

TÜRK BİLİM ve MÜHENDİSLİK DERGİSİ

Yıl : 2025 - Sayı - 1
Turkish Journal of Science and Engineering – TJSE



İSPARTA
UYGULAMALI BİLİMLER
ÜNİVERSİTESİ

e-ISSN 2687-6086

TÜRK BİLİM ve MÜHENDİSLİK DERGİSİ

(TURKISH JOURNAL OF SCIENCE AND ENGINEERING)

Yılda iki sayı olarak (Haziran, Aralık) yayınlanan hakemli bir dergidir. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tarafından yayınlanmaktadır.

It is a peer-reviewed journal published in two issue per year (June, December). Published by Isparta University of Applied Sciences, The Enstitute of Graduate Education.

Yıl/Year: 2025, Cilt/Volume: 7, Sayı/Issue: 1

Privilege Owner / İmtiyaz Sahibi

Prof. Dr. Yılmaz ÇATAL

Baş editör / Editor-in-chief

Prof. Dr. Abdullah SÜTÇÜ

Editörler / Editors

Prof. Dr. Norita NORWAWİ
Prof. Dr. Mirha DİKİÇ
Dr. Teuku Reza FERASYİ
Prof. Dr. Yusuf UÇAR
Prof. Dr. İskender AKKURT
Prof. Dr. Mehmet KİTİŞ
Doç. Dr. Halime ÜNLÜ
Doç. Dr. Abdullah GENÇ
Doç. Dr. Musa YAVUZ
Dr. Öğr. Üyesi Filiz HALLAÇ TÜRK
Dr. Öğr. Üyesi Ruziye KARAMAN
Dr. Öğr. Üyesi Fatma Gül GÖZE ÖZDEMİR

Dr. Mahdi HOSSEINI
Dr. Supriyanto SUPRIYANTO
Prof. Dr. Deniz YILMAZ
Prof. Dr. Kürşad ÖZKAN
Prof. Dr. Murat ÖZTÜRK
Doç. Dr. Mualla Birgül HUBAN
Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Hakan İNCE
Dr. Öğr. Üyesi İbrahim KIRBAŞ
Dr. Öğr. Üyesi Sinan UĞUZ
Dr. Öğr. Üyesi Ali Nadi KAPLAN
Dr. Öğr. Üyesi Tuna GÖKSU
Dr. Öğr. Üyesi Mevlüt Yunus KAYACAN

Danışma kurulu / Advisory board

Prof. Dr. Ahmet Ali İŞILDAR
Prof. Dr. Cengiz ÖZEL
Prof. Dr. Okan BİNGÖL
Prof. Dr. Hasan BAYDAR
Prof. Dr. Altan DOMBAYCI
Prof. Dr. İbrahim ÇAKMAK
Doç. Dr. Selçuk HELHEL

Prof. Dr. Metin MÜJDECİ
Prof. Dr. Hasan ALKAN
Prof. Dr. Oğuzhan ÇALIŞKAN
Prof. Dr. Mahmut ELP
Doç. Dr. Osman GENCEL
Dr. Öğr. Üyesi Selbi KESKİN
Dr. Öğr. Üyesi Gökhan TÜZÜN

İstatistik Editörleri

Prof. Dr. Gamze ÖZEL
Doç. Dr. Özgür KOŞKAN

Yayıncı Kuruluş / Publisher

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü – Isparta

Dil Editörü/Language Editor

Dr. Öğr. Üyesi Gülin ZEYBEK

İletişim / Contact

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Doğu, Yerleşkesi, Orman Fakültesi Binası, Zemin Kat
32260 Çünür/Isparta

Web: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjse>

Tel: 0246 214 65 74

Teknik Editörler/Technical Editors

Doç. Dr. Gürcan GÜLER
Arş. Gör. İsmail Yaşhan BULUŞ
Arş. Gör. Hasibe YILDIZ

TÜRK BİLİM ve MÜHENDİSLİK DERGİSİ aşağıdaki indeks ve özler tarafından taranmaktadır.

TURKISH JOURNAL OF SCIENCE AND ENGINEERING is indexed and/or abstracted by the following international databases.



Academic Resource Index (ResearchBib)



Directory of Research Journals Indexing (DRJI)



Asos Index



Bielefeld Academic Search Engine (BASE)



International Institute Of Organized Research (I2OR)



Acarindex

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Araştırma / Research

Parabolik Oluk Güneş Kollektörünün Çalışma Sıvısı, Tasarım Parametreleri ve Termodinamik Analizinin İncelenmesi

Investigation of Working Fluid, Design Parameters and Thermodynamic Analysis of Parabolic Trough Solar Collector

Elif Berca Eroğlu, Murat Öztürk 1-14

Bakım Yönetimi ve Bakım Planlaması Konulu Lisansüstü Tezlerin Bibliyometrik Analizi
Bibliometric Analysis of Postgraduate Theses on Maintenance Management and Maintenance Planning

Melike Gökçen Ünver, Emel Güven, Mehmet Pınarbaşı, Tamer Eren 15-30

Functional Responses of *Hippodamia variegata* (Goeze) and *Coccinella septempunctata* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae) on *Aphis fabae* Scopoli and *Acyrtosiphon pisum* (Harris) (Hemiptera: Aphididae)

Hippodamia variegata (Goeze) ve *Coccinella septempunctata* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae)'nın *Aphis fabae* Scopoli and *Acyrtosiphon pisum* (Harris) (Hemiptera: Aphididae) Üzerindeki İşlevsel Tepkisi

Betül Kayahan, İsmail Karaca 31-37

Tarım Sektöründe Tarım Sigortasının Önemi ve Türkiye'deki Uygulamalar

Importance of Agricultural Insurance in the Agriculture Sector and Practices in Türkiye

Tidiani Diallo, Bahri Karlı 38-46

Bazı Yulaf Genotiplerinin Tohum Verimi ve Verim Öğelerinin Belirlenmesi

Determination of Seed Yield and Yield Components of Some Oat Genotypes

İlknur Akgün, Cengiz Türkay 47-54

Bazı İnsektisitlerin *Bombus terrestris* L. Kast Gruplarının Besin Tüketimine Etkisinin Belirlenmesi

Determination of the Effects of Some Insecticides on Food Consumption of Bombus terrestris L. Caste Groups

Yasar Çetin, Ozan Demirözer 55-60

Günümüz Tekstil Teknolojisinde Doğal Ekolojik Malzeme Kullanımının Sürdürülebilirlik Analizi

Sustainability Analysis of the Use of Natural Ecological Materials in Today's Textile Technology

İdris Oğurlu, Sema Hatun Türker 61-74

A Study on Land Consolidation Practices: The Case of Burdur Gölhisar

Arazi Toplulaştırma Uygulamaları Üzerine Bir İnceleme: Burdur Gölhisar Örneği

Hasan Çevik 75-93

Determination of Mineral Matter Changes in Leaves Taken at Different Times in Some Table Grape Varieties

Bazı Sofralık Üzüm Çeşitlerinde Farklı Dönemlerde Alınan Yapraklardaki Mineral Madde Değişimlerinin Belirlenmesi

Filiz Hallaç Türk, Nilgün Göktürk Baydar 94-100



Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

Parabolik Oluk Güneş Kolektörünün Çalışma Sıvısı, Tasarım Parametreleri ve Termodinamik Analizinin İncelenmesi

Elif Berca Eroğlu^{1*}, Murat Öztürk¹

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü – Isparta-Türkiye

*Sorumlu yazar: elifbercaeroglu@gmail.com

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 05/08/2024

Kabul tarihi: 10/06/2025

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, Parabolik oluk tipi güneş kolektörü, Seçici yüzey malzemeleri, Termodinamik analiz

