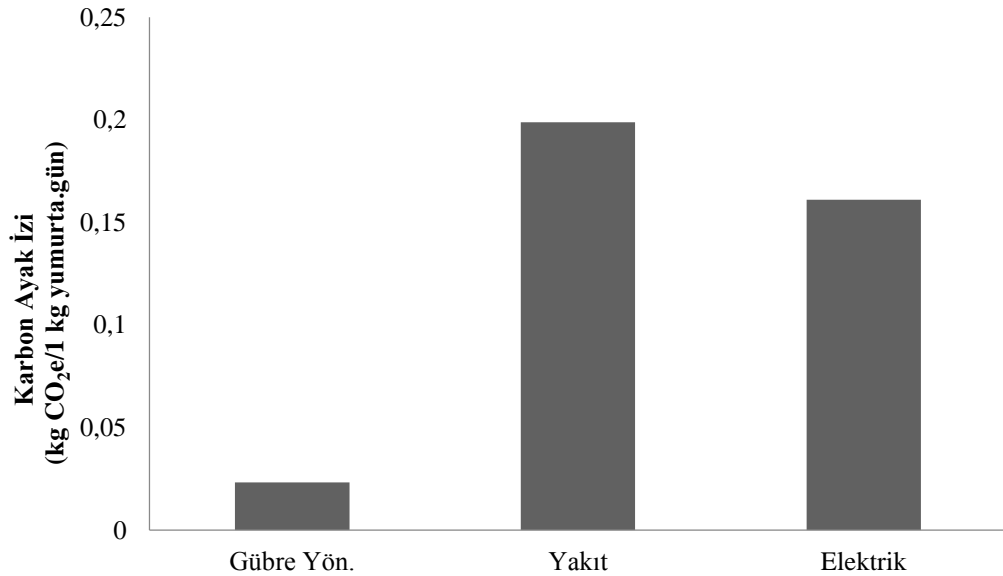


Şekil 4.2. Koyun işletmesinin günlük karbon ayak izinin kaynakları

Elde edilen sonuçlar daha önce yapılan çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Biswas ve ark. (2010) Avustralya için yaptıkları çalışmada elde ettikleri değerler koyun işletmelerinde karbon ayak izi hesabı için gübreden kaynaklı metan emisyonu ve enterik fermantasyondan kaynaklı metan emisyonu olarak ikiye ayrılmıştır. Gübreden kaynaklı metan emisyonu hesabı sonucu 0,00076 kg CO₂e / 1 kg et ve enterik fermantasyondan kaynaklanan metan emisyonu hesabı sonucu ise 4,6 kg CO₂e / 1 kg et olarak elde edilmiştir. Allard (2009) 'ın yaptığı çalışmada. emisyonların boyutunu etkileyen faktörler üzerine literatür taraması yapılmıştır. Biri, daha yoğun bir üretim sistemi ve

diğeri daha geniş sisteme sahip iki çiftliğe birer anket çalışması uygulanmıştır. Araştırmayı yürütmek için ihtiyaç duyulan verilerin geri kalanı literatürden ve diğer kaynaklardan alınmıştır. Daha yoğun üretim sistemi bulunan çiftlikte üretilen et, koyun etinin kg'ı başına 0,4 kg metan emisyonu, daha geniş üretim sistemi bulunan çiftlikte, koyun etinin kg'ı başına 0,9 kg metan emisyonu ortaya çıkmıştır. Geniş çiftlikteki daha yüksek emisyonlar, kuzuların merada daha uzun süre kalması ve koyunlar ile kuzuların beslenmesine daha fazla kaba yem eklenmesi nedeniyle ortaya çıkmıştır. Çalışmada emisyon miktarlarının, yemin bileşimi, yem kalitesi, hayvanların yaşı, hayvanların aktif olduğu süre, cins ve cinsiyet gibi çeşitli faktörlere bağlı olduğu gösterilmiştir.

