

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Çukurova Bölgesinde Bir Yumurta Tavukçuluğu İşletmesinde
Enerji Kullanımı**

Hasan SAKMAN

Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Aralık, 2023

İÇİNDEKİLER

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
ÇİZELGELER DİZİNİ	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	V
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	VI
1. GİRİŞ	1
1.1. Tavukçuluğun Önemi.....	1
1.1.1. Kafeste Yumurta Tavukçuluğunun Yararları ve Zararları	1
1.2. Dünya Tavuk Yumurtası Verileri	1
1.3. Türkiye Tavuk Yumurtası Verileri	3
1.4. Yumurta Üretiminde Enerji Tüketiminin Önemi	3
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
3. MATERYAL VE METOT	11
3.1. Materyal	11
3.1.1. Çalışmanın Yürütüldüğü Yer	11
3.1.2. İşletmede Kullanılan Cihazlar.....	12
3.2. Metod	17
3.2.1. Yumurta Üretiminde Enerji Tüketiminin Belirlenmesi.....	17
3.2.2. Yumurta Üretiminde Sera Gazı Salımlarının Belirlenmesi.....	19
3.2.3. Dizel Yakıt Tüketimine İlişkin Salımlar	20
3.2.4. Su Tüketimine İlişkin Karbondioksit Eşdeğeri Salımlar.....	22
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	25
4.1. Yumurta Üretiminde Enerji Tüketimi.....	25
4.2. Birim (kg) Yumurta Üretimi İçin Enerji Tüketimi	26
4.3. Yumurta Üretiminde Sera Gazı Salımları	27
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	31
KAYNAKLAR	33
ÖZGEÇMİŞ	35

**Çukurova Bölgesinde Bir Yumurta Tavukçuluğu
İşletmesinde Enerji Kullanımı**

Hasan SAKMAN

Danışman: Prof. Dr. H. Hüseyin ÖZTÜRK

Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZ

Bu araştırmada, Adana ilinde yumurta tavukçuluğu yapılan bir işletmede doğrudan enerji (elektrik+dizel) tüketimi ve su tüketimine ilişkin sera gazı (GHG) salımlar belirlenmiştir. Enerji tüketimi ve GHG salımlar kış ve yaz koşullarını karakterize edecek şekilde Ocak ve Temmuz aylarındaki elektrik ve dizel yakıt ile su tüketimi değerleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. İşletmede Ocak ayında 14040 MJ elektrik ve 4451,54 MJ dizel olmak üzere toplam 18491,54 MJ enerji tüketilmiştir. Temmuz ayında 29808 MJ elektrik ve 11128,86 MJ dizel olmak üzere toplam 40936,86 MJ enerji tüketilmiştir. Yaz koşullarında kümeslerin serinletme gereksinimleri nedeniyle, kış koşullarına (Ocak ayına) kıyasla 2 kattan daha fazla elektrik ve dizel yakıt tüketilmiştir. İşletmede 1 kg yumurta üretimi için Ocak ve Temmuz aylarında sırasıyla, toplam 0,39 MJ ve 0,9292 MJ enerji tüketilmektedir. Yumurta tavukçuluğu işletmesinin doğrudan enerji tüketimine ilişkin karbon ayak izi Ocak ve Temmuz aylarında sırasıyla, 0,0433 kgCO_{2-eş}/kg ve 0,1017 kgCO_{2-eş}/kg olarak belirlenmiştir. Yumurta tavukçuluğu işletmesinin su tüketimine ilişkin karbon ayak izi Ocak ve Temmuz aylarında sırasıyla, 0,0013 kgCO_{2-eş}/kg ve 0,0015 kgCO_{2-eş}/kg olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yumurta, Enerji tüketimi, Sera gazı salımları

Energy Use in An Egg Poultry Farm in Çukurova Region

Hasan SAKMAN

Advisor: Prof. Dr. H. Hüseyin ÖZTÜRK

Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering

ABSTRACT

In this study, the direct energy (electricity + Diesel) consumption and greenhouse gas (GHG) emissions related to egg poultry farming in the Adana province were determined. The energy consumption and GHG emissions were evaluated characterizing winter and summer conditions based on the values of electricity, Diesel fuel, and water consumption in January and July. In the facility, a total of 18,491.54 MJ of energy was consumed in January, with 14,040 MJ of electricity and 4,451.54 MJ from Diesel. In July, a total of 40,936.86 MJ of energy was consumed, with 29,808 MJ of electricity and 11,128.86 MJ from Diesel. During summer conditions, more than twice the amount of electricity and Diesel fuel was consumed compared to winter conditions (January) due to the cooling requirements of the poultry houses. For the production of 1 kg of eggs in January and July, a total of 0.39 MJ and 0.9292 MJ of energy were consumed, respectively. The carbon footprint of direct energy consumption for egg production in January and July was determined as 0.0433 kgCO₂-eq/kg and 0.1017 kgCO₂-eq/kg, respectively. The carbon footprint related to water consumption for egg production in January and July was determined as 0.0013 kgCO₂-eq/kg and 0.0015 kgCO₂-eq/kg, respectively.

Keywords: Egg, Energy Consumption, Greenhouse Gas Emissions

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimin tamamlanması süresince bana destek olan bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın danışman hocam, Prof. Dr. H. Hüseyin ÖZTÜRK' e teşekkürü bir borç bilirim. Yüksek lisans tez jürisinde yer alan Doç. Dr. Cengiz KARACA'ya ve Doç. Dr. Tunahan ERDEM'e önerileri ve katkıları nedeniyle teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmalarım sırasında Gül Tav yumurta üretim çiftliğinin sahibi Mehmet Şirin GÜLTEKİN'e ve Yüksek Ziraat Mühendisi Özlem Derya ÇOŞAR'a içten teşekkürlerimi borç sunarım.

Yüksek lisans çalışmalarım sırasında bana yardımcı olan arkadaşım Ziraat Mühendisi Burak DALKILIÇ'a şükranlarımı sunarım. Ayrıca yaşam boyu bana maddi ve manevi yönden daima destek olan aileme çok teşekkür ederim.

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Dünya Tavuk Yumurtası Üreten Ülkeler (FAOSTAT,2023)	2
Çizelge 1.2. 2022 yılında en fazla tavuk yumurtası ihraç eden 5 ülke (FAOSTAT, 2023)	2
Çizelge 1.3. 2022 yılında en fazla tavuk yumurtası ithal eden 5 ülke (FAOSTAT, 2023)	2
Çizelge 1.4. Türkiye'nin Tavuk Yumurtası Üretim Miktarı (bin ton) (Tomar ve ark., 2023)	3
Çizelge 1.5. Türkiye'nin Tavuk Yumurtası Tüketim Miktarı (bin ton) (Tomar ve ark., 2023)	3
Çizelge 3.1. Yakıtların Metan ve Nitröz Oksit Salım Faktörleri (IPCC, 2006)	21
Çizelge 3.2. Çeşitli Sera Gazları İçin Farklı Zaman Ölçütlerindeki CO ₂ 'e Göre Atmosferik Ömür Ve GWP Değerleri (IPCC, 2021.)	22
Çizelge 4.1. Yumurta üretiminde farklı çalışmalarda sera gazı üretimi.....	29
Çizelge 5.1. Canlı Hayvan Yetiştiriciliğinde Doğrudan Enerji Girdilerinin Azaltılması İçin Başlıca Enerji Verimliliği Önlemleri.....	32

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Gül-Tav Üretim Çiftlik konumu.	11
Şekil 3.2. Gül-Tav Üretim Çiftliği yem bölümü.	12
Şekil 3.3. Gül-Tav Üretim Çiftliğinde Kullanılan Jeneratör.	13
Şekil 3.4. Gül-Tav Üretim Çiftliğinde Kullanılan Fan ve Isı Sıcaklık Panosu.	13
Şekil 3.5. Gül-Tav Üretim Çiftliğinde Kullanılan Yem Kumandası.	14
Şekil 3.6. Gül-Tav Üretim Çiftliğinde Kullanılan Evaporasyon Pedi.	14
Şekil 3.7. Gül-Tav Üretim Çiftliğinde Kullanılan Yem Silosu.	15
Şekil 3.8. Gül-Tav Üretim Çiftliği kümes içinden bir görünüm.	15
Şekil 3.9. Gül-Tav Üretim Çiftliğinde Kullanılan Traktör.	16
Şekil 3.10. Gül-Tav Üretim Çiftliğinde Kullanılan Fan.	16
Şekil 3.11. Gül-Tav Üretim Çiftliğinde Kullanılan Gübre Motoru.	17
Şekil 4.1. Yumurta üretimi için Ocak ayında enerji tüketimi değerleri.	25
Şekil 4.2. Yumurta üretimi için Temmuz ayında enerji tüketimi değerleri.	26
Şekil 4.3. Ocak ayında 1 kg yumurta üretimi için enerji tüketimi değerleri.	26
Şekil 4.4. Temmuz ayında 1 kg yumurta üretimi için enerji tüketimi değerleri.	27
Şekil 4.5. Ocak ayında 1 kg yumurta üretimi için sera gazı (GHG) salımları.	28
Şekil 4.6. Temmuz ayında 1 kg yumurta üretimi için sera gazı (GHG) salımları.	29

SİMGELER VE KISALTMALAR

AMS	: Otomatik Manifesto Sistemi
BAP	: Bilimsel Araştırma Projeleri
CFP	: Karbon Ayak İzi
CH ₄	: Metan
CO ₂	: Karbondioksit
ETKB	: Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlığı
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
GHG	: Sera Gazı Salımları
GWP	: Küresel Isınma Potansiyelleri
IPCC	: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
kg	: kilogram
kW	: kilowatt
kWh	: kilowattsaat
L	: Litre
LCA	: Yaşam Döngüsü Analizi
LHV	: Alt Isıl Değeri
m ³	: Metre küp
MJ	: megajoule
N ₂ O	: Nitroz Oksit
VSM	: Değer Akış Haritası

1. GİRİŞ

1.1. Tavukçuluğun Önemi

Günümüzde tavukçuluk önemli bir endüstri sektörü olmuş ve dev adımlarla ilerlemektedir. Yumurta tavukçuluğu, insan beslenmesinde mükemmel bir gıda olan yumurtanın üretimi açısından çok önemli bir yetiştiricilik faaliyetidir. Çünkü yumurta, anne sütünden sonra insanın ihtiyacı olan tüm besin öğelerini bulandıran tek besin kaynağıdır. Yeni bir yaşamın özü olduğu düşünülecek olursa, besleyici değerinin yüksek olması hiç de şaşırtıcı değildir. Yumurta tüm besinler içerisinde en değerli proteini içermektedir. Sindirilebilirliği yüksektir, tamamına yakını vücut tarafından kullanılmakta ve vücut proteinlerine dönüşebilmektedir. Yumurta başlıca, A, D, E ve B grubu vitaminler olmak üzere diğer vitaminleri de önemli oranda içermektedir (Anonim, 2023a).