DOI: 10.55979/tjse.1528182

ÖZET

Güneş enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer almakta ve yerküre-atmosfer sistemindeki enerji döngüsünün temelini oluşturmaktadır. Bu doğrultuda, yüksek sıcaklıklarda buhar üretimi yoluyla elektrik enerjisi elde edilmesine yönelik çalışmalarda artış gözlemlenmektedir. Ayrıca sıcak su üretimi, ısıtma sistemleri ve endüstriyel süreçlerde verimli şekilde kullanılmaktadır. Orta ve yüksek sıcaklık gerektiren uygulamalarda yoğunlaştırıcı güneş enerjisi sistemleri tercih edilmekte olup, bunlar arasında en yaygın kullanılan parabolik oluk kolektörlerdir. Bu kolektörler, güneş ışınlarını parabolik yansıtıcı yüzey aracılığıyla odak noktasındaki alıcı boruya yönlendirerek akışkanın ısınmasını ve güneş enerjisinin ısı enerjisine dönüştürülmesini sağlamaktadır. Bu çalışmada, parabolik oluk güneş kolektörleri üzerine teorik bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan sistemde farklı çalışma sıvıları kullanılarak karşılaştırmalı performans analizi yapılmış; tasarım parametrelerinin yanı sıra, gün içerisindeki güneş ışıması değişimleri ve açısal konumlanmanın kolektör verimine etkileri değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, tasarım parametreleri ile kullanılan çalışma sıvılarının sistem verimliliği üzerinde belirleyici etkileri olduğunu ortaya koymuştur. Tasarlanan parabolik oluk kolektöründe enerji verimlilikleri hava, helyum ve karbondioksit çalışma sıvıları için sırasıyla; 0.4888, 0.4137 ve 0.4821 olarak bulunmuştur. Aynı zamanda ekserji verimlilikleri ise hava, helyum ve karbondioksit çalışma sıvıları için sırasıyla; 0.2366, 0.2264 ve 0.2316 olarak hesaplanmıştır. Tüm hesaplamalar, standart atmosfer basıncı olan 101.325 kPa ve 25 °C referans sıcaklık değerleri esas alınarak yapılmıştır.

Investigation of Working Fluid, Design Parameters and Thermodynamic Analysis of Parabolic Trough Solar Collector

ARTICLE INFO

Received: 05/08/2024

Accepted: 10/06/2025

Keywords: Solar energy, Parabolic trough type solar collector, Selective surface materials, Thermodynamic analysis

DOI: 10.55979/tjse.1528182

ABSTRACT

Solar energy is among renewable energy sources and forms the basis of the Earth-atmosphere energy cycle. There is an increasing focus on generating electricity through steam production at high temperatures. It is efficiently used for hot water production, heating systems, and industrial processes. For medium and high-temperature applications, concentrated solar energy systems, primarily parabolic trough collectors, are widely used. These collectors direct solar radiation onto a receiver tube at the focal point through a parabolic reflective surface, heating the working fluid and converting solar energy into thermal energy. In this study, a theoretical investigation was conducted on parabolic trough solar collectors. A comparative performance analysis was carried out using different working fluids in the designed system. In addition to design parameters, the effects of daily solar radiation variations and angular positioning on collector efficiency were evaluated. The results showed that both the design parameters and the type of working fluid significantly affect system performance. The energy efficiencies of the designed parabolic trough collector were found to be 0.4888, 0.4137, and 0.4821 for air, helium, and carbon dioxide, respectively. Similarly, the exergy efficiencies for air, helium, and carbon dioxide were calculated as 0.2366, 0.2264, and 0.2316, respectively. All calculations were performed under standard atmospheric pressure of 101.325 kPa and a reference temperature of 25 °C.

1. Giriş

Günümüzde bir ülkenin ekonomik ve teknolojik gelişmişlik düzeyi, kişi başına düşen enerji tüketimi ile enerjiye doğrudan erişim kapasitesiyle yakından ilişkilidir. Nüfusun sürekli artış göstermesi, enerji talebinin de aynı oranda yükselmesine neden olmaktadır. Bu durum, ülkeleri fosil kaynaklara (kömür, petrol, doğalgaz) daha fazla yönlendirmektedir. Ancak, bu kaynakların oluşum süreci oldukça yavaş olduğundan, yenilenemez enerji kaynakları sınıfında değerlendirilmektedir. Fosil yakıtların kullanımı

ise atmosfere sera gazları salarak çevre kirliliğine, küresel ısınmaya ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratan karbon emisyonlarına yol açmaktadır (Öztürk, 2008).

Gelişmekte olan ülkeler, hem karşı karşıya kaldıkları çevresel sorunlara çözüm üretmek hem de enerji alanında dışa bağımlılığı azaltmak amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına (güneş, rüzgâr, jeotermal vb.) yönelik çalışmalara ağırlık vermeye başlamıştır. Bu kaynaklar arasında en büyük potansiyele sahip olan ise güneş enerjisidir. Güneş, madde ve enerji döngüsünü

yönlendiren; yer küre ve atmosferdeki fiziksel olayları etkileyen temel enerji kaynağıdır. Güneşin çekirdeğinde gerçekleşen hidrojenin helyuma dönüşümüne dayalı füzyon reaksiyonları sonucu ortaya çıkan bu güçlü enerji, yalnızca bir enerji kaynağı değil, aynı zamanda Dünya'daki yaşamın sürekliliğini sağlayan temel yaşam gücüdür. Güneş radyasyonu, gezegenimizin fiziksel yapısını ve atmosferik sistemini doğrudan etkileyen birincil enerji kaynağıdır. Dünya'ya ulaşan yıllık güneş radyasyonu miktarı, yeryüzünde bugüne kadar tespit edilen tüm fosil yakıt rezervlerinin yaklaşık 160 katına eşdeğer olup, fosil, nükleer ve hidroelektrik santrallerin bir yılda üreteceği enerjiden yaklaşık 15 000 kat daha fazladır. (Varınca & Gönüllü, 2006). Sürekli ve yenilenebilir olması, çevre sorunlarına neden olmaması, tehlikesiz ve sonsuz olması gibi nedenlerle güneş enerjisinin kullanımı üzerine olan çalışmalar gittikçe önem kazanmaktadır. Bu enerji kaynağından doğrudan yararlanılarak dünyanın ihtiyaç duyduğu ısı ve elektrik üretimi elde edilerek enerji verimliliğinin artması da sağlanmaktadır (Karamanav, 2007).

Güneş enerjisinden yararlanılarak geliştirilen enerji sistemleri, düşük, orta ve yüksek sıcaklık aralıklarında çalışan ısı uygulamaları şeklinde sınıflandırılmaktadır. Düşük sıcaklık uygulamaları; sıcak su üretimi, su arıtımı ve alan ısıtması gibi ihtiyaçlara yönelik kullanılmaktadır. Orta sıcaklık seviyesindeki uygulamalar ise endüstriyel proses ısılarının karşılanmasında, buhar jeneratörlerinde ve küçük ölçekli motor sistemlerinde tercih edilmektedir. Yüksek sıcaklık gereksinimi olan uygulamalarda ise yoğunlaştırıcı sistemler kullanılmakta olup, bu sistemler doğrusal ve noktasal yoğunlaştırıcılar olarak iki gruba ayrılmaktadır. Temelde aynı çalışma prensibine sahip bu sistemler, güneş ışınlarını tek bir odakta toplayarak yüksek sıcaklıkta buhar ve elektrik üretimi sağlamaktadır. (Üçgül vd., 2006). Orta ve yüksek sıcaklıklarda kullanılan yoğunlaştırılmış güneş enerjisi kolektörleri, Heliostat-güneş enerji kulesi (noktasal odaklamalı), Parabolik çanak (noktasal odaklamalı), Fresnel (doğrusal odaklamalı) ve Parabolik oluk (doğrusal odaklamalı) olarak sınıflandırılabilir.

Parabolik oluk tipi kolektörler (PTC), teknik olarak yeterliliği kanıtlanmış ve faydalı ısı enerjisi üretimi için en gelişmiş teknolojilerdir (Biencinto vd., 2014). Bir PTC'nin ana parçaları, bir alıcı boru ve doğrusal bir parabolik yansıtıcıdır. Yansıtıcı bir materyal parabol şeklinde bükülür ve odak kısmına, odak hattı boyunca, alıcı boru yerleştirilir (Şekil 1'de gösterilmiştir). Buradaki amaç, gelen güneş ışınının parabolik yansıtıcıya uğrayıp, alıcı boruya odaklanmasının sağlanmasıdır. Böylelikle alıcı boru içerisinden geçen çalışma sıvısı ısıtılarak faydalı ısı enerjisi üretilmeye başlanır. PTC'ler kullanılan çalışma sıvısına göre farklı sıcaklık seviyelerine ulaşırlar. Örnek olarak, çalışma sıvısı yağ ise 400 °C'ye kadar ve güneş tuzu ise 550 °C'ye kadar çalışabilirler (Bellos vd., 2018). Konsantrasyon oranı genellikle 10-85 aralığında olup, tek eksenli olarak çalışmaktadır (Kalogirou, 2013).



Şekil 1. Bir PTC'nin sistematigi (Kalogirou, 2013)

Figure 1. Systematics of a PTC (Kalogirou, 2013)

Ülkemiz güneş enerjisi kullanımı bakımından büyük potansiyele sahip olmasına rağmen, orta ve yüksek sıcaklıklı güneş enerjisi sistemlerinin kullanımı oldukça azdır.