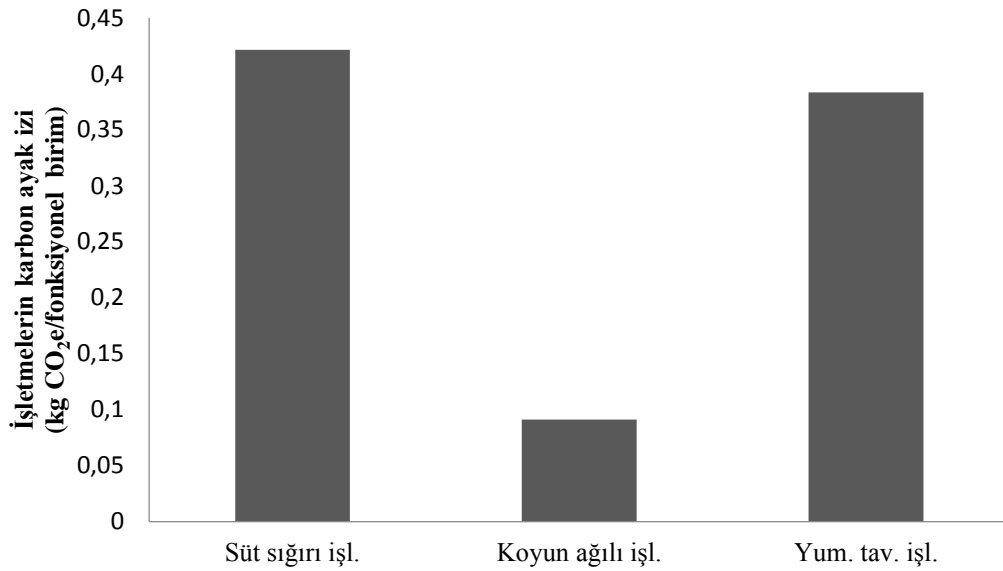
Seçilen yumurta tavuğu işletmesi için kullanılan tablolar ve kılavuz parametreleri ile yapılan hesaplamada seçilen fonksiyonel birim başına yani 1 kg yumurta başına oluşan karbon ayak izi 0,3834 kg CO₂e olarak hesaplanmıştır. Bu değer kümes hayvanlarının enterik fermantasyon yapmadığı göz önünde bulundurularak gübre yönetimi, yakıt ve elektrik tüketimleri dikkate alınarak hesaplanmıştır. İncelenen yumurta tavuğu işletmesinin karbon ayak izinin kaynaklarına göre etki oranları Şekil 4.3'te verilmiştir. İşletmenin yıllık karbon ayak izi ise 1 678 ton CO₂e olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.3. Yumurta tavuğu işletmesinin günlük karbon ayak izinin kaynakları

Ibidhi ve ark (2017) çalışmada, 1996–2005 döneminde farklı tarım sistemlerinde, Tunus'ta üretilen tavuk etinin doğal kaynak kullanımını ve sera gazı emisyonlarını değerlendirmek amacıyla karbon ayak izi göstergelerini kullanmışlardır. Ülkede kanatlı hayvan üretimi nispeten geniş ve ithal yemlere dayanan bir sektördür. Yapılan çalışmada hesaplamalar sonucunda 1 kg yumurta üretimi için 3 kg CO₂e karbon ayak izi değeri ortaya konmuştur.

Çalışmada incelenen işletmelere ilişkin Tier 1 yaklaşımı kullanılarak elde edilen karbon ayak izi miktarları Şekil 4.4'de verilmiştir.



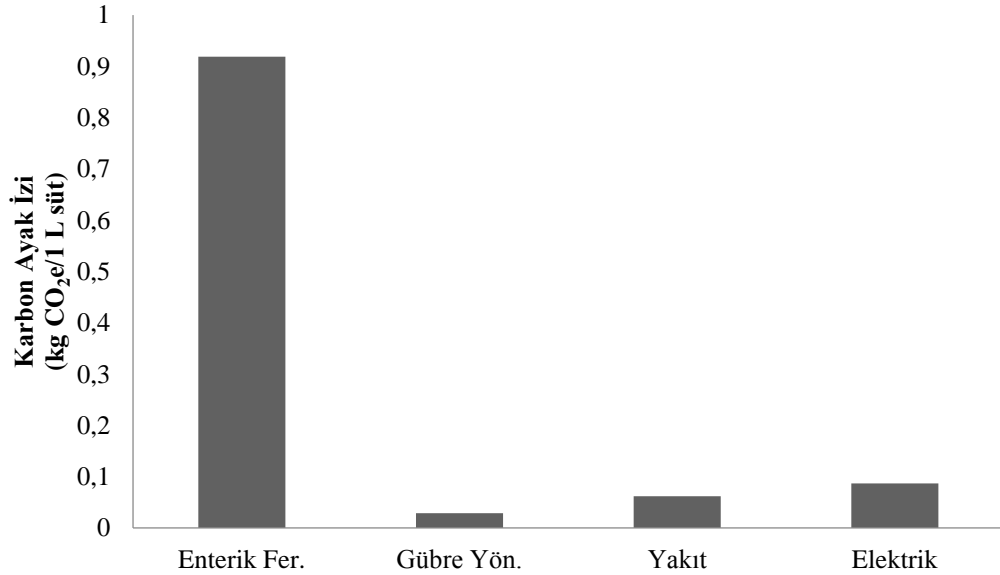
Şekil 4.4. Hayvancılık işletmelerinin karbon ayak izi miktarları

Yapılan hesaplamalar doğrultusunda elde edilen veriler Bursa ilinde bulunan hayvancılık işletmelerinden kaynaklanan karbon ayak izi miktarlarının farklı düzeylerde etkileri olduğunu ortaya koymuştur. Elde edilen veriler ışığında yapılan karşılaştırma sonucunda hayvancılık alt kategorilerine ait emisyon miktarlarının değişkenlik göstermesinin birincil nedeni ruminant hayvanların yaptıkları enterik fermantasyon ve alt kategorilerde kullanılan gübre yönetim sistemlerindeki farklılıklardır.