1.1.1. Kafeste Yumurta Tavukçuluğunun Yararları ve Zararları

Kafeste yumurta tavukçuluğunun yararları kannibalizm daha düşük düzeydedir. Hayvanların kendi yumurtalarını vermelerine ender rastlanır, ayrıca bu alışkanlığı olan hayvanlar kolayca ayıklanır. Kafeste yumurta tavukçuluğunun olumsuzlukları ise şunlardır; Hayvan başına düşen ilk kuruluş masrafları, kafes maliyeti nedeniyle çok fazladır. Çatlak yumurta oranı artar. Yumurtlama döneminde hayvanlar daha fazla ağırlık artışı sağlasalar da, kemiklerin son derece zayıf olması nedeniyle dönem sonundaki piyasa fiyatları düşüktür. Özellikle yazın, gübrede fazla miktarda sinek ürer ve sorun yaratır. Kafes altlarında biriken gübreyi sık sık temizlemek gerekir. Bazı özel kafes hastalıkları nedeniyle özel yemleme gerekebilir. Hareketsizlikten dolayı karaciğer yaşlanması ve buna bağlı ölümlere daha sık rastlanır. Kümes içerisinde daha fazla hayvan barındığı için daha güçlü bir havalandırmaya ihtiyaç vardır. Yumurtlamayanlar düzenli bir şekilde ayıklandığından kafeslerin bir kısmının boş kalmaması için bir miktar yedek tavuk beslenir (Bozkurt, 2009).

1.2. Dünya Tavuk Yumurtası Verileri

2021 yılında en fazla tavuk yumurtası üreten ülkeler Çizelge 1.1'de verilmiştir. Buna göre 2021 yılında en fazla tavuk yumurtası üreten 5 ülke sırasıyla Çin (36662884 ton), Hindistan (7147150 ton), Endonezya (7025764 ton), Amerika Birleşik Devletleri (6910565 ton) ve Brezilya (3637272 ton) gelmektedir. Bunu sırasıyla Meksika (3593052 ton), Rusya (2786143 ton), Japonya (2681515 ton) ve Pakistan (1330124 ton) izlemektedir. Dünya tavuk yumurtası üretiminde 10. sırada ise Türkiye (1206099 ton) gelmektedir (Anonim, 2023b).

Çizelge 1.1. Dünya Tavuk Yumurtası Üreten Ülkeler (FAOSTAT,2023)

Ülke	Üretim Miktarı (bin ton)
Çin	36662,884
Hindistan	7147,150
Endonezya	7025,764
Amerika Birleşik Devletleri	6910,565
Brezilya	3637,272
Meksika	3593,052
Rusya	2786,143
Japonya	2681,515
Pakistan	1330,124
Türkiye	1206,099

2022 yılında en fazla tavuk yumurtası ihraç eden 5 ülke Tablo 2’de verilmiştir. Buna göre 2020 yılında en fazla tavuk yumurtası ihraç eden 5 ülke sırasıyla Hollanda (237632 ton), Polonya (226948 ton), Türkiye (221692 ton), Almanya (115141 ton) ve Çin (107254 ton)’dir.

Çizelge 1.2. 2022 yılında en fazla tavuk yumurtası ihraç eden 5 ülke (FAOSTAT, 2023)

Ülke	İhracat Miktarı (bin ton)
Hollanda	237,632
Polonya	226,948
Türkiye	221,692
Almanya	115,141
Çin	107,254

2022 yılında en fazla tavuk yumurtası ithal eden 5 ülke Çizelge 1.3’de verilmiştir. Buna göre 2022 yılında en fazla tavuk yumurtası ithal eden 5 ülke sırasıyla Hollanda (393020 ton), Almanya (316948 ton), Belçika (185841 ton), ve Çin (Hong Kong) (172317 ton) ve BAE (Birleşik Arap Emirlikleri) (113754 ton)’dir.

Çizelge 1.3. 2022 yılında en fazla tavuk yumurtası ithal eden 5 ülke (FAOSTAT, 2023)

Ülke	İthalat Miktarı (bin ton)
Hollanda	393,020
Almanya	316,948
Belçika	185,841
Çin (Hong Kong)	172,317
BAE (Birleşik Arap Emirlikleri)	113,754

1.3. Türkiye Tavuk Yumurtası Verileri

Türkiye’de yumurta üretimi büyük oranda (%80) modern kümeslerde gerçekleştirilmektedir. Yumurtanın ucuz ve sağlıklı oluşunun yanında pratik yemekler yapılmasına imkan sağlamasından ötürü tüketimi giderek artmaktadır (Yıldız, 2012). 2017-2021 yılları arasında Türkiye’nin yumurta üretim miktarı Çizelge 1.4.’te verilmiştir. Buna göre 2017 yılında 1205075 ton olarak gerçekleşen tavuk yumurtası üretimi 2021 yılında 1206099 ton olarak gerçekleşmiştir. 2017 yılı ile kıyaslandığında 2021 yılında tavuk yumurtası üretiminin hemen hemen aynı kaldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 1.4. Türkiye’nin Tavuk Yumurtası Üretim Miktarı (bin ton) (Tomar ve ark., 2023)

Yıl	Üretim Miktarı (bin ton)
2017	1205,075
2018	1227,732
2019	1243,633
2020	1236,754
2021	1206,099

Türkiye’nin 2017-2021 yılları arasında tavuk yumurtası tüketim miktarı Şekil 1.5’te verilmiştir. Buna göre 2017 yılında 858882 ton olarak gerçekleşen tüketim miktarı 2020 yılında 1021042 ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye’de tavuk yumurtası tüketimi 2017-2020 yılları arasında giderek artış göstermiştir. Fakat 2021 yılında bir önceki yıla göre %3,37 azalış gösteren tavuk yumurtası tüketimi 987528 ton olarak tespit edilmiştir. Tavuk yumurtası tüketiminde gerçekleşen bu azalış üzerinde COVID-19 pandemisinin etkili olduğu düşünülmektedir (Tomar ve ark., 2023)

Çizelge 1.5. Türkiye’nin Tavuk Yumurtası Tüketim Miktarı (bin ton) (Tomar ve ark., 2023)

Yıl	Tüketim miktarı (bin ton)
2017	858,882
2018	869,938
2019	972,711
2020	1021,042
2021	987,528

1.4. Yumurta Üretiminde Enerji Tüketiminin Önemi

Çevresel olarak, şebeke kaynaklı elektrik, sıvı fosil enerji (örneğin gazyağı, dizel) ve doğal gazın yumurta üreten hayvancılık işletmelerinde kullanılması, çevresel etkileri olumsuz olan bir sera gazı yoğunluğuna sahiptir. Yumurta üretimi, yumurta ürünlerinin işlenmesi ve taşınmasının, küresel antropojenik (insan kaynaklı) salımlara olan katkısı fazladır. Bu nedenle, yumurta endüstrisi, yumurta tedarik zincirinin tüm aşamalarında çevresel etkileri en aza indirilmesi amaçlanmalıdır.

Ekonomik açıdan, şebeke kaynaklı elektrik kullanımı, enerji bağımsızlığını artırmak ve enerji tüketimini en aza indirmek için, artan enerji maliyetlerine, yumurta üreten tavukçuluk

işletmeleri için artan ekonomik kaygılara, enerji verimliliğine ve yenilenebilir enerji teknolojilerine olan ilgi artarak devam etmektedir.

Yumurta tavukçuluğu yapılan işletmelerinin dünya genelinde artması, bu işletmeleri gelecek yıllarda sürdürülebilir olarak yönetebilmek için enerji tüketiminin azaltılması gerekmektedir. Yumurta retiminde enerji verimliliğini artırmak için yeni teknolojiler ve yöntemlerin belirlenmesi hedefledike, yumurta üretiminde enerji kullanımını araştırmaları giderek daha önemli hale gelecektir. Yumurta tavukçuluğu işletmelerinde enerjiyle ilgili araştırmalarda, öncelikle yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA), enerji tüketimini tahmin modelleri ve bu modellerin geliştirilmesi, yumurta üretim maliyetleri ve sera gazı salımlarını azaltmak için çeşitli stratejilerin incelenmesi amaçlanmıştır.

Yumurta tavukçuluğu işletmelerinde toplam enerji tüketimi doğrudan ve dolaylı enerji kullanımı olarak iki grupta incelenebilir. Doğrudan enerji kullanımı; elektrik ve sıvı/gaz yakıtların tüketimi gibi, doğrudan işletmede gerçekleştirilen enerji tüketiminden oluşur. Dolaylı enerji kullanımı, doğrudan enerji kullanımının çiftlik sınırları dışında gerçekleştiği enerji tüketimlerinden oluşur. Daha ayrıntılı olarak dolaylı enerji, tavukçuluk işletmesinde kullanılan ürünlerde bulunan enerjidir. Dolaylı enerji kaynaklarına örnek olarak, çiftlik dışında üretilen ancak çiftlikte tüketilen yem, gübreler ve tarımsal kimyasalları üretmek ve taşımak için tüketilen enerji verilebilir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Brøgger Rasmussen ve Pedersen (2004), Danimarka'da Haziran 2003 ile Şubat 2004 arasında her birinde AMS kullanılan 17 adet süt hayvancılığı işletmesinde, sağım hanedeki elektrik tüketimini, geleneksel bir balıksırtı sağım salonu ve 26 duraklı döner sağım salonu ile karşılaştırmışlardır. AMS kullanılan 4 işletmede elektrik tüketimi 15,2 Wh/kg ile 86,0 Wh/kg arasında değişmektedir. Geleneksel balıksırtı sağım salonu bulunan işletmelerde elektrik tüketimi 19,0–21,5 Wh/kg arasında değişmektedir. AMS süt çiftliklerinde; vakum pompası, süt soğutma, elektrikli su ısıtıcısı ve otomatik yıkama sistemi en fazla elektrik tüketen ekipmanlar olarak bildirilmiştir.

Lesschen ve ark. (2011), yapmış oldukları çalışmada, 2003-2005 verilerine dayanarak Avrupa Birliği'nin 27 Üye Devletindeki süt ürünleri, sığır eti, domuz eti, ve yumurta üretimindeki bölgesel farklılıklar ile ilgili sera gazı emisyonlarını rapor etmişlerdir. Sera gazı emisyonlarının kaynakları enterik fermantasyon, gübre yönetimi, doğrudan ve dolaylı nitroz oksit (N₂O) toprak emisyonları, organik toprakların işlenmesi, kireçleme, fosil yakıt kullanımı ve gübre üretimi olduğu sonucuna varmışlardır. Enterik fermantasyon, Avrupa hayvancılık sektöründeki sera gazı emisyonlarının ana kaynağı olduğunu (%36) ve bunu N₂O toprak emisyonlarının (%28) takip ettiğini belirlemişlerdir. Sonuç olarak ürün bazında bakıldığında, sığır eti 22,6 kg CO₂-eşdeğer/kg ile açık ara en yüksek sera gazı emisyonuna sahiptir; süt 1,3 kg CO₂-eşdeğer /kg, domuz eti 3,5 kg CO₂-eşdeğer /kg ve yumurta üretimi için 1,7 kg CO₂-eşdeğer sera gazı salımına sahip olduğunu gözlemlemişlerdir.