Üçgül vd. (2006), orta ve yüksek sıcaklıklı güneş enerjisi teknolojilerinde alıcı yüzeylerde kullanılacak malzeme türlerine odaklanan bir araştırma gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda, süper alaşımların 1100 °C'ye kadar güvenli şekilde kullanılabildiği ve bu nedenle tercih edildiği; ayrıca östenitik çeliklerin yüksek sıcaklık dayanımları sayesinde 700 °C'ye kadar olan uygulamalarda uygun görüldüğü belirlenmiştir.

Valladares ve Velazquez (2009), çift ve tek geçişli parabolik yoğunlaştırıcıların termal performanslarını karşılaştırmalı olarak sayısal simülasyonlar yardımıyla analiz etmiştir. Bulgular, çift geçişli sistemin termal verimlilik açısından tek geçişli sisteme göre daha avantajlı olduğunu ortaya koymuştur.

Ercoskun vd. (2013), çift oluk yapısına sahip bir parabolik oluk kolektörü tasarlamış ve üretmiştir. Kolektörün gün boyu performansı gözlemlenmiş ve sistemin rüzgar hızı, güneş ışınımı ile çevre sıcaklığı gibi çevresel değişkenlerden önemli ölçüde etkilendiği tespit edilmiştir.

Guo vd. (2016), farklı alıcı çapları, giriş sıcaklıkları, çevre sıcaklıkları, güneş geliş açıları ve rüzgar hızlarının parabolik oluklu kolektör performansı üzerindeki etkilerini inceleyen parametrik bir analiz gerçekleştirmiştir. Sonuçlar, akışkanın kütsel debisinin, ortam sıcaklığının ve geliş açısının artırılmasının ısı kayıplarını azaltabileceğini göstermiştir. Öte yandan, giriş sıcaklığı, rüzgar hızı ve cam örtünün iç çapındaki artışın ekserji kayıplarını yükselttiği belirlenmiştir. Araştırmacılar, her bir durum için optimum bir kütle debisinin belirlenmesi gerektiğini vurgulamış ve sistemin ekserjetik performansının artırılabilmesi için optik kayıpların azaltılmasını önermiştir.

Bellos vd. (2019), gelecekteki tasarım stratejilerine ışık tutmak amacıyla parabolik oluklu güneş kolektörlerinin alternatif yapılarını incelemiştir. Tasarımları üç ana kategoriye ayırmışlardır: i) yoğunlaştırılmış termal fotovoltaikler, ii) optik olarak iyileştirilmiş sistemler ve iii) termal olarak modifiye edilmiş yapılar. Çalışma, optik modifikasyonların konsantrasyon oranını yükselterek daha yüksek sıcaklıklara ulaşılmasını sağladığını; termal modifikasyonların ise sistem verimliliğini artırarak faydalı enerji çıktısını yükselttiğini göstermektedir. Ayrıca üçgen alıcılar, çift kademeli yoğunlaştırıcılar ve özel çift geçişli alıcılar gibi yeni tasarımların, yalnızca elektrik üretimiyle sınırlı kalmadan aynı zamanda yüksek verimli

kojenerasyon sistemlerinin gelişimine de katkı sağlayabileceği belirtilmiştir.

Nain vd. (2021), U biçiminde bir ısı değiştiricisine sahip parabolik oluk kolektörün termal performansını değerlendirmiştir. Emici boruda kullanılan nikel kaplı paslanmaz çelik içine, kanatçıklı ve kanatçıksız olmak üzere farklı malzemelerden (bakır ve alüminyum) ısı değiştiriciler yerleştirilmiştir. Sonuç olarak, bakırdan üretilen ısı değiştiricinin, alüminyum muadilinden daha üstün bir performans sunduğu gözlemlenmiştir.

Sevim vd. (2022), parabolik oluk kolektörlerinde düz alıcı boruların içine yerleştirilen kanatçıkların termal verimlilik üzerindeki etkisini incelemiştir. Eğrisel formda yerleştirilen kanatçıkların ısı transferini artırdığı belirlenmiştir. Ancak, bu iyileştirmenin beraberinde akışkan rejimini türbülanslı hâle getirerek basınç kayıplarında artışa yol açtığı da ifade edilmiştir.

Literatürde parabolik oluk tipi kolektörler ile ilgili farklı çalışmalar bulunmaktadır. Fakat tek bir çalışma ile bu veriler sunulmamıştır. Bu çalışmanın amacı daha yüksek performansla çalışabilecek bir parabolik oluk tipi kolektör tasarlamaktır. Bunun için farklı akışkanlar kullanarak verimliliğin nasıl etkilenebileceğinin analizi yapılmıştır. Kullanılan bu akışkanların, tasarım parametreleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Tasarım parametrelerinin en yüksek performansı hangi koşullarda gösterebileceği araştırılmıştır. Sunulan termodinamik analizlerde, tasarlanan yoğunlaştırıcı kolektörün enerji ve ekserji verimlilikleri hesaplanmıştır. Aynı zamanda, tasarlanan sistem için çeşitli analizler farklı akışkanların kullanılmasının verime olan etkisi için ve sistem bileşenleri olarak tanımlanan kolektör tasarım parametrelerinin değiştirilmesinin yoğunlaştırıcı kolektör performansı üzerindeki etkileri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Böylelikle tek bir çalışma ile ideal tasarımın nasıl olması gerektiği konusunda analizler yapılabilmektedir. Sunulan bu çalışmanın, sonraki araştırmalar için yön vermesi hedeflenmektedir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Termodinamik analiz

Tasarlanan modelleme çalışmasında kullanılan temel matematiksel denklemler sistemdeki enerji dengeleri ve temel parametrelerin tanımı ile ilgilidir. Daha spesifik olarak, modelleme çalışması optik, termal ve ekserjetik kısımları içerir (Kalogirou, 2013).

2.1.1. Optik modelleme

Yoğunlaştırıcı kolektörün açıklık alanına ulaşan güneş enerjisi Denklem (1) yardımı ile hesaplanır (Kalogirou, 2013).

$$Q_s = G_b \times A_a \quad (1)$$

Burada, G_b güneş ışınımını göstermektedir. A_a ise kolektör açıklık alanı olup Denklem (2) ile hesaplanabilir.

$$A_a = (W - D_g) \times L \quad (2)$$

Burada W kolektör genişliğini, D_g cam boru dış çapını ve L ise kolektör uzunluğunu göstermektedir.

Yoğunlaştırıcı kolektörde yer alan emici boru optik kayıplardan dolayı daha düşük güneş radyasyonunu soğurmaktadır. Soğurulan güneş enerjisi (Q_{abs}), güneş kolektörünün optik verimi (η_{opt}), mevcut güneş ışınımı kullanılarak Denklem (3) ile hesaplanır.

$$Q_{abs} = \eta_{abs} \times Q_s \quad (3)$$

Optik verim güneş ışınımının yansıtıcı yüzey ve emici boruda uğradığı optik kayıplar sonucu oluşur. Yoğunlaştırıcı yansıması (ρ), yakalanan radyasyon oranı (γ), cam örtü geçirgenliği (τ), emici malzemenin soğurma oranı (α) ve geliş açısı değiştiricisi (K) kullanılarak yoğunlaştırıcı kolektörün optik verimi Denklem (4) ile hesaplanır:

$$\eta_{opt} = \rho \times \gamma \times \tau \times \alpha \times K(\theta) \quad (4)$$

Derece cinsinden geliş açısının bir fonksiyonu olarak incelenen yoğunlaştırıcı kolektör için geliş açısı değiştiricisi Denklem (5) ile hesaplanır (Padilla, 2011).

$$K(\theta) = 1 - 2.2307 \times 10^{-4} \times \theta - 1.1 \times 10^{-4} \times \theta^4 + 3.18596 \times 10^{-6} \times \theta^3 - 4.85509 \times 10^{-8} \times \theta^4 \quad (5)$$

2.1.2. Termal modelleme

Yoğunlaştırıcı kolektör açıklık alanı bir önceki bölümde verilmişti, bu bölümde ise cam borunun alanı (A_g) ve emici borunun alanı (A_r) hesaplamaları Denklem (6) ve (7) ile hesaplanır (Kalogirou, 2004).

$$A_g = \pi \times D_g \times L \quad (6)$$

ve

$$A_r = \pi \times D_o \times L \quad (7)$$

Burada D_o alıcı boru dış çapını göstermektedir.