4.2. Tier 2 Yaklaşımına Göre Karbon Ayak İzi

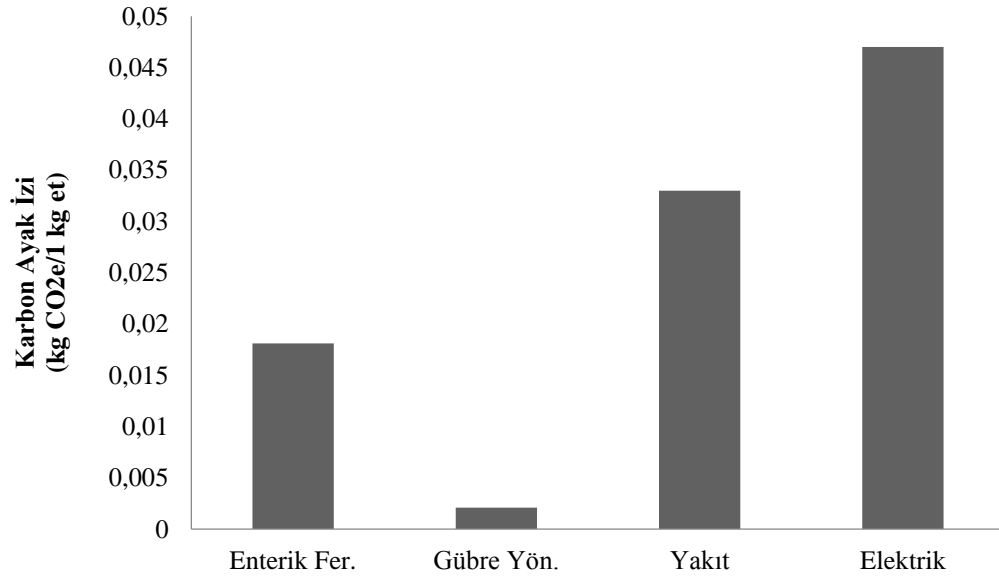
Çalışmada seçilen işletmelerin IPCC kılavuzunun Tier 2 yaklaşımı için kullanılması öngörülen parametrelerinden faydalanılarak geliştirilen hesaplama yaklaşımı ile karbon ayak izleri belirlenmiştir.

Çalışmaya konu olan Bursa ili yıllık ortalama sıcaklık verileri göz önüne alınarak ve süt sığırları işletmesindeki hayvanların brüt enerji ihtiyaçları dikkate alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Brüt enerji alımı süt sığırları kategorisindeki hayvanlar ele alındığında bakım için gerekli net enerji, günlük aktivite için gerekli net enerji, büyüme için gerekli net enerji, laktasyon için gerekli net enerji, çalışma için gerekli net enerji, hamilelik için gerekli net enerji, beslemede mevcut net enerjinin tüketilen sindirilebilir enerjiye oranı, beslemede büyüme için mevcut net enerjinin tüketilen sindirilebilir enerjiye oranı değerlerinin hesaplanması yoluyla ortaya çıkmaktadır. Tier 2 yaklaşımı ile seçilen parametreler ışığında incelenen süt sığırları işletmesi için karbon ayak izi miktarı 1,0963 kg CO₂e/ 1 L süt olarak belirlenmiştir. Süt sığırları işletmesinden kaynaklanan karbon ayak izi miktarı yıllık olarak toplam 1 200 ton CO₂e olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.5'te süt sığırları işletmesinin günlük karbon ayak izi kaynakları gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Süt sığırları işletmesinin günlük karbon ayak izinin kaynakları (Tier 2)

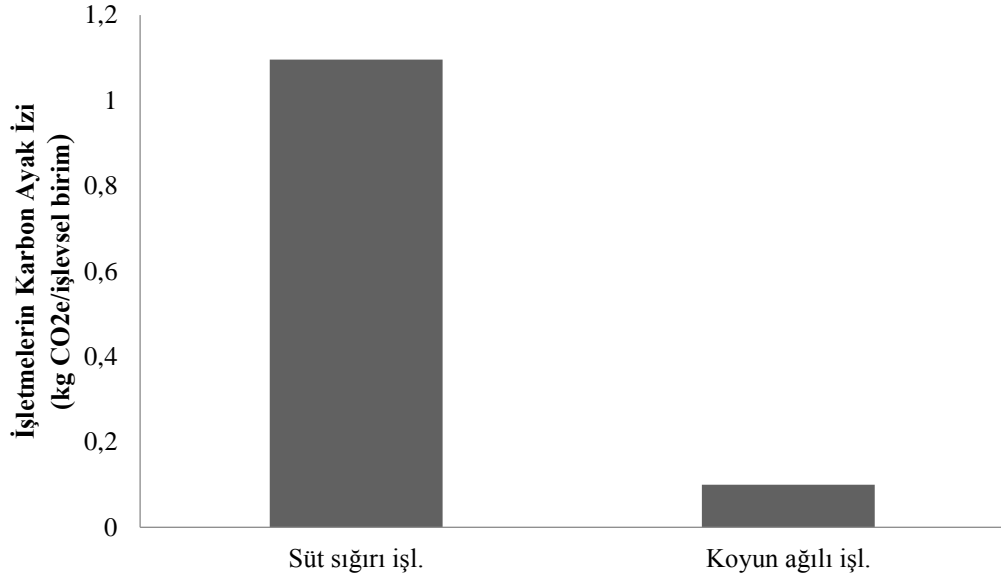
Hesaplamanın yapıldığı bir diğer işletme olan koyun ağılı işletmesi için yapılan hesaplamalarda yine IPCC'nin 2006 yılında yayınladığı kılavuzdan Bursa ili coğrafi konum özellikleri ve iklimsel değerleri dikkate alınarak seçilen parametreler kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda koyun ağılı işletmesinde karbon ayak izi 0,1002 kg CO₂e/ 1 kg et olarak bulunmuştur (Şekil 4.6). Ayrıca işletme yılda 362 ton CO₂e karbon ayak izi oluşturmaktadır.