Pelletier, Ibarburu ve Xin (2013), etçil ve yumurtacı tesislerinde yem üretimi ve kullanımının tedarik zinciri emisyonlarında en büyük paya sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, yem kullanım verimliliğinin daha da optimize edilmesi ve en düşük çevresel maliyetli yem girdilerinin tedarik edilmesi, bölgesel yumurta ürünlerinin sera gazı yoğunluğunu azaltmak için kilit kaldırma noktaları olduğu belirlenmiştir. Kanatlı yemlerine girdi olarak kullanılan hayvansal kaynaklı malzemelerin oranının azaltılması veya en az sera gazı yoğun hayvansal kaynaklı yem girdilerinin tedarik edilmesi özellikle etkili olduğu saptanmıştır. Yumurta işleme ve kırma aşamalarının toplam emisyonlara katkısı düşük olduğu belirlenmiştir. Tedarik zinciri emisyonlarına nispeten daha az katkılarda bulunsun da, yarka ve yumurtacı üretim tesisleri ile yumurta işleme ve kırma aşamaları arasında kullanılan enerji ve diğer (yem dışı) kaynaklarda bildirilen yüksek değişkenlik derecesi, daha verimli endüstri normlarına yönelik düzene sokma fırsatlarına da işaret ettiği bulunmuştur.

Murgia ve ark. (2013), İtalya'da 2011 yılında 20 adet süt çiftliğinde elektrik ve dizel yakıt kullanımı ile ilişkili enerji yoğunluğunu ölçmek için kısmi bir LCA çalışması yapmışlardır. Bu çiftliklerde inek sayıları 158–500 arasında değişmekte olup, ortalama sürü büyüklüğü 320 inekten oluşmaktadır. Elektrik tüketimini, sağmal inek başına 401 kWh ve üretilen sütün kütleri başına 42,84 Wh/kg olarak belirlemişlerdir. Elektrik tüketiminin doğrudan enerji tüketimine katkısı % 30 olarak

belirlenmiştir. Bu oranın (% 30) uluslararası çalışmaların ortalamasından (% 47) daha az olduğu bildirilmiştir. 285 adet İtalyan süt çiftliğinde doğrudan enerji kullanımını araştırmak amacıyla, ilgili çiftlik faaliyetleri ve süreçlerinde elektrik, dizel yakıt ve sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) tüketimini ayrıntılı olarak incelemişlerdir. Üretilen sütün kütlesi başına elektrik tüketimini, 73 Wh/kg olarak hesaplamışlardır. Elektrik tüketiminin, doğrudan enerji kullanımının % 27'sini oluşturduğunu bildirmişlerdir.

Taylor ve ark. (2014), yapmış oldukları çalışmada tavuk yumurtası üretiminde sera gazı emisyonlarının ortalama 12 adet yumurta için 2,2 kg CO₂ salımı veya 1 kg yumurta için 1,6 kg CO₂ eşdeğeri gazlarının salınımı olduğu sonucuna varmışlardır. Serbest gezinen yumurtalardan elde edilen bir kilogram protein için 0,2 kg CO₂'in üretildiğini gözlemlemişlerdir. Bu, beyaz veya kırmızı etten kaynaklanan emisyonlardan daha düşüktür (hem kg et hem de kg protein temelinde). Bu emisyonların %63'ü kümes hayvanı yemi üretiminde kullanılan enerjilerden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Moudrý ve ark. (2014), yapmış oldukları çalışmada, deneysel amaçlı kurulan organik ve geleneksel çiftliklerde yumurta tavuklarının yetiştirilmesini ve yumurta üretimi sırasında sera gazı emisyonlarından kaynaklanan çevresel etkileri üzerine araştırma yapmışlardır. Bu etkiyi değerlendirmeye yönelik bir metot olarak, yaşam döngüsü değerlendirme (LCA) yöntemini seçmişlerdir. Sonuç olarak organik tavuk yetiştiriciliğinde daha az enerji girdisinin olduğunu ve sonuç olarak daha az sera gazı salımı yaptığını tespit etmişlerdir. Aksine, geleneksel (kapalı) sistemdeki yumurta tavukçuluğunda enerjisi yüksek yemler tüketildiğinden dolayı organik yumurta yetiştiriciliğine kıyasla iki katı kadar fazla sera gazı salımı açığa çıktığını gözlemlemişlerdir. Organik tarımda 1 kg yumurta için 0,218853 kg CO₂ salımı gerçekleşirken, geleneksel tarımda bu salımın 0,392569 kg CO₂ olarak gerçekleştiğini gözlemlemişlerdir.

Pelletier ve ark (2014), yapmış oldukları çalışmada, yaşam döngüsü değerlendirmesini kullanarak 1960 yılına kıyasla 2010 yılında Amerika Birleşik Devletleri'ndeki yumurta üretim tedarik zincirlerinin çevresel ayak izini ölçmüştür. Analiz, hem ön plandaki (örneğin tavuk üretim performansı) hem de arka plandaki (örneğin enerji sağlama verimliliği, gübre üretimi, yem girdilerinin üretimi ve nakliye şekilleri) sistem değişkenlerindeki değişiklikleri dikkate almıştır. Üretilen bir kilogram yumurta başına 2010 yılı için çevresel ayak izi, 1960 yılına kıyasla asitleştirici emisyonlarda %65, ötrifikasyon emisyonlarında %71, sera gazı emisyonlarında %71 ve kümülatif enerji talebinde %31 daha düşüktür. Sofralık yumurta üretimi 2010 yılında %30 daha yüksek gözlemlenmiştir; ancak toplam çevresel ayak izi 1960 yılına kıyasla asitleştirici emisyonlarda %54, ötroflaştırıcı emisyonlarda %63, sera gazı emisyonlarında %63 ve kümülatif enerji talebinde %13 daha düşük olduğu sonucuna varılmıştır.

Upton ve ark. (2014), 2014 yılında süt çiftliklerinde; elektrik tüketimi, maliyet ve ilgili sera gazı salımlarını tahmin edebilen mekanik bir model (MECD) geliştirmişlerdir. MECD, Microsoft Excel aracılığıyla, bir süt çiftliğinde; süt soğutma, su ısıtma, süt sağımı, aydınlatma, su pompalama,

yıkama/pompalama ve kışın barınak kullanımı olmak üzere yedi ana altyapı sisteminin matematiksel bir temsili olarak geliştirilmiştir. MECD'in ilk amacı elektrik tüketimini hesaplamak olduğundan; süt-su oranı, su sıcaklıkları, sağım süreleri, süt sağım aralığı, sıcak su sıcaklığı ve su pompası motor boyutları gibi çok sayıda giriş değişkeni gereklidir. Yedi altyapı sistemini temsil eden matematiksel eşitlikler, 12 ay × 24 saatlik bir matris yapısı kullanılarak tasarlanmıştır ve MECD'in sonuçları üç farklı büyüklükteki (küçük-45 inek; orta-88 inek; geniş-195 inek) işletmelerden elde edilen veriler ile doğrulanmıştır. MECD kullanılarak, yıllık elektrik tüketimi % 10 (RPE) oranında daha az olarak tahmin edilmiştir.

Breen ve ark. (2015), bu çalışmada MECD modelini rüzgar türbini ve güneş fotovoltaik modellerini içerecek şekilde uyarlamışlardır. Güneş enerjisi fotovoltaik (PV) modülleri ve rüzgar türbinlerinin bir süt çiftliği için üç teknoloji tarifesi ve üç tarife garantisi kullanarak, dört teknoloji senaryosu (dört farklı süt çiftliği altyapı durumu) üzerinden uygulanabilirliğini değerlendirmişlerdir. Rüzgar türbini ve PV sistemler arasında, bir buz deposu (IB) süt soğutma sistemi olan bir çiftlik, gündüz/gece elektrik tarifesi kullanan ve gece elektrikli su ısıtma programının, dikkate alınan üç tarife garantisi için en uygun senaryo olduğunu belirlemiştir. Buna ek olarak, rüzgar türbinlerine atfedilen ekonomik tasarruflar, tarife garantilerine karşı oldukça hassastır, PV sistem ile ilişkili tasarruflar ise teknoloji senaryosuna (elektrikle su ısıtmaya başlangıç zamanına) bağlı olarak değişir. Fotovoltaik sistem tarafından elektrik üretiminin, doğrudan genişleme (DX) senaryosunun yük profiliyle iyi eşleştiği ve bunun sonucunda şebekeden bağımsız PV bir sistemin sağlayacağı ekonomik tasarrufları olan şebekeye bağlı bir PV sistemin uyum olacağı belirtilmiştir.

Kilic, I. (2016), Bursa bölgesindeki broyler ve yumurtacı tavuk çiftliklerinde enerji kullanımını, enerji verimliliğini ve enerji tüketimini belirlemiştir. Sonuçlar, 29 broyler çiftliği ve 48 yumurtacı çiftliğinde uygulanan mülakata dayalı bir anket kullanılarak toplanmıştır. Bir enerji girdi-çıkı analizi yapılmış ve broyler ve yumurtacı çiftlikler arasındaki enerji tüketimi farklılıklarının önemi bir varyans analizi ile belirlenmiştir. Etlik piliç ve yumurta tavuğu çiftliklerinin enerji tüketimi sırasıyla 438.568 ve 516.848 MJ(1000 piliç)-1 olarak bulunurken, enerji çıktısı etlik piliç çiftlikleri için 250.401 MJ(1000 piliç)-1 ve yumurta tavuğu çiftlikleri için 384.690 MJ(1000 piliç)-1 olarak bulunmuştur. Toplam ortalama enerji girdileri içindeki dolaylı enerji ve yenilenebilir girdileri, incelenen tüm kümes hayvanı çiftlikleri için doğrudan ve yenilenebilir enerji girdilerinden daha yüksektir. Her iki tür kümes hayvanı çiftliği için de enerji girdileri arasında en yüksek paya yemin sahip olduğu tespit edilmiştir. Enerji kullanım verimliliğine ilişkin sonuçlar, broyler çiftliklerinde enerjinin verimli kullanıldığını, yumurta tavuğu çiftliklerinde ise enerji kullanımının verimli olmadığını göstermiştir.

Ghasempour ve ark. (2016), yapmış oldukları çalışmada, İran'ın Alborz eyaletinde yumurta tavuğunun çevresel etkilerinin değerlendirilmesini ele almışlardır. Bu değerlendirme 1000 yumurta tavuğu için 420 gün beslenmesi ve yumurta üretimi üzerine yapılmıştır. Yapmış oldukları çalışmada Ecolnven 2.0 veri tabanından bilgiler alınmış olup, analiz için SimaPro yazılımı kullanılmıştır.

Sonuçlara göre yumurtanın kilogramı başına 30,09 MJ enerji tüketimi gerçekleşmiş olup, sera gazı emisyon değeri ise 4,07 kg CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre girdiler arasında çevreye en olumsuz yükü yem üretimi yapmıştır.