Kolektörün yoğunlaştırma katsayısı (C) Denklem (8) kullanılarak hesaplanır.

$$C = \frac{A_a}{A_r} \quad (8)$$

Yoğunlaştırıcı kolektörün ısı analiz hesabı için cam boru ile çevre arası taşınım ($h_{c,c-a}$), cam boru ile çevre arası ışınlam ($h_{r,c-a}$), cam boru ve emici boru arası ışınlam ($h_{r,c-r}$) hesaplanır. Cam boru ile çevre arası taşınım rüzgar kaynaklıdır ve H_w ile de gösterilir. Denklem (9) ile hesaplanır.

$$h_{c,c-a} = \frac{Nu \times k}{D_g} \quad (9)$$

İlk olarak akışın türbülanslı veya laminar olduğunu bulmak için Reynolds sayısı (Re), Denklem (10) ile

hesaplanır. Boru içindeki sıkıştırılmaz akışta Reynolds sayısı 2 300'den büyük ise türbülanslı akış, küçük ise laminar akış olarak ele alınır. Reynolds sayısını bulmak için akışkanın yoğunluğu (ρ), dinamik viskozitesi (μ), akışkanın hızı (v_w) ve cam boru çapı (D_g) kullanılır.

$$Re = \frac{\rho \times v_w \times D_g}{\mu} \quad (10)$$

Reynolds sayısı bulunduğundan sonra akışkanın türüne göre Nusselt sayısı hesaplanır. Nusselt sayısı, taşınım ısı transfer katsayısının, iletim ısı transfer katsayısına oranları arasındaki ilişkiyi ifade eder:

(1 000 < Re < 50 000 için)

$$Nu = 0.3 \times Re^{0.6} \quad (11)$$

(0.1 < Re < 1 000 için)

$$Nu = 0.4 + 0.54 \times Re^{0.52} \quad (12)$$

Cam boru ile çevre arası ısıtım ($h_{r,c-a}$) katsayısı Denklem (13) kullanılarak hesaplanır.

$$h_{r,c-a} = \varepsilon_g \times \sigma \times (T_a + T_g) \times (T_a^2 + T_g^2) \quad (13)$$

Burada ε_g cam borunun yayıcılık oranıdır. T_g cam borunun sıcaklığını ve T_a ortam sıcaklığını göstermektedir. Stephan-boltzman sabiti ($\sigma=5.67 \times 10^{-8}$ W/m²K⁴), ona çarpan tüm ışıyan enerjiyi emen ve yayan bir kara cisim tarafından yayılan ısı miktarını ölçmek için kullanılır.

Cam boru ile emici boru arası ısıtım ($h_{r,r-c}$) katsayısı Denklem (14) ile hesaplanır.

$$h_{r,r-c} = \frac{\sigma \times (T_r + T_g) \times (T_r^2 + T_g^2)}{\frac{1}{\varepsilon_r} + \frac{A_r}{A_g} \times (\frac{1}{\varepsilon_g} - 1)} \quad (14)$$

Emici borudan dış ortama toplam ısı transfer katsayısı aşağıdaki Denklem (15) ile hesaplanır.

$$U_L = \left[\frac{A_r}{h_{c,c-a} + h_{r,c-a} \times A_g} + \frac{1}{h_{r,r-c}} \right]^{-1} \quad (15)$$

Kollektör verim faktörü F' , gerçek faydalı enerji artışının, faydalı enerji artışına oranı olarak verilebilir. Akışkana aktarılan toplam ısı kazançlarının bulunmasında kullanılır. Kollektör verim faktörü, herhangi bir kollektör dizaynı ve sıvı akışkan oranları için temel bir sabit faktördür ve Denklem (16) ile hesaplanır. K_a alıcı ısı iletkenliğidir. H_i emici boru içindeki ısı transfer katsayısıdır.

$$F' = \frac{\frac{1}{U_L}}{\frac{1}{U_L} + \frac{D_o}{H_i \times D_i} + (\frac{D_o}{2 \times K_a} \times \ln \frac{D_o}{D_i})} \quad (16)$$

Kollektörün, ısı kazanç faktörü (F_r) akışkana gelen faydalı ısı enerjisinin, alıcı yüzeyi alanının akışkan girişi sıcaklığında olması durumundaki ısı akışkanına geçen ısı enerjisine oranı olarak tanımlanır ve Denklem (17) ile hesaplanır.

$$F_r = \frac{m \times c_p}{A_r \times U_L} \times [1 - \exp(-\frac{U_L \times F' \times A_r}{m \times c_p})] \quad (17)$$

Parabolik oluk tipi kollektörün anlık verimi, toplayıcının enerji dengesinden hesaplanabilir. Akışkana aktarılan faydalı ısı miktarı (Q_u) Denklem (18) ile hesaplanabilir.

$$Q_u = F_r [\eta_{opt} \times G_b \times A_a - A_r \times U_L \times (T_i - T_a)] \quad (18)$$

Kollektör çıkış sıcaklığını (T_o) bulmak için faydalı ısı miktarının diğer formülü kullanılır ve Denklem (19) ile hesaplanır.

$$Q_u = m \times c_p (T_o - T_i) \quad (19)$$

Güneş kollektörünün ısı verimi (η_{th}), üretilen faydalı ısı (Q_u), mevcut güneş enerjisine (Q_s) oranına eşittir. Denklem (20) ile hesaplanır.

$$\eta_{th} = \frac{Q_u}{Q_s} \times 100 \quad (20)$$

2.1.3. Ekserji modellemesi

Güneş ışıınının (E_s) ekserjisi, güneşin bir termal rezervuar değil, bir radyasyon rezervuarı olduğunu dikkate alır. Parabolik oluk tipi güneş kollektörü yansımış radyasyondan değil, yalnızca direkt ışı ışıınınından yararlanır. Denklem (21) ile hesaplanır.

$$E_s = Q_s \times \left[1 - \frac{4}{3} \times \left(\frac{T_a}{T_{sun}} \right) + \frac{1}{3} \times \left(\frac{T_a}{T_{sun}} \right)^4 \right] \quad (21)$$

Yararlı üretimi (E_u) Denklem (22) ile hesaplanır (Kalogirou, 2004).

$$E_u = Q_u - m \times c_p \times T_a \times \ln \left[\frac{T_o}{T_i} \right] \quad (22)$$

Ekserji verimliliği (η_{ex}), maksimum eşdeğer ışı olarak yararlı ısı üretimini değerlendirir. Ekserji verimliliği, eğer güneş ışıını (E_s) ise, faydalı ekserji üretiminin (E_u) ekserji akışına oranı olarak tanımlanır. Denklem (23) ile hesaplanır.

$$\eta_{ex} = \frac{E_u}{E_s} \times 100 \quad (23)$$

Soğurucu üzerindeki enerji dengesi, soğurulan güneş ışıınının (Q_{ab}) faydalı ısı (Q_u) ve termal kayıplara (Q_{loss}) ayrıldığını gösterir. Denklem (24) ve (25) ile hesaplanır.

$$Q_{loss} = A_r \times U_L \times (T_r - T_a) \quad (24)$$

$$Q_{loss} = Q_{abs} - Q_u \quad (25)$$

2.2. Sistem Tasarımı

Parabolik kollektörler en basit ve en yaygın kullanılan orta ve yüksek sıcaklık yoğunlaştırıcı güneş enerjisi sistemleridir. Ayrıca teknik yeterliliği kanıtlanmış sistemlerdir (Biencinto vd., 2014). Parabolik oluk tipi güneş kollektörleri 50-400 °C'de çalışabilirler. Güneş ışınları atmosferden geçer ve kayıplar yoluyla yeryüzüne ulaşır. Isı transfer sıvısına aktarılınca kadar parabolik kollektördeki yansıtıcı yüzeyde, cam örtüde ve emici boruda optik kayıplar yaşarlar (Kalogirou, 2004).

Yansıtıcı yüzeye gelen bazı güneş ışınları emilir ve yansıtılır. Yansıtıcı yüzeyden gelen ışınlar toplayıcı bölümünden kollektör bölümüne doğru yoğunlaştırılır. Sistem, güneş ışınlarının en az optik kayıpla ısı transfer sıvısına iletilmesini hedefler. Kollektör bölümü, cam tüp ve soğurucu tüpten oluşur. Cam tüpten gelen ışınların bir kısmı yansıtılır, bir kısmı da emilir ve iletilir. Tüp boyutu, konsantrasyon oranına, yansıyan güneş görüntüsünün büyüklüğüne ve oluğun üretim toleranslarına göre belirlenir. Cam tüp çapı küçük kabul edilirse, yansıtıcı yüzey alanına düşen gölgelenme azalır ve böylece konsantrasyon oranı artar. Güneş ışınları cam tüpten geçerek soğurucu tüpe gelir. Soğurucu tüp, bazı güneş ışınlarını yansıtırken bir kısmını da emerek ısı transfer sıvısına ilettiği için optik verimliliğin elde edilmesinde önemli rol oynar. Bu işlem, istenilen optik verimliliğin elde edilmesinde etkilidir (Aydın vd., 2020).