Şekil 4.6. Koyun işletmesinin günlük karbon ayak izinin kaynakları (Tier 2)

Tier 2 yaklaşımında da Tier 1 yaklaşımında olduğu gibi enterik fermantasyondan kaynaklanan karbon ayak izinin süt sığırları işletmelerinde karbon ayak izine katkısının %80'in üzerinde olduğu gübre yönetiminden kaynaklanan karbon ayak izinin ise %20'nin altında olduğu görülmüştür.

Hayvancılık işletmelerinin karbon ayak izine katkı miktarlarına bakıldığında süt sığırları işletmesinin karbon ayak izinin koyunculuk işletmesine göre yaklaşık 10 kat daha fazla elde edildiği görülmüştür. (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Hayvancılık işletmelerinden kaynaklanan karbon ayak izi miktarları

Kümes hayvanları kategorisi ve alt kategorisinde bulunan hayvan grupları için Türkiye IPCC kılavuzunda gelişmekte olan ülkeler sınıfında yer almaktadır. Bu sebepten dolayı çalışma içerisinde yumurta tavuğu işletmesi hakkında Tier 2 yaklaşımının hesaplamasında kullanılması gerekli olan verilere ulaşamadığından Tier 2 yaklaşımı başlığı altında yumurta tavuğu işletmesi için herhangi bir hesaplama yapılamamıştır.

4.3. Tier 1 ve Tier 2 Yaklaşımlarının Karşılaştırılması

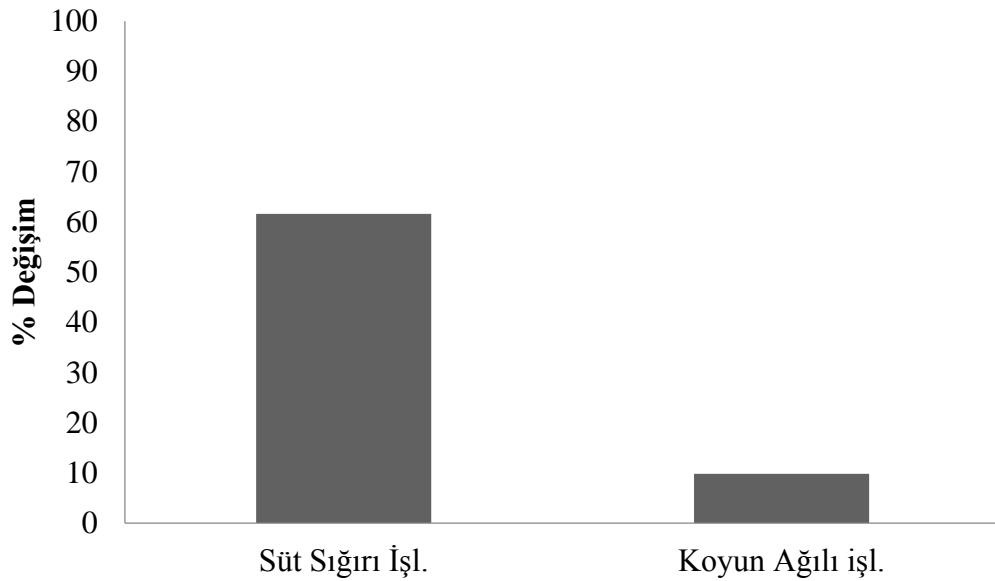
IPCC kılavuzunda bulunan parametreler kullanılarak elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1. de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Hayvancılık işletmelerindeki % değişim oranları

	Tier 1 Yaklaşımı Sonuçları	Tier 2 Yaklaşımı Sonuçları	% Değişim
Süt Sığırlı İşl.	0,4215 kg CO ₂ e/1 L süt	1,0963 kg CO ₂ e/1 L süt	61,58
Koyun Ağılı İşl.	0,0912 kg CO ₂ e/1 kg et	0,1002 kg CO ₂ e/1 kg et	9,79