Todde ve Ark. (2017), İtalya'da 285 adet çiftlikten topladıkları deneysel verileri kullanılarak, süt çiftliklerinde yıllık elektrik ve dizel yakıt tüketimini tahmin etmek için süt üretiminde enerjisi tahmin (DEP) modeli (polinom regresyon modelleri) geliştirmişlerdir. hem Elektrik ve dizel yakıt tüketimini tahmin etmek amacıyla polinomial regresyon modeli geliştirmek için; sürü büyüklüğü, sağmal inek sayısı, süt üretimi (kg_{FPCM}) ve arazi alanını (hektar) giriş değişkenleri olarak kullanmışlardır.

Abín ve ark. (2018), yapmış oldukları çalışmada LCA döngüsünü 55.000 yumurta tavuğu bulunan ve yılda yaklaşık 13 milyon yumurta üreten bir İspanyol çiftliği kullanmışlardır. Yumurta üretimine dahil olan ana enerji girdilerini tavuk yemi, su, elektrik, nakliye olarak belirlemişlerdir. Çevreye en çok zarar veren aşamanın tavuk yemi üretiminde açığa çıkan sera gazı salımlarının olduğunu gözlemlemişlerdir. Tavuk yemi üretimine kıyasla çiftlik içindeki su tüketimi ve temizlik için harcanan enerji girdilerinin sera gazı salımlarının daha az olduğunu gözlemişlerdir. Ek olarak bir düzine yumurta başına 2,66 kgCO₂-eşdeğer sera gazı emisyonu salındığını gözlemlemişlerdir. Sera gazı salımlarının azaltılması için tavuk yemindeki enerji girdisinin, tavuk yemi reçetesini değiştirerek daha az enerjili hale getirilmesi önerisinde bulunmuşlardır.

Estrada-Gonzalez (2020), Meksika'da yumurta üretiminin çevresel etkileri çok az rapor edilmektedir. Bu çalışmada, yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) ve değer akışı haritalama (VSM) metodolojilerine dayalı yarı teknik bir çiftlikte yumurta üretimi için eko-verimli bir yaklaşım tasarlamayı amaçlanmıştır. LCA, iklim değişikliği kategorisinin, üretilen yumurta başına 5,58 kg CO₂ eq/kg emisyon ile yumurta üretiminde önemli bir nokta olduğuna işaret etmektedir. Enerji kullanımına odaklanan eko-verimli bir planın uygulanması, toplam enerji tüketiminde %49,5'lik bir azalma ve çevresel etkilerde %56,3'lük bir tasarruf sağlayabildiği belirtilmiştir. Benzer şekilde, bir çevresel ekonomik değerlendirme sistemi kullanılarak, eko-verimli planın dışsallıkların içselleştirilmesi yoluyla daha sürdürülebilir üretime olanak sağladığı tespit edilmiştir. Çevresel-ekonomik açıdan bakıldığında, dışsallıklar, yani başlangıçta üretim maliyetinin bir parçası olarak görülmeyen çevresel zararlar dahil edilmiştir. LCA ve VSM için entegre çerçeve, sürdürülebilir üretkenlik için olası bir yol sağladığı saptanmıştır.

Sasanya ve Olaifa (2022), yapılan çalışmada, ticari olarak yönetilen kümes hayvanlarından günlük sofralık yumurta üretimi için enerji girdisi, çıktısı ve verimliliğini incelemek üzere tasarlanmıştır. Yönetim prosedürlerinin değerlendirilmesi, veri toplama, ekipman gözlemi ve personel görüşmesi için Nijerya'nın Ibadan kentinde ticari olarak işletilen üç kümes ziyaret edilmiştir. Her bir yönetim prosedürü için gereken enerji standart yöntemlerle hesaplanmıştır. Her çiftlikte ortalama 25.000 aktif yumurtacı kanatlı barındırılmış ve günlük ortalama 21.250 adet yumurta üretilmiştir. Bu, ortalama 122.461,12 MJ/gün enerji girdisinden günde 1169 kg yumurta ve

3000 kg dışkı materyali üretimi anlamına geldiği saptanmıştır. En yüksek enerji tüketimi biyolojik enerji olup, bu da günlük kanatlı başına 120 g oranında 3000 kg yem tüketiminden kaynaklandığı belirlenmiştir. Bu, tüketilen toplam enerjinin %83,81'ini oluşturduğu tespit edilmiştir. Bunlar sırasıyla 1,05 enerji tüketim oranı, 0,034 kg/MJ enerji verimliliği, 29,29 MJ/kg spesifik enerji ve 6.569,09 MJ/gün net enerji ile sonuçlanmıştır. Sistemden elde edilen çıktıının büyük kısmını dışkı materyalleri oluşturduğu bulunmuştur. Dışkı materyalinin işlenmiş haliyle yem bileşenlerinin üretiminde kullanılması enerji maliyetlerini azaltacak, çiftçilerin net gelirini artıracak ve ayrıca çevresel açıdan verimli süreçleri teşvik edeceği belirlenmiştir.





3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışmanın Yürütüldüğü Yer

Bu çalışma, 2022-2023 yılları arasında Gül-Tav Yumurta Tavukçuluğu üretim işletmesinde yürütülmüştür. Gül-Tav Yumurta Tavukçuluğu, 2005 yılında, 25 bin kapasiteli, modern teknoloji ile donatılmış üretim çiftliğinde Çukurova Bölgesi'nde işe başlamıştır. Üretim çiftliği Avrupa Birliği Üretim Standartlarına göre tasarlanmıştır. Üretimin bütün aşamaları, modern teknoloji sayesinde üretimin bütün aşamaları elektronik olarak otomatik yapılmaktadır. Yem ve su vermeden yumurta toplama işlemine kadar tüm işlemler insan gücüne gereksinim duyulmadan makineler tarafından yapılmaktadır. İşletmede bulunan tavuklar, Lohmann Sandy ırkı olup krem rengindedir. Üretim çiftliğinin kapasitesi 28000 adet tavuktur.



Şekil 3.1. Gül-Tav Üretim Çiftlik konumu.



Şekil 3.2. Gül-Tav Üretim Çiftliği yem bölümü.

3.1.2. İşletmede Kullanılan Cihazlar

- 8 Adet Gübre Motoru: Motorun gücü 15 kW dır.
- 12 Adet 60'lık Fan: İşletmedeki fanların motor gücü 0,75 kW ile 1400 d/dk devirdir.
- 1 adet su kuyusu dinamosu
- 2 adet evaporasyon pedi motoru
- Yem tesisi dozaj kırıcı mikser ve aktarım helezon ve solosu

Mazotla çalışan cihazlar ve makinalar ise;

- 1 Adet Jeneratör: İşletmedeki jeneratör 150 kW gücünde, 216 Amper ile 231-400 Volt aralığındadır. Elektrik kesildiğinde faaliyet gösterilmektedir.
- 1 Adet Traktör: Motor gücü 63,7 kW ile 1400 rpm tork devirli bahçe tipi traktördür. Gübre dökümü ve bahçe işlerinde kullanılmaktadır.



Şekil 3.3. Gül-Tav Üretim Çiftliğinde Kullanılan Jeneratör.



Şekil 3.4. Gül-Tav Üretim Çiftliğinde Kullanılan Fan ve Isı Sıcaklık Panosu.



Şekil 3.5. Gül-Tav Üretim Çiftliğinde Kullanılan Yem Kumandası.



Şekil 3.6. Gül-Tav Üretim Çiftliğinde Kullanılan Evaporasyon Padi.



Şekil 3.7. Gül-Tav Üretim Çiftliğinde Kullanılan Yem Silosu.



Şekil 3.8. Gül-Tav Üretim Çiftliği kümes içinden bir görünüm



Şekil 3.9. Gül-Tav Üretim Çiftliğinde Kullanılan Traktör.



Şekil 3.10. Gül-Tav Üretim Çiftliğinde Kullanılan Fan.



Şekil 3.11. Gül-Tav Üretim Çiftliğinde Kullanılan Gübre Motoru.

3.2. Metod

3.2.1. Yumurta Üretiminde Enerji Tüketiminin Belirlenmesi

Yumurta üretim işlemleri sırasında kullanılan traktör ve elektrik motorları tarafından tüketilen yakıt ve elektrik miktarları doğrudan enerji girdisi olarak dikkate alınmıştır.

$$ET_{dğ} = ET_{Dizel} + ET_{Elektrik} \dots\dots\dots(3.1)$$

Burada;

$ET_{dğ}$ = Doğrudan enerji tüketimi (MJ),

ET_{Dizel} = Yumurta için yakıt enerjisi tüketimi (MJ) ve

$ET_{Elektrik}$ = Yumurta için elektrik enerjisi tüketimidir (MJ).

Tüketilen yakıt enerjisi miktarı, yumurta üretim işlemleri sırasında traktör ve su pompası motoru tarafından tüketilen dizel yakıt miktarı ve yakıtın ısıl değerine bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$ET_{Dizel} = \frac{(M_{Dizel} \times LHV_{Dizel})}{YK} \dots\dots\dots(3.2)$$

Burada;

ET_{Dizel} = Yumurta için Dizel yakıt enerjisi tüketimi (MJ/kg_{yum}),

M_{Dizel} = Yumurta üretimi için Dizel yakıt tüketimi (kg),

LHV_{Dizel} = Dizel yakıtının alt ısıl değeri (MJ/kg) ve

YK = Yumurta üretim kütesidir (kg).

Yumurta üretim işlemleri sırasında traktör ve su pompası motoru tarafından tüketilen dizel yakıtının alt ısıl değeri $LHV = 44,56$ MJ/kg ($LHV=37,1$ MJ/L / $0,8325$ kg/L) olarak dikkate alınmıştır (IPCC, 1996).

Yumurta üretiminde elektrik enerjisi tüketimi, üretim işlemleri sırasında kullanılan elektrik motorlarının elektrik tüketimi değerleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Bu durumda, birim üretilen yumurta (1 kg) miktarı için elektrik enerjisi tüketimi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$ET_{Elektrik} = \frac{(M_{Elektrik} \times 3,6)}{YK} \dots\dots\dots(3.3)$$

Burada;

$ET_{Elektrik}$ = Yumurta için elektrik tüketimi (MJ/kg_{yum}),

$M_{Elektrik}$ = Yumurta için tüketilen elektrik miktarı (kWh),

$3,6 = 1$ kWh = $3,6$ MJ ve

YK = Yumurta üretim kütesidir (kg).

Yumurta üretimine ilişkin enerji kullanım etkinliği, yumurta üretiminde doğrudan (dizel+elektrik) enerji tüketimi ve üretim sonucunda elde edilen yumurta kütesi (kg) esas alınarak aşağıdaki gibi tanımlanmıştır. Birim üretim değerine (1 kg yumurta) karşılık tüketilen enerji miktarına karşılık gelen enerji etkinliği aşağıdaki eşitlik ile belirlenmiştir.

$$EE = \frac{ET_{dğ}}{YK} = \dots\dots\dots(3.4)$$

Burada;

EE = Yumurta üretiminde enerji etkinliği (MJ/kg_{yum}),

$ET_{dğ}$ = Yumurta üretimi için doğrudan enerji (elektrik+dizel) tüketimi (kWh) ve

YK = Yumurta üretim kütesidir (kg).