Emici boru çapı optik verimliliği ve termal verimliliği etkiler. Odak noktasında yoğunlaşan güneş ışınlarını yakalamak için boru çapı büyük seçilirse, reflektör yüzeyindeki emici boru gölgesi büyür. Bu nedenle yoğunlaşma oranı azalır ve ısı kayıpları artar. Bu durum optik verimliliği artırır ancak termal verimliliğin azalmasına neden olur. Emici boru çapı küçükse, borunun içindeki akışkan türbülanslı hale gelir ve ortama olan ısı kayıpları azalır. Ancak kollektör üzerinde yoğunlaşan güneş ışınları da daha zor yakalanır. Böylece termal verimlilik artarken optik verimlilik azalır (Şanlı, 2010). Reflektör yüzeyi için seçilen malzemenin emilim katsayısı, örneğin yüksek emilim katsayısına sahip alüminyum gibi yüksek yansıtıcı bir malzeme ve emici boru için seçilen malzemenin yansıma ve emilim katsayıları, örneğin düşük emilim katsayısına sahip bakır gibi bir malzeme, optik verimliliği etkileyen faktörlerdir (Çolak, 2003).

Sunulan bu çalışmada, tasarlanan parabolik oluk tipi kollektörün optik ve termal verimliliği için kullanılan veriler Çizelge 1'de verilmiştir. Sistem tasarım parametrelerinin tasarlanan kollektörün verimliliği üzerindeki etkisinin kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Çizelge 1. Tasarlanan parabolik oluk tipi güneş kollektörü modül parametreleri

Table 1. Designed parabolic trough type solar collector module parameters

Parametre	Sembol	Değer
Genişlik	W	3.5 m
Uzunluk	L	20 m
Alıcı boru dış çapı	D_o	5×10^{-2} m

Alıcı boru iç çapı	D_i	4×10^{-2} m
Cam boru dış çapı	D_g	9×10^{-2} m
Açıklık alanı	A_a	68.2 m ²
Alıcı alanı	A_r	3.142 m ²
Cam boru alanı	A_g	5.655 m ²
Alıcı emisyonu	ε_r	0.92
Cam boru emisyonu	ε_g	0.87
Güneş ışınlamı	G_b	668.59 W/m ²
Geliş açısı	θ	0°
Yutma faktörü	γ	~1
Cam boru geçirgenliği	τ	0.95
Ortam basıncı	P_a	101.3 kPa
Ortam sıcaklığı	T_a	25 °C
Alıcı sıcaklığı	T_r	260 °C
Giren akışkan sıcaklığı	T_i	220 °C
Güneş sıcaklığı	T_{sun}	5770 K
Cam boru sıcaklığı	T_g	64 °C
Isıl iletkenlik	k_a	15 W/Mk
Isı transfer katsayısı	h_i	330 W/m ² K
Rüzgar hızı	v_w	5 m/s
Soğurma oranı	α	0.92
Yansıtıcılık oranı	ρ	0.82

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmanın amacı parabolik oluk tipi kollektörün verimini etkileyen faktörlerin belirlenerek, daha iyi bir tasarım yapılması için analizlerini sunmaktır. Ayrıca yapılan bu çalışma ile sonuçlanan analizlerin bundan sonraki araştırmalara yön vermesi hedeflenmektedir. Bu noktada tasarım parametrelerinin, çevre faktörlerinin, farklı akışkan kullanımının kollektör verimliliğini nasıl etkilediği verilerle ve grafiklerle ortaya konulmuştur. Termal modelin analiz çalışması EES aracı ile gerçekleştirilmiştir.

3.1. Farklı Akışkanların Tasarım Parametreleri Üzerindeki Etkileri

Termal analizi yapılan parabolik oluk tipi kollektörde üç farklı akışkan için parametrik analiz yapılmıştır. Bu akışkanlar hava, karbondioksit (CO₂) ve helyumdur. Her bir çalışma akışkanı için ayrı ayrı optimum kütle debisi hesaplanmış olup, bu değerler Çizelge 2'de verilmiştir. Tasarlanan kollektör de kullanılan akışkanların, 300-500 K sıcaklık aralığında, dinamik viskozite (μ), ısı iletkenliği (k), yoğunluk (ρ) ve özgül ısı (c_p) özelliklerinde meydana gelen değişiklikler Çizelge 3'de verilmiştir. Ayrıca, tasarlanan kollektörde bazı parametreler değiştirilerek, farklı akışkanlarla birlikte çıkış sıcaklığı, enerji ve ekserji analizleri yapılmıştır.

Çizelge 2. Çalışma sıvılarının analiz parametreleri

Table 2. Analysis parameters of working fluids

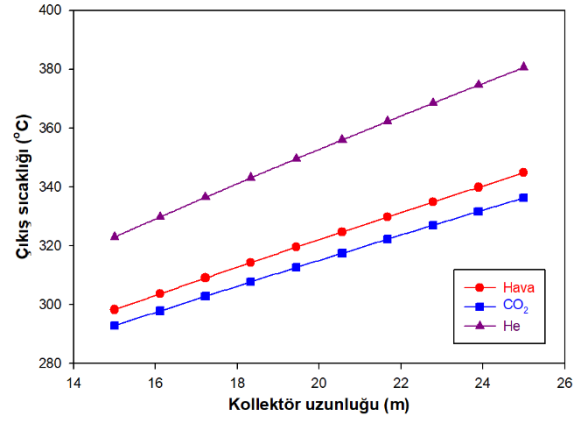
Çalışma sıvısı	m_{opt} (kg/s)	Sıcaklık aralığı (K)
Hava	0.2	300-1 300
CO ₂	0.2	300-1 300
He	0.03	300-1 300

Çizelge 3. İncelenen çalışma sıvılarının termal özellikleri
Table 3. Thermal properties of the studied working fluids

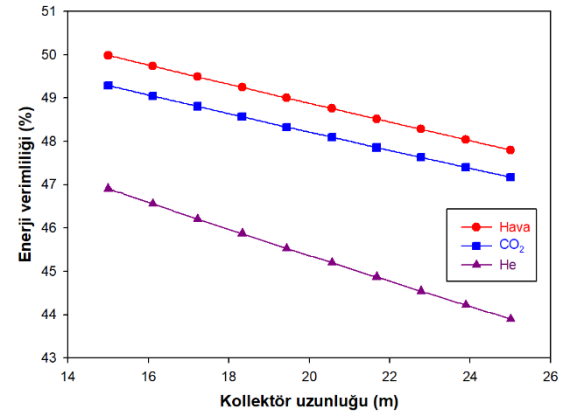
T_{in} (K)	Özellik	Hava	CO ₂	He
300	ρ (kg/m ³)	0.615	0.936	0.085
	c_p (J/kgK)	1 045	1 061	5 193
	k (W/mK)	0.044	0.039	0.244
	μ (Pas)	2.9×10^{-5}	2.7×10^{-5}	3.1×10^{-5}
	ρ (kg/m ³)	0.524	0.796	0.07
	c_p (J/kgK)	1 069	1 114	5 193
400	k (W/mK)	0.050	0.047	0.273
	μ (Pas)	3.3×10^{-5}	3×10^{-5}	3.4×10^{-5}
	ρ (kg/m ³)	0.456	0.693	0.063
	c_p (J/kgK)	1 093	1 159	5 193
	k (W/mK)	0.055	0.054	0.301
	μ (Pas)	3.6×10^{-5}	3.4×10^{-5}	3.8×10^{-5}