Çizelge 4.1’de görüldüğü üzere süt sığırlı işletmelerinde Tier 2 yaklaşımı, Tier 1 yaklaşımına oranla daha büyük değerlere sahiptir. Bunun sebebi Tier 2 yaklaşımında hayvancılık kategorilerine bağlı olarak seçilen işletmelerin ve çalışmanın yürütüldüğü bölgenin detaylı verilerine ulusal kaynaklardan ulaşılarak karbon ayak izi hesaplarına

dahil edilmesidir. Böylece Tier 1 yaklaşımında hesaplara dahil edilmeyen ama karbon ayak izine katkısı olan parametreler Tier 2 yaklaşımında karbon ayak izi hesabına dahil edilmiştir. Ancak Tier 1 ve Tier 2 yaklaşımları arasındaki değişimler süt sığırı ve koyunculuk işletmeleri için aynı oranda gerçekleşmemiştir (Şekil 4.8). Tier yaklaşımları arasındaki farklılık, süt sığırı işletmesi için yaklaşık olarak %62 olurken, koyun işletmesinde bu değer yaklaşık %10 olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 4.8. Hayvancılık işletmelerinin Tier 1 ve Tier 2 yaklaşımları arasındaki değişim oranları

Bu çalışmada yapılan hesaplamalar için IPCC 2006 kılavuzunda bulunan kabul görmüş veriler kullanılmış olup değişkenlik gösterebilecek parametrelerin çalışmanın yapıldığı bölgelere ait iklimsel verilerin farklılık göstermesi olduğu unutulmamalıdır. Süt sığırı işletmesi için yapılan hesaplamalarda Tier 1 yaklaşımında yalnızca işletmedeki hayvan kategorisine ait popülasyon ve IPCC 2006 kılavuzu tarafından önerilen emisyon faktörü kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda fonksiyonel birim başına günlük karbon ayak izi miktarları süt sığırı işletmesi için Tier 1 yaklaşımı hesabı 0,4215 kg CO₂e/ 1 L süt olarak, Tier 2 yaklaşımı hesabı ise 1,0963 kg CO₂e/ 1 L süt olarak bulunmuştur. Sonuçların arasındaki %61,58'lik fark hayvanların besleme şeklindeki, gübre yönetim özelliklerindeki farklılardan ve Tier 2 yaklaşımı için kullanılan detaylı işletme verilerinden kaynaklanmaktadır. Bu doğrultuda Tier 2 yaklaşımının Tier 1 yaklaşımına oranla daha kesin sonuçlar içerdiği söylenebilir.

Yürütülen çalışmaya konu edinilen koyun ağılı işletmesinde ise Tier 2 yaklaşımı 0,1002 kg CO₂e/1 kg et çıkmış olup Tier 1 yaklaşımında ulaşılan sonuç olan 0,0912 kg CO₂e/1 kg et'ten büyük olarak hesaplanmıştır. Ulaşılan sonuçlardan elde edilen değerlerin yüzdesel hesabına bakınca Tier 1 ve Tier 2 yaklaşımları arasında %9,79 değişim gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar için dikkate alınması gereken hususlar hesaplamalarda kullanılan parametreler ve koyun işletmeleri için gübre yönetim sistemi özellikleridir. Koyun ağılı işletmelerindeki farkı yaratan sebep Türkiye'nin IPCC kılavuzunda gelişmekte olan ülkeler kategorisinde yer alması ve gübre yönetim sisteminin kontrol altında tutulamayıp oluşan gübrenin genellikle otlatma meralarında bırakılmasıdır.

Yumurta tavuğu işletmelerinde IPCC tarafından Türkiye'nin gelişmekte olan ülkeler kategorisinde kabul edilmesi ve yumurta tavuklarının sindirim sistemlerinin süt sığırları ve koyunlara göre farklı olması nedeniyle enterik fermantasyondan kaynaklanan karbon ayak izinin olmaması ve yem rasyonlarındaki değişikliğe bağlı olarak gübreden kaynaklanan karbon ayak izinin oldukça az olmasında bu durumun ortaya çıkmasında etkili olmuştur. Tier 1 yaklaşımı sonucunda çalışma alanından oluşan karbon ayak izi miktarı 0,3834 kg CO₂e/1 kg yumurta olarak belirlenmiştir. Ulaşılan bu değer içerisinde kümes hayvanlarının enterik fermantasyon yapmadığı göz önüne alınarak gübre yönetim sisteminden kaynaklanan karbon ayak izi etkisi ile sadece işletmenin yakıt ve elektrik tüketimlerinden kaynaklanan karbon ayak izi bulunmaktadır.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, Bursa ilinde faaliyet gösteren bir adet süt sığırı işletmesi, bir adet koyun işletmesi ve bir adet yumurta tavuğu işletmesi göz önüne alınmıştır. Elde edilen hesaplama sonuçlarından yararlanılarak seçilen işletmelerin küresel ısınma üzerinde yarattıkları etkiler, karbon ayak izi miktarları ve oluşan emisyonların azaltımına yönelik önerilerin değerlendirilmesi yapılmıştır.