3.2.2. Yumurta Üretiminde Sera Gazı Salımlarının Belirlenmesi

Yumurta üretiminde sera gazı (GHG) salımları, yumurta işlemlerinde tüketilen elektrik, dizel yakıt ve su miktarları dikkate alınarak aşağıdaki bölümlerde belirtildiği gibi hesaplanmıştır. Diğer bir deyişle, yumurta üretiminde sadece doğrudan enerji (elektrik+dizel) ve su tüketimine ilişkin karbondioksit eşdeğeri (CO_{2-eş}) salımlar hesaplanmıştır.

Yumurta üretiminde toplam sera gazı (GHG) salımları, üretim işlemlerinde tüketilen elektrik ve dizel yakıt enerjisi miktarları dikkate alınarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$GHG_{Enerji-CO_2-eş} = GHG_{Elektrik-CO_2-eş} + GHG_{Dizel-CO_2-eş} \dots \dots \dots (3.5)$$

Burada;

- $GHG_{Enerji-CO_2-eş}$ = Yumurta üretiminde doğrudan (elektrik+dizel) enerji tüketimine ilişkin CO_{2-eş} salımlar (kgCO_{2-eş}),
- $GHG_{Elektrik-CO_2-eş}$ = Yumurta üretiminde elektrik tüketimi sonucunda gerçekleşen CO_{2-eş} salımlar (kgCO_{2-eş}),
- $GHG_{Dizel-CO_2-eş}$ = Yumurta üretiminde dizel yakıt tüketimi sonucunda gerçekleşen CO_{2-eş} salımlardır (kgCO_{2-eş}).

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hesaplanan Türkiye Elektrik Üretimi ve Elektrik Tüketim Noktası Emisyon Faktörleri, birim net elektrik üretimi ve birim elektrik tüketimi başına salınan GHG salımlarının miktarlarını temsil etmektedir. Söz konusu faktörler elektrik özelinde; karbon ayak izi hesaplamaları ve enerji verimliliğine yönelik iyileştirmelerle sağlanan GHG azaltım miktarlarının hesaplanması gibi çeşitli alanlarda kullanılabilir. Hesaplamalara göre, Türkiye genelinde 1 birim (MWh) net elektrik üretimi başına ortalama 0,440 ton CO_{2-eş} GHG salınmaktadır. Türkiye geneli elektrik üretiminin yanı sıra elektrik santralleri için yakıtlara göre hesaplanan elektrik üretiminde gerçekleşen GHG salımları için salım faktörleri kullanılan yakıt türüne göre farklılık göstermektedir. Örneğin, yakıt türü doğalgaz olan bir elektrik üretim santralinde MWh net elektrik üretimi başına 0,376 ton CO_{2-eş} GHG salınmaktadır. Son olarak, elektrik tüketim noktası GHG salım faktörleri bağlantı noktasına göre değişiklik göstermekle birlikte, iletim hattından bağlı tüketim noktası için birim elektrik tüketimi başına 0,447 ton CO_{2-eş}d, dağıtım hattından bağlı tüketim noktası için birim elektrik tüketimi başına 0,484 ton CO_{2-eş} GHG salımı gerçekleşmektedir (ETKB, 2023).

Yumurta üretiminde elektrik tüketimine ilişkin karbondioksit eşdeğeri (CO_{2-eş}) emisyonlar aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$GHG_{Elektrik-CO_2-eş} = ET_{Elektrik} \times SF_{Elektrik} \dots \dots \dots (3.6)$$

Burada;

$GHG_{Elektrik-CO_2-esh}$ = Birim yumurta miktarı (1 kg) başına karbondioksit eşdeğeri (CO_2-esh) salım miktarı ($kgCO_2-esh/kg$),

$ET_{Elektrik}$ = Birim yumurta miktarı (kg) başına tüketilen elektriğin enerji değeri (MJ/kg) ve

$SF_{Elektrik}$ = Birim elektrik enerjisi (MJ) tüketimi başına CO_2-esh salım faktörüdür (0,1222 $kgCO_2-esh/MJ$).

3.2.3. Dizel Yakıt Tüketimine İlişkin Salımlar

Yumurta üretiminde dizel yakıt tüketimine ilişkin karbondioksit (CO_2) salımları aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. Dizel yakıt tüketimine ilişkin alt ısı değer (LHV) ve CO_2 salım faktörü (SF_{Dizel}) olarak sırasıyla, *Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli*'nde bildirilen, 37,1 MJ/L ve 0,07401 $kg CO_2/MJ$ değerleri kullanılmıştır.

$$GHG_{Dizel-CO_2} = (ET_{Dizel} \times SF_{Dizel-CO_2}) \dots\dots\dots(3.7)$$

Burada;

$GHG_{Dizel-CO_2}$ = Birim yumurta miktarı (kg) başına karbondioksit (CO_2) salım miktarı ($kgCO_2/kg_{yum}$),

ET_{Dizel} = Birim yumurta miktarı (kg) başına tüketilen dizel yakıtının enerji değeri (MJ/ kg_{yum}) ve

$SF_{Dizel-CO_2}$ = Birim dizel yakıt enerjisi (MJ) tüketimi başına CO_2 salım faktörüdür (0,07401 $kg CO_2/MJ$).

Yumurta üretiminde metan (CH_4) salımları ($CH_{4-Dizel}$) tüketilen dizel yakıt miktarı ile Çizelge 3.2'de verilen enerji içeriği (LHV) ve salım faktörleri dikkate alınarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$GHG_{Dizel-CH_4} = (ET_{Dizel} \times SF_{Dizel-CH_4}) \dots\dots\dots(3.8)$$

Burada;

$GHG_{Dizel-CH_4}$ = Birim yumurta miktarı (kg) başına metan (CH_4) salım miktarı ($kgCH_4/kg_{yum}$),

ET_{Dizel} = Birim yumurta miktarı (kg) başına tüketilen dizel yakıtının enerji değeri (MJ/kg_{yum}) ve

$SF_{Dizel-CH_4}$ = Birim dizel yakıt enerjisi (MJ) tüketimi başına CH₄ salım faktörüdür (0,0000039 kgCH₄/MJ).

Çizelge 3.1. Yakıtların Metan ve Nitröz Oksit Salım Faktörleri (IPCC, 2006)

Yakıt Türü	Metan (CH ₄) Salım Faktörü (kg/TJ)	Nitröz Oksit (N ₂ O) Salım Faktörü (kg/TJ)	Salım
Benzin	33	3,2	
Motorin	3,9	3,9	
LPG	62	0,2	

Yumurta üretiminde nitröz oksit (N₂O) salımları tüketilen dizel yakıt miktarı ile Çizelge 3.2’de verilen enerji içeriği (LHV) ve salım faktörleri dikkate alınarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$GHG_{Dizel-N_2O} = (ET_{Dizel} \times SF_{Dizel-N_2O}) \dots \dots \dots (3.9)$$

Burada;

$GHG_{Dizel-N_2O}$ = Birim yumurta miktarı (kg) başına nitröz oksit (N₂O) salım miktarı (kgN₂O/kg_{yum}),

ET_{Dizel} = Birim yumurta miktarı (kg) başına tüketilen dizel yakıtının enerji değeri (MJ/kg_{yum}) ve

$SF_{Dizel-N_2O}$ = Birim dizel yakıt enerjisi (MJ) tüketimi başına N₂O salım faktörüdür (0,0000039 kgN₂O/MJ).

Yumurta üretiminde dizel yakıt tüketimi sonucunda gerçekleşen toplam CO₂-eş salımlar, CO₂, CH₄ ve N₂O salım miktarları ile bu salımlara ilişkin Çizelge 3.3’de verilen 100 yıllık süre için küresel ısınma potansiyelleri (GWP) çarpılarak aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$GHG_{Dizel-CO_2-eş} = (GHG_{Dizel-CO_2} \times 1) + (GHG_{Dizel-CH_4} \times 28) + (GHG_{Dizel-N_2O} \times 265) \dots \dots \dots (3.10)$$

Burada;

$GHG_{Dizel-CO_2-eş}$ = Yumurta üretiminde dizel yakıt tüketimi sonucunda gerçekleşen CO₂-eş salımlardır (kgCO₂-eş).

$GHG_{Dizel-CH_4}$ = Birim yumurta miktarı (kg) başına metan (CH₄) salım miktarı (kgCH₄/kg_{yum}) ve

$GHG_{Dizel-N_2O}$ = Birim yumurta miktarı (kg) başına nitroz oksit (N₂O) salım miktarıdır (kgN₂O/kg_{yum}).

Çizelge 3.2. Çeşitli Sera Gazları İçin Farklı Zaman Ölçütlerindeki CO₂'e Göre Atmosferik Ömür Ve GWP Değerleri (IPCC, 2021.)

Sera Gazları	Ömrü (yıl)	Belirli Bir Zaman Süresi İçin Küresel Isınma Potansiyeli (GWP)		
		20 yıl	100 yıl	500 yıl
Karbondiyoksit (CO ₂)		1	1	1
Metan (CH ₄)	12	84	28	7,6
Nitroz Oksit (N ₂ O)	121	264	265	153

3.2.4. Su Tüketimine İlişkin Karbondiyoksit Eşdeğeri Salımlar

Yumurta üretiminde su tüketimi sonucunda gerçekleşen toplam CO₂-eş salımlar, aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$GHG_{Su-CO_2-eş} = (ST \times SF_{Su-CO_2-eş}) \dots \dots \dots (3.11)$$

Burada;

$GHG_{Su-CO_2-eş}$ = Birim yumurta miktarı (kg) başına su tüketimine ilişkin CO₂-eş salım miktarı (kgCO₂-eş/kg_{yum}),

ST = Birim yumurta miktarı (kg) başına tüketilen su miktarı (m³/kg_{yum}) ve

$SF_{Su-CO_2-eş}$ = Birim (L) su tüketimi başına CO₂-eş salım faktörüdür (0,344 kgCO₂-eş/m³) (DEFRA, 2022).

Yumurta üretimine ilişkin çevresel sürdürülebilirlik etkinliği, enerji ve su tüketimine ilişkin karbon ayak izi (CFP) olarak değerlendirilmiştir.