3.1.1. Farklı akışkan türleri için kolektör uzunluğunun etkisi

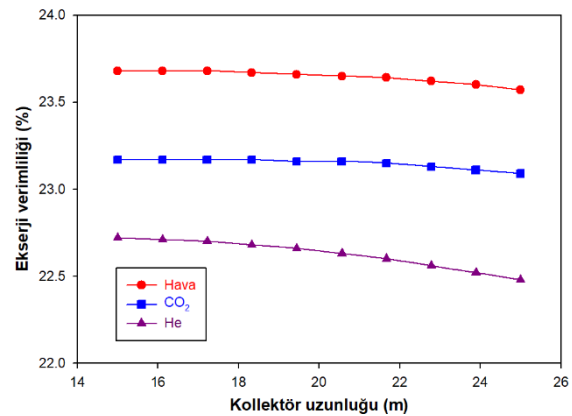
Akışkanların termal özellikleri enerji ve ekserji verimliliği üzerinde farklı sonuçlar ortaya koymaktadır. Kolektör uzunluğu artması sonucunda, açıklık alanı ve mevcut alana düşen güneş ışımasını artmaktadır. Akışkan türü olarak hava kullanıldığında, kolektörden elde edilebilecek faydalı enerji miktarının en yüksek değere ulaşıldığı belirlenmiştir. Akışkan türü olarak helyum kullanıldığında, kolektör çıkış sıcaklığının değeri en yüksek değere ulaşıldığı hesaplanmıştır. Çalışma akışkanının kolektörden çıkış sıcaklığı kolektör uzunluğu arttıkça artarken, enerji verimliliği kolektör uzunluğu arttıkça azalır. Akışkan türü hava ve karbondioksit için ekserji verimliliği artmakta olup, helyum için azalmaktadır. Kolektör uzunluğu 15 metreden 25 metreye arttırılınca; akışkan türleri hava, CO₂ ve helyum için çıkış sıcaklıkları sırasıyla 46.6°C, 43.4°C ve 57.6°C artış göstermektedir. Enerji verimliliği hava akışkanı için %2.82, CO₂ akışkanı için %1.08 ve helyum akışkanı için %1.54 düşüş göstermektedir. Ekserji verimliliği hava akışkanı için %0.11 ve CO₂ akışkanı için %0.08 artış gösterirken, helyum akışkanı için % 0.24 düşüş göstermektedir. Çizelge 4’de artan kolektör uzunluğuna bağlı olarak hesaplanan veriler gösterilmiştir. Uzunluk parametresinin, farklı akışkanlar ile çıkış sıcaklığı, enerji verimliliği ve ekserji verimliliği üzerindeki etkisi ise sırasıyla Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Farklı akışkanlar için kolektör uzunluğunun çıkış sıcaklığı değişim
Figure 2. Variation of output temperature of collector length for different fluids



Şekil 3. Farklı akışkanlar için kolektör uzunluğunun enerji verimliliği değişimi
Figure 3. Energy efficiency variation of collector length for different fluids



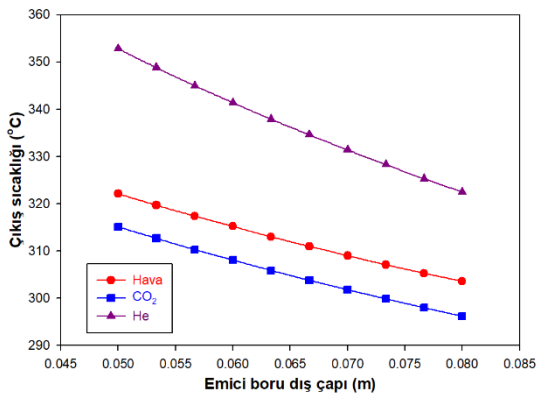
Şekil 4. Farklı akışkanlar için kolektör uzunluğunun ekserji verimliliği değişimi
Figure 4. Exergy efficiency variation of collector length for different fluids

Çizelge 4. Farklı akışkanlar için kolektör uzunluğunun sistem değişkenleri üzerine etkisi
Table 4. Effect of collector length on system variables for different fluids

L (m)	A _a (m ²)	E _{u,he} (W)	E _{u,co2} (W)	E _{u,hava} (W)	T _{o,he} (°C)	T _{o,co2} (°C)	T _{o,hava} (°C)	η _{th,he} (%)	η _{th,co2} (%)	η _{th,hava} (%)	η _{ex,he} (%)	η _{ex,co2} (%)	η _{ex,hava} (%)
15	51.15	7 235	7 354	7 506	323	292.9	298.3	46.91	49.29	49.99	22.72	23.09	23.57
20	68.2	9 674	9 834	10 044	3 528	315.1	322.1	45.37	48.21	48.88	22.64	23.16	23.66
25	85.28	11 928	12 295	12 566	380.6	336.3	344.9	43.9	47.17	47.8	22.48	23.17	23.68

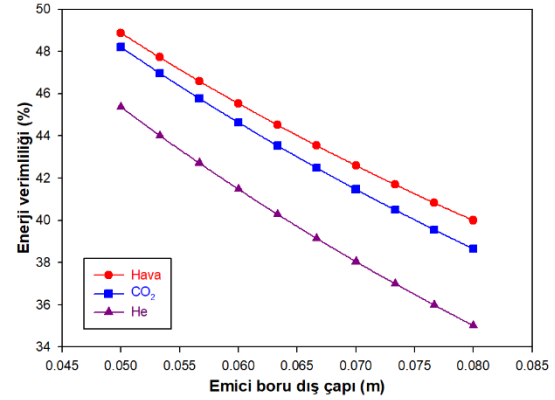
3.1.2. Farklı akışkan türleri için emici boru dış çapının etkisi

Emici borunun çapındaki artış, kolektörün alıcı yüzey alanını da artırmaktadır. Ancak bu durum, yüzey alanının büyümesiyle birlikte ısı kayıplarının da artmasına neden olur. Alıcı alan büyüdükçe, kolektörden çevreye olan ısı kayıp katsayısı düşerken; verimlilik faktörü ve akışkana aktarılan toplam ısı miktarı azalmaktadır. Bu da sistemin çıkış sıcaklığında ve elde edilen faydalı enerji miktarında düşüşe yol açmaktadır. Aynı şekilde hem enerji hem de ekserji verimliliklerinde çap büyüdükçe azalma gözlemlenmiştir. Hava çalışma akışkanı olarak kullanıldığında, faydalı enerji miktarı ile birlikte enerji ve ekserji verimlilikleri en yüksek düzeyde gerçekleşmiştir. Öte yandan, çalışma akışkanı olarak helyum kullanıldığında, sistemin çıkış sıcaklığı en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Emici boru çapı 0.05 metreden 0.07 metreye artırılınca; akışkan türleri hava, karbondioksit ve helyum için çıkış sıcaklıkları sırasıyla 13.1°C, 13.3°C ve 21.4°C düşüş göstermektedir. Enerji verimliliği akışkan türü hava için %6.28, CO₂ için %6.74 ve helyum için %7.32 düşüş göstermektedir. Ekserji verimliliği hesaplama sonuçlarına bağlı olarak akışkan türü hava için %3.33, CO₂ için %3.53, helyum için %4.05 düşüş göstermektedir. Çizelge 5’de hesaplanan veriler gösterilmiştir. Emici boru çapının, farklı akışkanlar ile çıkış sıcaklığı, enerji ve ekserji verimi üzerindeki etkisi ise sırasıyla Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7’de gösterilmiştir.



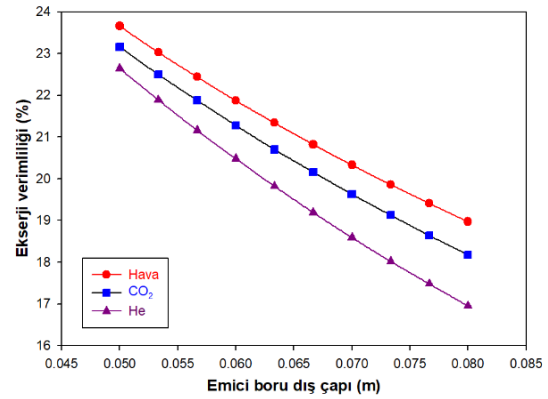
Şekil 5. Farklı akışkanlar için emici boru dış çapının çıkış sıcaklığı değişimi

Figure 5. Variation of output temperature for different fluids by the external diameter of the absorbing pipe



Şekil 6. Farklı akışkanlar için emici boru dış çapının enerji verimliliği değişimi

Figure 6. Energy efficiency variation of the external diameter of the absorbing pipe for different fluids



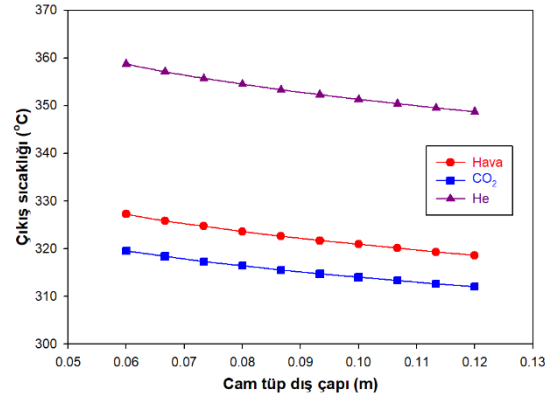
Şekil 7. Farklı akışkanlar için emici boru dış çapının ekserji verimliliği değişimi