Çalışma sonunda işletmelerin sahip olduğu hayvan kategorilerine ait popülasyonların ve alt kategorilere ait popülasyonların karbon ayak izi hesaplamasında önemli etkiye sahip olduğu görülmüştür. Çalışmaya konu olan işletmelerde farklı hayvan türleri üzerinde çalışılmış olup hayvancılık türlerinin karbon ayak izine etkileri arasındaki farklılıklar ve bu farklılıkları yaratan nedenler üzerinde değerlendirme yapılmıştır.

Yürütülen çalışmada karbon ayak izi hesabında yöntem olarak Tier 1 ve Tier 2 yaklaşımları kullanılmıştır. Çalışma sonucunda süt sığırı işletmesi için fonksiyonel birim olan 1 L süt başına Tier 1 yaklaşımında 0,43 kg CO₂e sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonucun %80'lik kısmının hayvanın geviş getirmesi sonucunda oluşan enterik fermantasyondan kaynaklanan CH₄ emisyonu olduğu tahminlenmektedir. Geri kalan %20'lik kısmın ise gübre yönetim sisteminden ve yakıt ile elektrik kullanımından kaynaklandığı belirlenmiştir. Tier 2 yaklaşımı kullanılarak yapılan hesaplama sonucu ise süt sığırı işletmesi için 1,097 kg CO₂e/ 1 L süt olarak elde edilmiştir. Ayrıca süt sığırı işletmesi için yaşam alanı olarak belirlenen işletmenin hacmi 1545 m³ olup birim hacim başına yıllık karbon ayak izi değerleri Tier 1 ve Tier 2 yaklaşımları için sırasıyla 0,0273 kg CO₂e ve 0,0709 kg CO₂e olarak hesaplanmıştır.

Koyun ağılı işletmesi için yapılan hesaplamalarda Tier 1 yaklaşımı kullanıldığında elde edilen sonuç 0,0912 kg CO₂e/1 kg et iken Tier 2 yaklaşımı kullanılarak yapılan hesaplama sonucu ise 0,1002 kg CO₂e/1 kg et bulunmuştur. Koyun ağılı işletmelerinden kaynaklanan karbon ayak izinin birbirine yakın değerler çıkmasındaki asıl nedenin enterik fermantasyondan kaynaklanmadığı, gübrenin merada bırakılmasından kaynaklanması olduğu tahmin edilmektedir. Çalışma kapsamında seçilen işletme ile ilgili boyutsal özellikler incelendiğinde koyun ağılları birim alanından oluşan karbon

ayak izi miktarı ise Tier 1 ve Tier 2 yaklaşımları için sırasıyla 0,0022 kg CO_{2e} ve 0,00701 kg CO_{2e} olarak hesaplanmıştır.

Çalışmada incelenen yumurta tavuğu işletmesi için IPCC kılavuzu incelendiğinde Türkiye'nin gelişmekte olan ülkeler kategorisinde kabul edilmesi nedeniyle işletmelere özgü detaylı verilere ulaşılamamakta ve yalnızca Tier 1 yaklaşımı kullanılarak hesaplama yapılmaktadır. Elde edilen sonuçlar yalnızca Tier 1 yaklaşımı kullanılarak yapıldığından dolayı Tier 2 yaklaşımı ile karşılaştırma yapılamamıştır. Hesaplamalar sonucunda Tier 1 yaklaşımı için 0,3834 kg CO_{2e}/1 kg yumurta olarak bulunmuştur. Yumurta tavuğu işletmelerine ait birim hacim (m³) başına yıllık 0,1641 kg CO_{2e} /1 kg yumurta sonucu elde edilmiştir.

Bu çalışma sonucunda yapılan hesaplamalara değerlendirildiğinde karbon ayak izinin büyük bölümünü enterik fermentasyondan kaynaklanmaktadır. Enterik fermentasyondan kaynaklanan CH₄ emisyonunun azaltılması ile fonksiyonel birim başına oluşan karbaon ayak izi azaltılabilir. Literatüre bakıldığında çeşitli çalışmalar ve görüşler mevcuttur. Örneğin, Taluğ ve Özkul (1999) yaptıkları çalışmada iyonoforların geviş getiren hayvanların beslenmesinde canlı ağırlık artışı ve yemden yararlanmayı iyileştirmek amacıyla yaygın olarak kullanıldığına değinmişlerdir. İyonoforların mide fermantasyonunu düzenlemek suretiyle mide propiyonik asit miktarını artırmakta, asetik asit ve bütirik asit miktarlarını ise azaltmaktadır. Boadi ve ark. (2004)'nın çalışmasında ise iyonoforlara ek olarak hayvanların beslemesine yağların eklenmesi gerektiği, yüksek kaliteli yemlerin kullanımı ve hububatların kullanımının artmasının yaratacağı pozitif etkilerden bahsedilmiştir Mitsumori ve Sun (2008) yaptıkları çalışmada ise geviş getiren hayvanların midelerindeki metanogenesis faaliyetini azaltan stratejiler ele alınmıştır (Uzel 2015)

Gübre yönetiminden kaynaklanan karbon ayak izinin azaltılmasına yönelik olarak yapılan çalışmalarda ise iyi şekilde planlanmış gübre işletim sistemlerinin geliştirilmesi ve kompostlama yöntemi gibi çeşitli stratejiler ile gübreden kaynaklanan sera gazı emisyonları azaltılabilir (Uzel 2015).