Enerji tüketimine ilişkin karbon ayak izi, yumurta üretiminde doğrudan (dizel+elektrik) enerji tüketimine ilişkin toplam CO₂-eş salımı ($GHG_{Enerji-CO_2-eş}$) ve üretim sonucunda elde edilen yumurta miktarı (kg) esas alınarak aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$CFP_{Enerji} = \frac{GHG_{Enerji-CO_2-eş}}{YK} \dots \dots \dots (3.12)$$

Burada;

$$\begin{aligned} CFP_{Enerji} &= \text{Yumurta üretiminde doğrudan enerji (elektrik+dizel) tüketimine ilişkin} \\ &\text{karbon ayak izi (kgCO}_2\text{-eş/kg),} \\ GH_{Enerji-CO_2\text{-eş}} &= \text{Yumurta üretiminde doğrudan (elektrik+dizel) enerji tüketimine ilişkin} \\ &\text{CO}_2\text{-eş salımlar (kgCO}_2\text{-eş) ve} \\ YK &= \text{Yumurta üretim kütesidir (kg).} \end{aligned}$$

Su tüketimine ilişkin karbon ayak izi, yumurta üretiminde su tüketimine ilişkin toplam CO₂-eş salımı ($GHG_{Su-CO_2\text{-eş}}$) ve üretim sonucunda elde edilen yumurta miktarı (kg) esas alınarak aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$CFP_{Su} = \frac{GHG_{Su-CO_2\text{-eş}}}{YK} \dots\dots\dots(3.13)$$

Burada;

$$\begin{aligned} CFP_{Su} &= \text{Yumurta üretiminde su tüketimine ilişkin karbon ayak izi (kgCO}_2\text{-eş/kg),} \\ GHG_{Su-CO_2\text{-eş}} &= \text{Yumurta üretiminde su tüketimine ilişkin CO}_2\text{-eş salımlar (kgCO}_2\text{-eş) ve} \\ YK &= \text{Yumurta üretim kütesidir (kg).} \end{aligned}$$

Yumurta üretiminde enerji ve su tüketimine ilişkin karbon ayak izi ($CFP_{Enerji+Su}$), yumurta üretiminde enerji ve su tüketimine ilişkin toplam CO₂-eş salımları ($GHG_{Enerji-CO_2\text{-eş}} + GHG_{Su-CO_2\text{-eş}}$) ve üretim sonucunda elde edilen yumurta miktarı (kg) esas alınarak aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$CFP_{Enerji+Su} = \frac{(GHG_{Enerji-CO_2\text{-eş}} + GHG_{Su-CO_2\text{-eş}})}{YK} \dots\dots\dots(3.14)$$

Burada;

$$\begin{aligned} CFP_{Enerji+Su} &= \text{Yumurta üretiminde doğrudan enerji (elektrik+dizel) enerji ve su tüketimine} \\ &\text{ilişkin karbon ayak izi (kgCO}_2\text{-eş/kg),} \\ GH_{Enerji-CO_2\text{-eş}} &= \text{Yumurta üretiminde doğrudan (elektrik+dizel) enerji tüketimine ilişkin CO}_2\text{-eş} \\ &\text{salımlar (kgCO}_2\text{-eş),} \\ GHG_{Su-CO_2\text{-eş}} &= \text{Yumurta üretiminde su tüketimine ilişkin CO}_2\text{-eş salımlar (kgCO}_2\text{-eş) ve} \\ YK &= \text{Yumurta üretim kütesidir (kg).} \end{aligned}$$

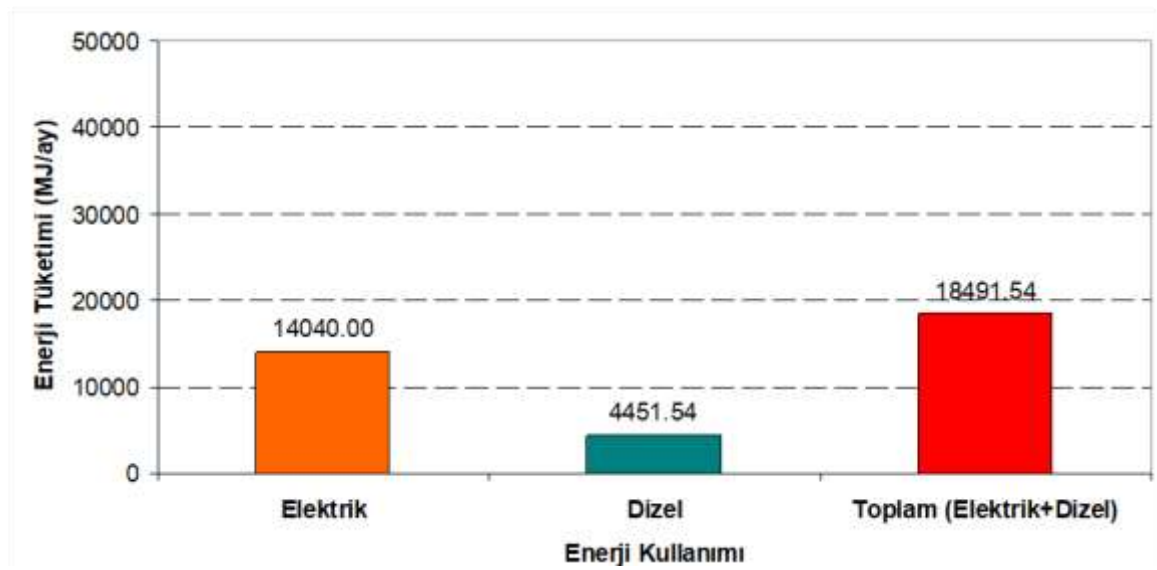


4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Yumurta Üretiminde Enerji Tüketimi

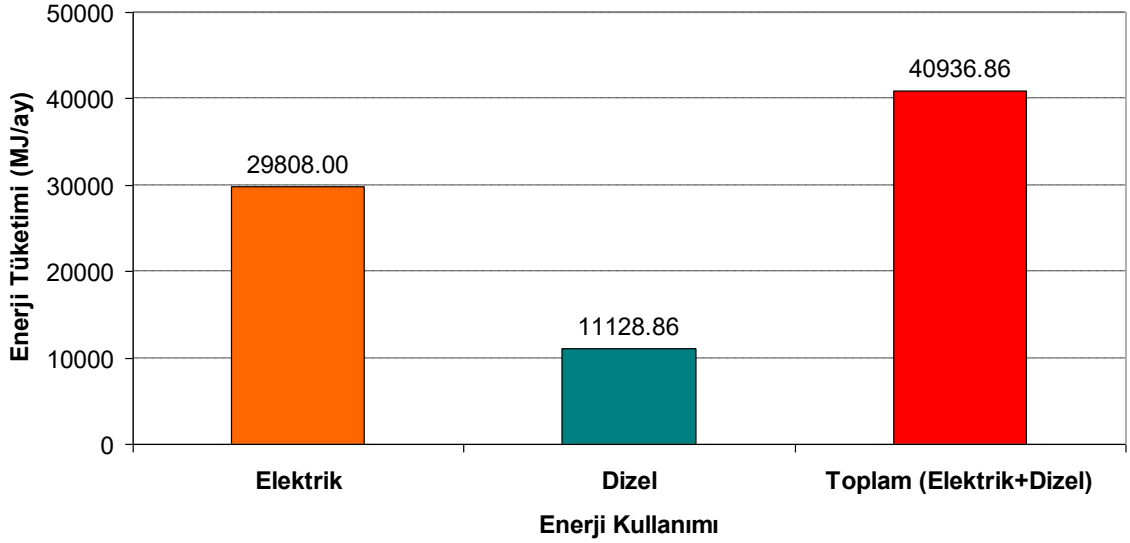
Yumurta üretiminde enerji (elektrik+dizel) tüketimi, kış ve yaz koşullarına karşılık gelecek şekilde, Ocak 2023 ve Temmuz 2023 aylarındaki elektrik ve dizel yakıt tüketimi değerleri dikkate alınarak değerlendirmeler yapılmıştır.

Ocak ayındaki elektrik enerjisi tüketimi aylık 3900 kWh, dizel yakıt tüketimi ise 120 litre olarak gerçekleşmiştir. Elektrik ve Dizel yakıt tüketimlerinin enerji karşılıkları dikkate alındığında, Ocak ayında 14040 MJ elektrik ve 4451,54 MJ dizel olmak üzere toplam 18491,54 MJ enerji tüketilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Yumurta üretimi için Ocak ayında enerji tüketimi değerleri

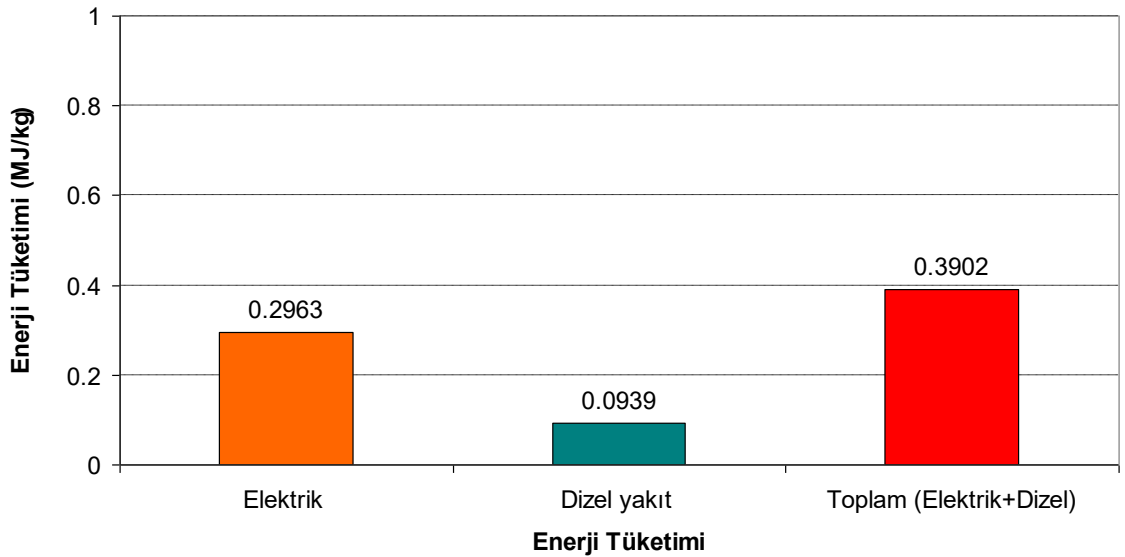
Temmuz ayında elektrik enerjisi tüketimi 8280 kWh, dizel yakıt tüketimi ise 300 litre olarak gerçekleşmiştir. Elektrik ve Dizel yakıt tüketimlerinin enerji karşılıkları dikkate alındığında, Temmuz ayında 29808 MJ elektrik ve 11128,86 MJ dizel olmak üzere toplam 40936,86 MJ enerji tüketilmiştir (Şekil 4.2). Yaz koşullarında kümeslerin serinletme gereksinimleri nedeniyle, kış koşullarına (Ocak ayına) kıyasla 2 kattan daha fazla elektrik ve dizel yakıt tüketilmiştir.