Figure 7. Exergy efficiency variation of the external diameter of the absorbing pipe for different fluids

3.1.3. Farklı akışkan türleri için cam tüp dış çapının etkisi

Yoğunlaştırıcı kolektörde cam boru çapının artması, cam yüzey alanının büyümesine neden olurken, bu durum yansıtıcı yüzeye düşen gölgelik alanın da artmasına yol açar. Artan gölgeleme etkisiyle açıklık alanı azalmakta ve yüzeye düşen güneş ışınımı miktarında düşüş yaşanmaktadır. Bunun sonucunda, sistemdeki ısı kayıpları artar. Yapılan hesaplamalar, yoğunlaştırıcı sistemin çıkış sıcaklığı ile elde edilen faydalı enerji miktarının cam boru çapı büyüdükçe azaldığını göstermektedir. Aynı şekilde, enerji ve ekserji verimlilikleri de çap artışıyla birlikte gerilemektedir. Hava, çalışma akışkanı olarak

kullanıldığında en yüksek faydalı enerji, enerji ve ekserji verimlilik değerleri elde edilmiştir. Öte yandan, çalışma akışkanı olarak helyum kullanıldığında kolektör çıkış sıcaklığı en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Cam boru çapı 0.06 metreden 0.08 metreye artırılınca; akışkan türleri hava, karbondioksit ve helyum için ekserji çıkış sıcaklıkları sırasıyla 4°C, 3.1°C ve 4.2°C düşüş göstermektedir. Enerji verimliliği akışkan türü hava için %0.6, CO₂ için %1.3 ve helyum için %1.1 düşüş göstermektedir. Ekserji verimliliği hesaplama sonuçlarına bağlı olarak akışkan türü hava için %0.77, CO₂ için %0.7, helyum için %0.6 düşüş göstermektedir. Çizelge 6'da hesaplanan veriler gösterilmiştir. Cam boru çapının, farklı akışkanlar ile çıkış sıcaklığı, enerji ve ekserji verimi üzerindeki etkisi ise sırasıyla Şekil 8, Şekil 9 ve Şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 8. Farklı akışkanlar için cam tüp dış çapının çıkış sıcaklığı değişimi

Figure 8. Variation of output temperature of glass tube outer diameter for different fluids

Çizelge 5. Farklı akışkanlar için emici boru dış çapının sistem değişkenleri üzerine etkisi

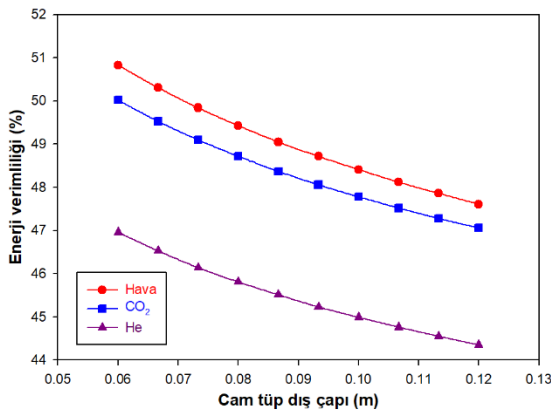
Table 5. Effect of external diameter of absorbing pipe on system variables for different fluids

Do (m)	Ar (m ²)	Eu,he (W)	Eu,co2 (W)	Eu,hava (W)	To,he (°C)	To,co2 (°C)	To,hava (°C)	η _{th,he} (%)	η _{th,co2} (%)	η _{th,hava} (%)	η _{ex,he} (%)	η _{ex,co2} (%)	η _{ex,hava} (%)
0.05	3.142	9 614	9 834	10 044	352.8	315.1	322.1	45.37	48.21	48.88	22.64	23.16	23.66
0.06	3.77	8 693	9 034	9 288	341.4	308.1	315.2	41.48	44.64	45.54	20.48	21.28	21.87
0.07	4.398	7 895	8 335	8 631	331.4	301.8	309	38.05	41.47	42.6	18.59	19.63	20.33

Çizelge 6. Farklı akışkanlar için cam tüp dış çapının sistem değişkenleri üzerine etkisi

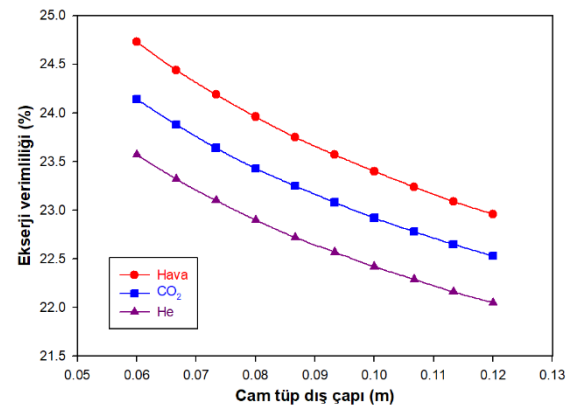
Table 6. Effect of glass tube outer diameter on system variables for different fluids

Dg (m)	Aa (m ²)	Eu,he (W)	Eu,co2 (W)	Eu,hava (W)	To,he (°C)	To,co2 (°C)	To,hava (°C)	η _{th,he} (%)	η _{th,co2} (%)	η _{th,hava} (%)	η _{ex,he} (%)	η _{ex,co2} (%)	η _{ex,hava} (%)
0.06	68.8	10 096	10 340	10 593	358.7	319.5	327	46.9	50	50	23.5	24.1	24.73
0.08	68.4	9 752	9 979	10 202	354.5	316.4	323	45.8	48.7	49.4	22.9	23.4	23.96
0.1	68	9 492	9 705	9 904	351.3	314	320	44	47.7	48.4	22.4	22.9	23.4



Şekil 9. Farklı akışkanlar için cam tüp dış çapının enerji verimliliği değişimi

Figure 9. Energy efficiency variation of glass tube outer diameter for different fluids



Şekil 10. Farklı akışkanlar için cam tüp dış çapının ekserji verimliliği değişimi

Figure 10. Exergy efficiency variation of glass tube outer diameter for different fluids

3.1.4. Farklı akışkan türleri için güneş ışın radyasyonunun etkisi

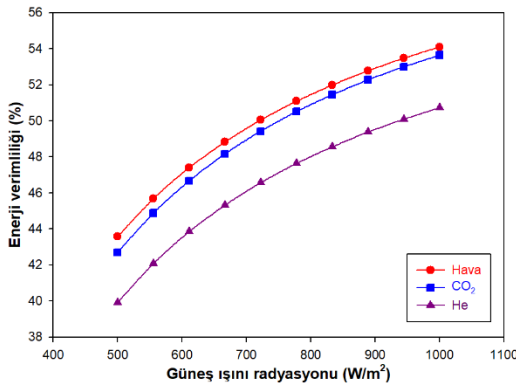
Yoğunlaştırıcı kolektörlerde yansıtıcı yüzeye ulaşan güneş radyasyonunun artması, alıcı yüzeye iletilen güneş ışınımının da doğrudan artmasına yol açmaktadır. Bu

durum, soğurucu yüzey tarafından emilen güneş radyasyonu miktarını da yükseltir. Kollektör yüzeyine düşen güneş ışınımı arttıkça, sistemden elde edilebilecek faydalı enerji miktarı da aynı oranda yükselir. Buna paralel olarak, kollektörden çıkan çalışma akışkanının sıcaklığı da artış gösterir. Alıcıya ulaşan ışıının ve üretilen faydalı enerjinin artması, sistemin enerji ve ekserji verimliliklerinde iyileşmeye neden olmaktadır. Yapılan analizler sonucunda, hava çalışma akışkanı olarak kullanıldığında en yüksek enerji ve ekserji verimliliği ile birlikte maksimum faydalı enerji elde edilmiştir. Öte yandan, çalışma akışkanı olarak helyum kullanıldığında, çıkış sıcaklığı açısından en yüksek değerlere ulaşıldığı gözlemlenmiştir. Gelen güneş ışın radyasyonu değerine bağlı olarak kollektör alıcı yüzeyine gelen ışın radyasyonu 500 W/m² artırılınca; akışkan türleri hava, karbondioksit ve helyum için çıkış sıcaklıkları sırasıyla 101°C, 95,3°C ve 134,7°C artış göstermektedir. Enerji verimliliği akışkan türü hava için %10.53, CO₂ için %10.96 ve helyum için %11.63 artış göstermektedir. Ekserji verimliliği hesaplama sonuçlarına bağlı olarak akışkan türü hava için %7.61, CO₂ için %7.64 ve helyum için %8.28 artış göstermektedir. Çizelge 7’de hesaplanan veriler verilmiştir. Güneş ışıının radyasyonunun, farklı akışkanlar ile kollektör akışkan çıkış sıcaklığı, enerji ve ekserji verimi üzerindeki etkisi ise sırasıyla Şekil 11, Şekil 12 ve Şekil 13’de gösterilmiştir.