Sera gazı emisyonlarının azaltımı, kaynaktan ve ortamdaki olmak üzere iki farklı yöntem grubundan oluşmaktadır. Öncelikli hedef, sera gazlarının oluşmadan kaynaktan azaltımıdır. Bunun için ahırların ve kümeslerin tasarımından başlayarak alınabilecek çok farklı önleme stratejileri bulunmaktadır. Bunların içerisinde en etkili olanı yem rasyonunda yapılabilecek değişikliklerdir. Yem rasyonunun protein içeriğinin azaltılması ile kirlenici emisyonları da azaltılabilecektir. Burada önemle üstünde durulması gereken konu protein miktarı azalırken verimliliğin düşmemesidir.

KAYNAKLAR

- Allard, H. 2009.** Methane emissions from Swedish sheep production. Swedish University of Agricultural Sciences.
- Aydın, G., Karakurt, İ., Aydın, K. 2011.** Antropojenik Metan Emisyonlarının Sektörel Analizi. *Tünav Bilim Dergisi*, 42-51.
- Batalla, I., Knudsen, M., Mogensen, L., del Hierro, Ó., Pinto, M., Hermansen, J. 2015.** Carbon footprint of milk from sheep farming systems in northern Spain including soil carbon sequestration in grasslands. *Journal of Cleaner Production*, 104: 121-129.
- Bayraç, H.N. 2010.** Enerji Kullanımının Küresel Isınmaya Etkisi ve Önleyici Politikalar. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(2): 229-259.
- Biswas, W., Graham, J., Kelly, K., John, M. 2010.** Global warming contributions from wheat, sheep meat and wool production in Victoria, Australia—a life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 18(14): 1386-1392.
- Boadi, D. B. 2004.** Mitigation strategies to reduce enteric methane emissions from dairy cows: update review. *Canadian Journal of Animal Science*, 84(3): 319-335.
- Bursa Büyükşehir Belediyesi 2017.** <http://www.bursa.com.tr/bursanin-cografyasi-iklimi-ve-nufusu> (Erişim Tarihi:18.04.2019)
- Casey, J., Holden, N. 2006.** Greenhouse gas emissions from Irish grassland livestock production systems. *Grassland Productivity*.
- Cesari, V., Zucali, M., Sandrucci, A., Tamburini, A., Bava, L., Toschi, I. 2017.** Environmental impact assessment of an Italian vertically integrated broiler system through a Life Cycle approach. *Journal of cleaner production*, 143: 94-911.
- Crosson, P., Shalloo, L., O'brien, D., Lanigan, G., Foley, P., Boland, T., Kenny, D. 2011.** A review of whole farm systems models of greenhouse gas emissions from beef and dairy cattle production systems. *Animal Feed Science and Technology*, 166: 29-45.
- Dalkılıç, K., Uğurlu, A. 2013.** Tavuk Gübresinden Biyogaz Üretimi. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi*, 10: 14-19.
- Demir, P., Cevger, Y. 2007.** Küresel Isınma ve Hayvancılık Sektörü. *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi*, 78(1): 13-16.
- Doğan, S., Özçelik, S., Dolu, Ö., Erman, O. 2010.** Küresel Isınma ve Biyolojik Çeşitlilik. *İklim Değişikliği Ve Çevre*, 3: 63-88.
- Dunkley, C., Fairchild, B., Ritz, C., Kiepper, B., Lacy, M. 2015.** Carbon footprint of poultry production farms in South Georgia: A case study. *Journal of Applied Poultry Research*, 24(1): 73-79.
- Edwards-Jones, G., Plassmann, K., Harris, I. 2009.** Carbon footprinting of lamb and beef production systems: insights from an empirical analysis of farms in Wales, UK. *Journal of Agricultural Science*, 147: 707–719.
- Ersoy, A. E. 2017.** Türkiye'nin Hayvansal Gübre Kaynaklı Sera Gazı Emisyonları Durumu ve Biyogaz enerjisi Potansiyeli. *Yüksek Lisans Tezi*, HÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Flysjö, A., Cederberg, C., Henriksson, M., Ledgard, S. 2011.** How does co-product handling affect the carbon footprint of milk? Case study of milk production in New Zealand and Sweden. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 16(5): 420-430.
- García, C., García-Treviño, E., Aguilar-Rivera, N., Armendáriz, C. 2016.** Carbon footprint of sugar production in Mexico. *Journal of cleaner production*, 112: 2632-2641.