Şekil 4.2. Yumurta üretimi için Temmuz ayında enerji tüketimi değerleri

4.2. Birim (kg) Yumurta Üretimi İçin Enerji Tüketimi

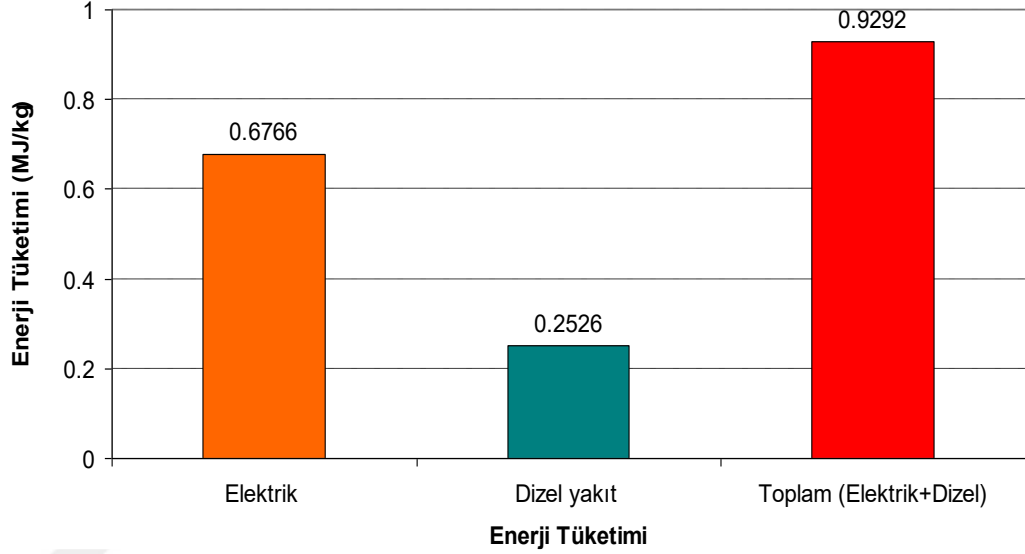
İşletmede Ocak ayında 27 786 adet tavuk toplam 817 110 adet yumurta yumurtlamıştır. Ocak ayında bir adet yumurtanın kütlesi 58 gramdır. İşletmede Ocak 1 kg yumurta üretimi için enerji tüketimi değerleri Şekil 4.3’de verilmiştir. İşletmede 1 kg yumurta üretimi için toplam 0,39 MJ doğrudan (elektrik+dizel) enerji tüketilmektedir. Birim (1 kg) yumurta üretimi için elektrik tüketimine ilişkin enerji tüketimi 0,2963 MJ düzeyinde iken, dizel yakıt tüketimine ilişkin enerji tüketimi 0,0939 MJ düzeyindedir. Ocak ayında 1 kg yumurta üretimi için toplam enerji tüketiminin %75,92’sini elektrik tüketimi oluştururken, %24,08’sini dizel yakıt tüketimi oluşturmaktadır.



Şekil 4.3. Ocak ayında 1 kg yumurta üretimi için enerji tüketimi değerleri

İşletmede Temmuz ayında 27 035 adet tavuk toplam 699 330 adet yumurta yumurtlamıştır. Temmuz ayında bir adet yumurtanın kütlesi 63 gramdır. İşletmede Temmuz 1 kg yumurta üretimi

için enerji tüketimi değerleri Şekil 4.4’de verilmiştir. İşletmede Temmuz ayında 1 kg yumurta üretimi için toplam 0,9292 MJ doğrudan (elektrik+dizel) enerji tüketilmektedir. Birim (1 kg) yumurta üretimi için elektrik tüketimine ilişkin enerji tüketimi 0,6766 MJ düzeyinde iken, dizel yakıt tüketimine ilişkin enerji tüketimi 0,2526 MJ düzeyindedir. Temmuz ayında 1 kg yumurta üretimi için toplam enerji tüketiminin %72,81’sini elektrik tüketimi oluştururken, %27,19’unu dizel yakıt tüketimi oluşturmaktadır.

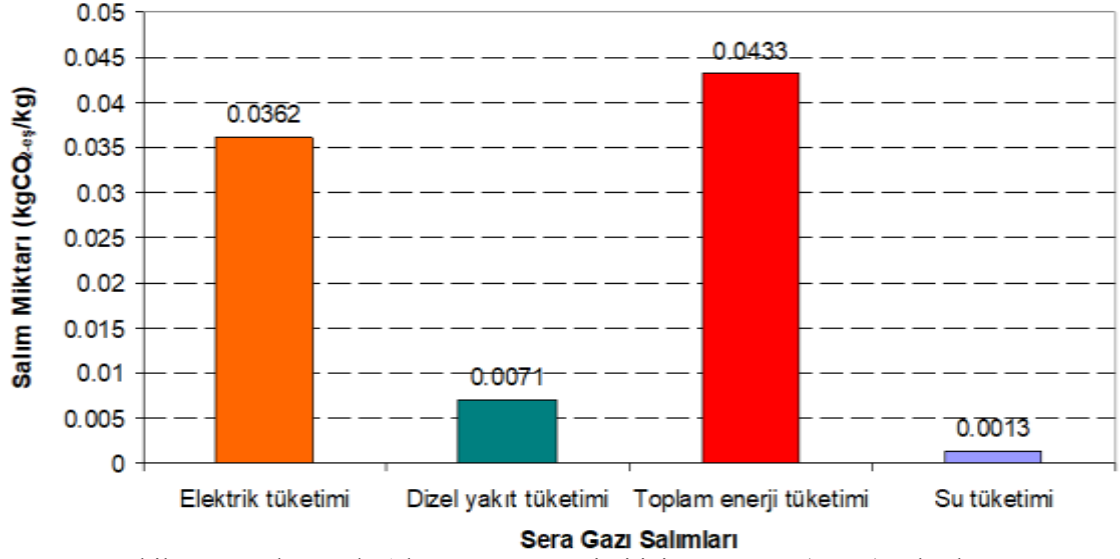


Şekil 4.4. Temmuz ayında 1 kg yumurta üretimi için enerji tüketimi değerleri

4.3. Yumurta Üretiminde Sera Gazı Salımları

Yumurta üretiminde sera gazı (GHG) salımları, enerji tüketimi değerlendirmelerinde olduğu gibi, kış ve yaz koşullarına karşılık gelecek şekilde, Ocak 2023 ve Temmuz 2023 aylarındaki elektrik ve dizel tüketimi ile su tüketimi değerleri dikkate alınarak değerlendirmeler yapılmıştır.

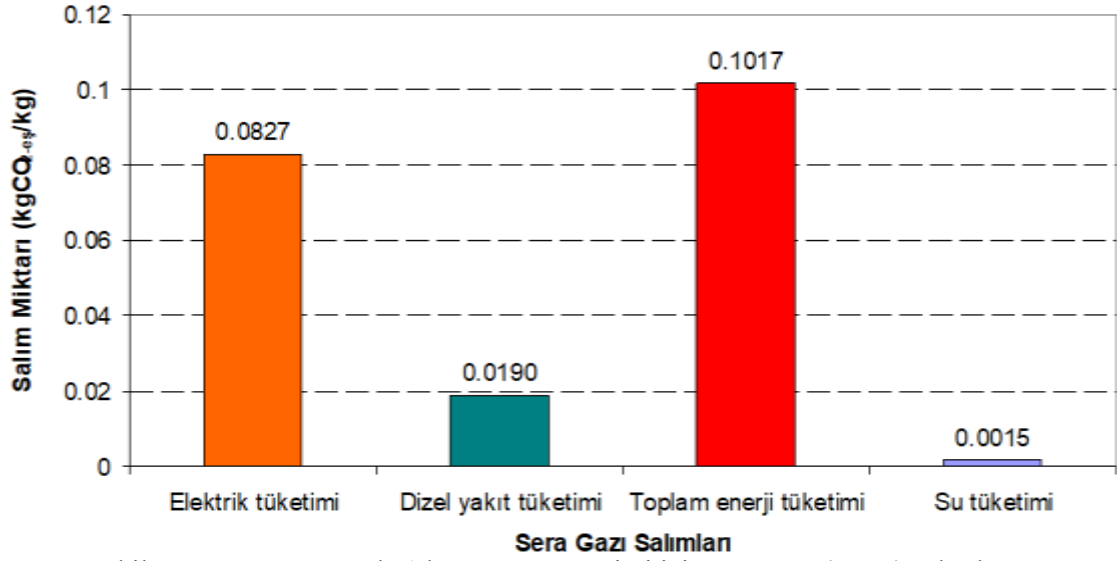
İşletmede Ocak ayında 1 kg yumurta üretimi için sera gazı (GHG) salımları Şekil 4.5’de verilmiştir. Ocak ayında 1 kg yumurta üretimi için doğrudan (elektrik+dizel) enerji tüketimi sonucunda toplam 0,0433 kgCO₂-eş GHG salımı gerçekleşmektedir. Diğer bir deyişle, Ocak ayında yumurta tavukçuluğu işletmesinin doğrudan enerji tüketimine ilişkin karbon ayak izi 0,0433 kgCO₂-eş/kg düzeyindedir. Birim (1 kg) yumurta üretimi için elektrik tüketimine ilişkin GHG salımı 0,0362 kgCO₂-eş düzeyinde iken, dizel yakıt tüketimine ilişkin GHG salımı 0,0071 kgCO₂-eş düzeyindedir. 1 kg yumurta üretimi için toplam GHG salımlarının %83,68’sini elektrik tüketimi, %16,32’sini ise dizel yakıt tüketimi oluşturmaktadır.



Şekil 4.5. Ocak ayında 1 kg yumurta üretimi için sera gazı (GHG) salımları

İşletmede Ocak ayında toplam 180 m³ su tüketilmektedir. 1 kg yumurta üretimi için su tüketimi sonucunda 0,0013 kgCO_{2-e} GHG salımı gerçekleşmektedir. Diğer bir deyişle, yumurta tavukçuluğu işletmesinin Ocak ayında su tüketimine ilişkin karbon ayak izi 0,0013 kgCO_{2-e}/kg düzeyindedir. 1 kg yumurta üretimi için doğrudan enerji (elektrik+dizel) ve su tüketimi sonucunda 0,0445 kgCO_{2-e} GHG salınmaktadır.

İşletmede Temmuz ayında 1 kg yumurta üretimi için sera gazı (GHG) salımları Şekil 4.6'da verilmiştir. Temmuz ayında 1 kg yumurta üretimi için doğrudan (elektrik+dizel) enerji tüketimi sonucunda toplam 0,1017 kgCO_{2-e} GHG salımı gerçekleşmektedir. Diğer bir deyişle, Temmuz ayında yumurta tavukçuluğu işletmesinin doğrudan enerji tüketimine ilişkin karbon ayak izi 0,1017 kgCO_{2-e}/kg düzeyindedir. Birim (1 kg) yumurta üretimi için elektrik tüketimine ilişkin GHG salımı 0,0827 kgCO_{2-e} düzeyinde iken, dizel yakıt tüketimine ilişkin GHG salımı 0,0190 kgCO_{2-e} düzeyindedir. 1 kg yumurta üretimi için toplam GHG salımlarının %81,33'ünü elektrik tüketimi, %18,67'sini ise dizel yakıt tüketimi oluşturmaktadır.



Şekil 4.6. Temmuz ayında 1 kg yumurta üretimi için sera gazı (GHG) salımları

İşletmede Ocak ayında toplam 190 m³ su tüketilmektedir. 1 kg yumurta üretimi için su tüketimi sonucunda 0,0015 kgCO_{2-eş} GHG salımı gerçekleşmektedir. Diğer bir deyişle, yumurta tavukçuluğu işletmesinin Temmuz ayında su tüketimine ilişkin karbon ayak izi 0,0015 kgCO_{2-eş}/kg düzeyindedir. Temmuz ayında 1 kg yumurta üretimi için doğrudan enerji (elektrik+dizel) ve su tüketimi sonucunda 0,1031 kgCO_{2-eş} GHG salınmaktadır.