- Henriksson, M., Flysjö, A., Cederberg, C., Swensson, C. 2011.** Variation in carbon footprint of milk due to management differences between Swedish dairy farms. *Animal*, 5(9): 1474-1484.
- Ibidhi, R., Hoekstra, A., Gerbens-Leenes, P., Chouchane, H. 2017.** Water, land and carbon footprints of sheep and chicken meat produced in Tunisia under different farming systems. *Ecological indicators*, 77: 304-313.
- IPCC, 1997a.** Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Workbook, vol. 2. Cambridge University Press.
- IPCC, 2006.** Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Chapter1: Introduction 1.1-1.21.
- Jacobsen, R., Vandermeulen, V., Vanhuylbroeck, G., Gellynck, X. 2014.** A life cycle assessment application: the carbon footprint of beef in Flanders (Belgium). *In Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors, Volume 2*, 31-52.
- Jones, A. K., Jones, D. L., Cross, P. 2014.** The carbon footprint of UK sheep production: current knowledge and opportunities for reduction in temperate zones. *The Journal of Agricultural Science*, 152(2): 288-308.
- Kilic, I., Simsek, E., Onuk, A., Yaslioglu, E. 2017.** Ammonia and Carbon Dioxide Concentrations in a Sheep Barn. *Kahramanmaraş Sütçü İmam University Journal Of Natural Sciences*, 20(3): 218-226.
- Kılıç, İ., Amet, B. 2017.** Bir Süt Sığırısı İşletmesinin Karbon ayakızinin Tahminlenmesi: Bursa Örneği. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(Ek Sayı) 134-142.
- Ledgard, S., Lieffering, M., McDevitt, J., Boyes, M., Kemp, R. 2010.** A greenhouse gas footprint study for exported New Zealand lamb. *Report for Meat Industry Association, Ballance Agri-nutrients, Landcorp and MAF. AgResearch, Hamilton.*
- Lesschen, J., Van den Berg, M., Westhoek, H., Witzke, H., Oenema, O. 2011.** Greenhouse gas emission profiles of European livestock sectors. *Animal Feed Science and Technology*, 166: 16-28.
- MGM. 2019.** T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü <https://www.mgm.gov.tr/>- (Erişim Tarihi:12.09.2019)
- Mitsumori, M. S. 2008.** Control of Rumen Microbial Fermentation for Mitigating Methane Emissions from the Rumen. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 144-154.
- Mujica, M., Blanco, G., Santalla, E. 2016.** Carbon footprint of honey produced in Argentina. *Journal of cleaner production*, 116: 50-60.
- Mutlu, V. 2018.** Akuçuk Endüstrisinde Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Owen, J., Silver, W. 2015.** Greenhouse gas emissions from dairy manure management: a review of field-based studies. *Global Change Biology*, 21(2): 550-565.
- Özkan, Ş. 2013.** Türkiye’de Hayvancılık Kaynaklı Sera Gazı Üretimi ve Azaltma Yöntemleri. *Journal Of Faculty of Veterinary Medicine, Erciyes University*, 10(3): 185-192.
- Parra, A., Delgado, J. 2019.** Emission factors estimated from enteric methane of dairy cattle in Andean zone using the IPCC Tier-2 methodology. *Agroforestry Systems*, 93(3): 783-791.
- Rotz, C., Montes, F., Chianese, D. 2010.** The carbon footprint of dairy production systems through partial life cycle assessment. *Journal of dairy science*, 93(3): 1266-1282.

- Saygılı, R. 2015.** http://cografyaharita.com/haritalarim/41_bursa_ili_haritasi.png. (Erişim Tarihi:05.03.2019)
- Schils, R., Verhagen, A., Aarts, H., Šebek, L. 2005.** A farm level approach to define successful mitigation strategies for GHG emissions from ruminant livestock systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 71(2): 163-175.
- Uzel, G. 2015.** Türkiye ve Bursa’da Tarımdan Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları Ekonomisi ve Politika Önerileri. *Yüksek Lisans Tezi*, UÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Bursa.
- Vergé, X., Maxime, D., Dyer, J., Desjardins, R., Arcand, Y., Vanderzaag, A. 2013.** Carbon footprint of Canadian dairy products: Calculations and issues. *Journal of dairy science*, 96(9): 6091-6104.
- Wiedemann, S., Ledgard, S., Henry, B., Yan, M., Mao, N., Russell, S. 2015.** Application of life cycle assessment to sheep production systems: investigating co-production of wool and meat using case studies from major global producers. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 20(4): 463-476.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Begüm Ahmet
Doğum Yeri ve Tarihi : Kocaeli/İzmit 15.08.1989
Yabancı Dil : İngilizce
Eğitim Durumu
Lise : İzmit Lisesi,2007
Lisans : Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama, 2012
Yüksek Lisans :Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı,2019

Çalıştığı Kurum/Kurumlar :

İletişim (e-posta) : 1bgmkskn@gmail.com

Yayınları :

Kılıç, İ., Amet, B. 2017. Bir Süt Sığırısı İşletmesinin Karbon ayak izinin Tahminlenmesi:
Bursa Örneği. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34(Ek
Sayı):134-142