Çizelge 4.1. Yumurta üretiminde farklı çalışmalarda sera gazı üretimi

Çalışmalar	kgCO _{2-eş} /kg
Lesschen ve ark. (2011)	1,7
Taylor ve ark. (2014)	1,6
Moudrý ve ark. (2014)	0,4
Ghasempour ve ark. (2016)	4,07
Abín ve ark. (2018)	2,66
Gültav İşletmesine ait değer	0,0445

İşletme üretilen birim (1 kg) yumurta başına 0,0445 kgCO_{2-eş} GHG salınmaktadır. Yukarıdaki çalışmalarda ortalama olarak sera gazı üretimlerinin %85'ini yem üretimi aşamalarında salınmaktadır. Ortalama %15'lik kısım ise doğrudan enerji kullanımında salınmaktadır. Açıklanmak gerekirse diğer çalışmalara kıyasla, doğrudan enerji kullanımıyla açığa çıkan sera salınımı diğer çalışmalara kıyasla 5 kat daha az olmuştur (Çizelge 4.1). Başlıca sebepler olarak üretim yerinin içinde bulunduğu iklim koşullarının araştırmaların yapıldığı coğrafi koşullara göre yumurta üretimi için daha elverişli olduğuyla ilgili olabilir.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu araştırmada, Adana ilinde yumurta tavukçuluğu yapılan bir işletmede doğrudan enerji (elektrik+dizel) tüketimi ve su tüketimine ilişkin sera gazı (GHG) salımları belirlenmiştir. Enerji tüketimi ve GHG salımları kış ve yaz koşullarını karakterize edecek şekilde Ocak ve Temmuz aylarındaki elektrik ve dizel yakıt ile su tüketimi değerleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

İşletmede Ocak ayında 14040 MJ elektrik ve 4451,54 MJ dizel olmak üzere toplam 18491,54 MJ enerji tüketilmiştir. Temmuz ayında 29808 MJ elektrik ve 11128,86 MJ dizel olmak üzere toplam 40936,86 MJ enerji tüketilmiştir. Yaz koşullarında kümeslerin serinletme gereksinimleri nedeniyle, kış koşullarına (Ocak ayına) kıyasla 2 kattan daha fazla elektrik ve dizel yakıt tüketilmiştir.

İşletmede 1 kg yumurta üretimi için Ocak ve Temmuz aylarında sırasıyla, toplam 0,39 MJ ve 0,9292 MJ enerji tüketilmektedir. Ocak ayında 1 kg yumurta üretimi için toplam enerjinin %75,92'sini elektrik tüketimi oluştururken, %24,08'sini dizel yakıt tüketimi oluşturmaktadır. Temmuz ayında 1 kg yumurta üretimi için toplam enerjinin %72,81'sini elektrik tüketimi oluştururken, %27,19'unu dizel yakıt tüketimi oluşturmaktadır.

Yumurta tavukçuluğu işletmesinin doğrudan enerji tüketimine ilişkin karbon ayak izi 1 kg yumurta üretimi için Ocak ve Temmuz aylarında sırasıyla, 0,0433 kgCO_{2-eş}/kg ve 0,1017 kgCO_{2-eş}/kg olarak belirlenmiştir. Yumurta tavukçuluğu işletmesinin su tüketimine ilişkin karbon ayak izi Ocak ve Temmuz aylarında sırasıyla, 0,0013 kgCO_{2-eş}/kg ve 0,0015 kgCO_{2-eş}/kg olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre aşağıdaki önerilerde bulunulabilir:

Hayvansal üretiminde enerji kullanımı, aşağıda belirtilen enerji tüketimini etkileyen üretim girdilerinin verimliliği artırılarak azaltılabilir (Çizelge 5.1):

- Su kullanımı ve temizliği
- Isı yalıtımı
- Havalandırma
- Barınaklarda amonyak konsantrasyonunun azaltılması
- Isı geri kazanımı
- Enerji kullanımının optimize edilmesi

Çizelge 5.1. Canlı Hayvan Yetiştiriciliğinde Doğrudan Enerji Girdilerinin Azaltılması İçin Başlıca Enerji Verimliliği Önlemleri

Üretim Faktörü	Doğrudan Enerji Tüketimini Azaltmak İçin Önlemler
Enerji kullanımı	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Temizlik için suyu verimli kullanmak ➤ Pompalama sistemi ➤ Isıtma sistemi ➤ Düşük enerji tüketimi ile aydınlatma ➤ Üretim sürecinin optimizasyonu ➤ Isı geri kazanımı ➤ Çiftlik artıklarından enerji üretimi
Dizel yakıt kullanımı	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Taşıma ve ulaştırma işlemlerinde kullanılan traktörleri uygun güçlerde seçerek dizel yakıt kullanımını azaltmak ➤ Alet/makinaları üretim işlemlerinde rasyonel kullanarak dizel yakıt kullanımını azaltmak
Hayvan Barınakları/Binalar	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Verimli ısı yalıtımı ➤ Havalandırma ➤ Fanlar ➤ Aydınlatma sistemi ➤ Amonyak azalması ➤ Gübrenin kurutulması için geri kazanım enerjisi kullanımı ➤ Eşanjör kullanımı ➤ İç ortam ikliminin kontrolü
Diğerleri	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mekansal planlama ➤ Enerji (biyogaz/biyometan) üretimi için hayvan atıklarının kullanımı

Hayvansal üretimde, traktörlerin ve diğer alet/makinaların gücünü üretim uygulamaları için uygun olarak belirleyerek, dizel yakıt kullanımını azaltmak da önemlidir.

KAYNAKLAR

- Abín, R., Laca, A., Laca, A., & Díaz, M. (2018). Environmental assesment of intensive egg production: A Spanish case study. *Journal of Cleaner Production*, 179, 160-168.
- Anonim, 2023a. <https://www.tarimorman.gov.tr/HAYGEM>. Erişim Tarihi:10.07.2023.
- Anonim, 2023b. FAOSTAT. 2023. <https://www.fao.org/faostat/en/#data> [Son Erişim Tarihi: 01.12.2023].
- Breen, M.; Murphy, M.; Upton, J. Development and validation of photovoltaic and wind turbine models to assess the impacts of renewable generation on dairy farm electricity consumption. In 2015 ASABE Annual International Meeting; American Society of Agricultural and Biological Engineers: New Orleans, LA, USA, 2015; pp. 1–11.
- Bozkurt, Z. (2009). Kafes ve alternatif sistemlerde yumurtacı tavukların refahı. *Kocatepe Veterinary Journal*, 2(1), 59-67.
- Brogger Rasmussen, J.; Pedersen, J. Electricity and Water Consumption at Milking; Danish Agricultural Advisory Service: Aarhus, Denmark, 2004.
- DEFRA (2022). Greenhouse gas reporting: conversion factors 2022, Department for Food, Environment and Rural Affairs (Defra), <https://www.gov.uk/government/organisations/department-for-environment-food-rural-affairs>.
- Estrada-Gonzalez, I. E., Taboada-González, P. A., Guerrero-Garcia-Rojas, H., & Marquez-Benavides, L. (2020). Decreasing the environmental impact in an egg-producing farm through the application of LCA and lean tools. *Applied Sciences*, 10(4), 1352.
- Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023. <https://enerji.gov.tr/evced-cevre-ve-iklim-elektrik-uretim-tuketim-emisyon-faktorleri> [Son erişim tarihi: 26.10.2023]
- Forster, P., T. Storelvmo, K. Armour, W. Collins, J.-L. Dufresne, D. Frame, D.J. Lunt, T. Mauritsen, M.D. Palmer, M. Watanabe, M. Wild, and H. Zhang, 2021: The Earth's Energy Budget, Climate Feedbacks, and Climate Sensitivity. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 923–1054, doi: 10.1017/9781009157896.009.
- Ghasempour, A., & Ahmadi, E. (2016). Assessment of environment impacts of egg production chain using life cycle assessment. *Journal of environmental Management*, 183, 980-987.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) “Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 2 Energy”, Japonya, 2006.

- Kilic, I. (2016). Analysis of the energy efficiency of poultry houses in the Bursa region of Turkey. *Journal of Applied Animal Research*, 44(1), 165-172.
- Lesschen, J. P., van den Berg, M., Westhoek, H. J., Witzke, H. P., & Oenema, O. (2011). Greenhouse gas emission profiles of European livestock sectors. *Animal Feed Science and Technology*, 166, 16-28.
- Murgia, L.; Todde, G.; Caria, M.; Pazzona, A. A partial life cycle assessment approach to evaluate the energy intensity and related greenhouse gas emission in dairy farms. *J. Agric. Eng.* 2013, 44, 186–190.
- Moudrý, J., Jelínková, Z., Kopecký, M., Bernas, J., Konvalina, P., & Kalkuš, V. (2014). Emissions of greenhouse gases from the egg production within the conventional and organic farming system.
- Pelletier, N., Ibarburu, M., & Xin, H. (2013). A carbon footprint analysis of egg production and processing supply chains in the Midwestern United States. *Journal of Cleaner Production*, 54, 108-114.
- Pelletier, N., Ibarburu, M., & Xin, H. (2014). Comparison of the environmental footprint of the egg industry in the United States in 1960 and 2010. *Poultry science*, 93(2), 241-255
- Sasanya, B. F., & Olaifa, O. (2022). Analysis of energy consumption in poultry management for table egg production in Nigeria. *Heliyon*, 8(8).
- Taylor, R. C., Omed, H., & Edwards-Jones, G. (2014). The greenhouse emissions footprint of free-range eggs. *Poultry science*, 93(1), 231-237.
- Todde, G.; Murgia, L.; Caria, M.; Pazzona, A. A Comprehensive energy analysis and related carbon footprint of dairy farms, Part 2: Investigation and modeling of indirect energy requirements. *Energies* 2018, 11, 1–14.
- Todde, G.; Murgia, L.; Caria, M.; Pazzona, A. Dairy Energy Prediction (DEP) model: A tool for predicting energy use and related emissions and costs in dairy farms. *Comput. Electron. Agric.* 2017, 135, 216–221.
- TOMAR, O., YILMAZ, A. M., & ÇAĞLAR, A. (2023). Kendi Kendine Yeterlilik ve İthalata Bağımlılık Açısından Tavuk Yumurtası Üretiminin Değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (46), 193-201.
- Upton, J.; Murphy, M.; Shalloo, L.; Groot Koerkamp, P.W.G.; De Boer, I.J.M. Assessing the impact of changes in the electricity price structure on dairy farm energy costs. *Appl. Energy* 2014, 137, 1–8.
- Yıldız, T. (2012). Tavukçuluk Sektör Analizi. Kuzey Anadolu Kalkınma Ajansı, Belge No: 2012-RP-18/20.

ÖZGEÇMİŞ

Hasan SAKMAN. 2015 yılında Çukurova Üniversitesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği bölümüne başladı ve 2019 yılında mezun oldu. 2020 yılında Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı ve 2024 yılında mezun oldu.