Çizelge 7. Farklı akışkanlar için güneş ışın radyasyonunun sistem değişkenleri üzerine etkisi

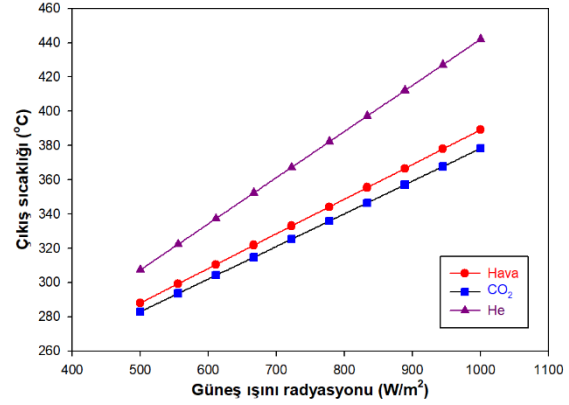
Table 7. Effect of solar radiation on system variables for different fluids

G _b (W/m ²)	E _{u,he} (W)	E _{u,co2} (W)	E _{u,hava} (W)	T _{o,he} (°C)	T _{o,co2} (°C)	T _{o,hava} (°C)	η _{th,he} (%)	η _{th,co2} (%)	η _{th,hava} (%)	η _{ex,he} (%)	η _{ex,co2} (%)	η _{ex,hava} (%)
500	6 036	6 276	6 445	307.4	283	288.1	39.1	42.69	43.57	19.01	19.77	20.3
750	11 432	11 626	11 860	374.7	330.6	338.6	47.12	49.99	50.59	24	24.41	24.9
1 000	17 332	17 407	17 721	442.1	378.3	389.1	50.73	53.65	54.1	27.29	27.41	27.91



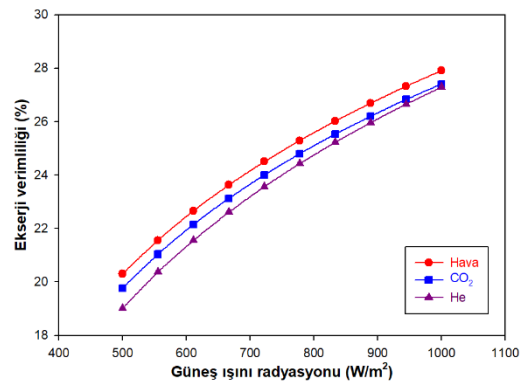
Şekil 12. Farklı akışkanlar için güneş ışın radyasyonunun enerji verimliliği değişimi

Figure 12. Energy efficiency variation of solar radiation for different fluids



Şekil 11. Farklı akışkanlar için güneş ışın radyasyonunun çıkış sıcaklığı değişimi

Figure 11. Output temperature variation of solar radiation for different fluids



Şekil 13. Farklı akışkanlar için güneş ışın radyasyonunun ekserji verimliliği değişimi

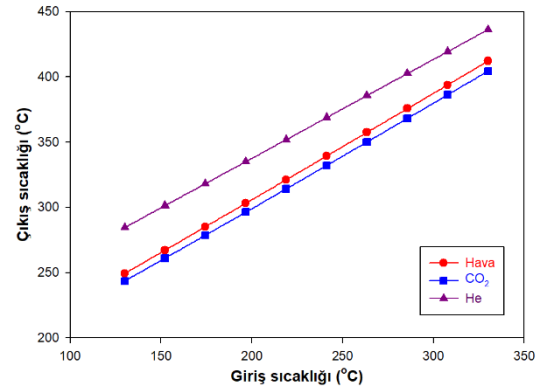
Figure 13. Exergy efficiency variation of solar radiation for different fluids

3.1.5. Farklı akışkan türleri için giriş sıcaklığının etkisi

Yoğunlaştırıcı kollektöre giren akışkanın sıcaklığındaki artış, sistemin çevreye olan ısı kaybı katsayısını azaltıcı bir etki göstermektedir. Bu durum, kollektörün verimlilik faktörünü ve akışkana aktarılan toplam ısı miktarını olumlu yönde etkilemektedir. Özellikle hava çalışma akışkanı

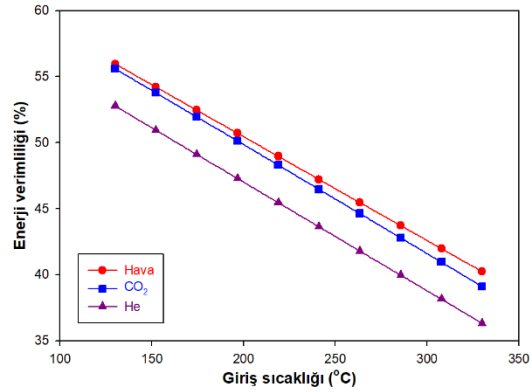
olarak kullanıldığında, ısı kayıplarındaki azalma daha belirgin şekilde gözlemlenmiştir. Giriş akışkan sıcaklığına bağlı olarak hem faydalı enerji miktarında hem de ekserji verimliliğinde artış ve azalış eğilimleri ortaya çıkmaktadır. Çünkü giren akışkan sıcaklığı arttıkça, kollektör çıkış sıcaklık farkı azalmaktadır ve bu durum ısı kaybını arttırmaktadır. Hava için bu değerler yaklaşık 260 °C'ye kadar artış gösterirken; CO₂ için 250 °C'ye, helyum için ise 230 °C'ye kadar çıkmaktadır. Bu sıcaklık eşiklerinin aşılması durumunda ise her iki performans parametresinde de düşüş gözlemlenmektedir. Analiz sonuçlarına göre, helyum akışkanı için 400 K civarında, hava akışkanı için ise 500–600 K aralığında faydalı enerji miktarı ve ekserji verimliliği maksimum düzeye ulaşmaktadır. Ayrıca, çalışma akışkanının çıkış sıcaklığı, giriş sıcaklığı ile doğru orantılı olarak artmakta olup, helyum akışkanı bu parametrede en yüksek değeri göstermektedir.

Giren akışkan sıcaklığı 130°C'den 230°C'ye artırılınca; akışkan türleri hava, karbondioksit ve helyum için çıkış sıcaklıkları sırasıyla 162.9°C, 160.9°C ve 151.8°C artış göstermektedir. Enerji verimliliği akışkan türü hava için %15.73, CO₂ için %16.49 ve helyum için %16.47 oranında düşüş göstermektedir. Ekserji verimliliği hesaplama sonuçlarına bağlı olarak ilk 100°C artışta akışkan türü hava için %2.57, CO₂ için %2.42 ve helyum için %1.43 artış gösterirken sonrasında düşüşe geçmektedir. Çizelge 8'de hesaplanan veriler gösterilmiştir. Giren akışkan sıcaklığının, farklı akışkanlar ile çıkış sıcaklığı, enerji ve ekserji verimi üzerindeki etkisi sırasıyla Şekil 14, Şekil 15 ve Şekil 16'da gösterilmiştir.



Şekil 14. Farklı akışkanlar için giriş sıcaklığının çıkış sıcaklığı değişimi

Figure 14. Output temperature variation of input temperature for different fluids

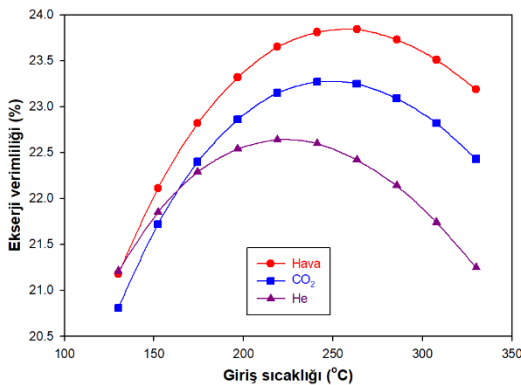


Şekil 15. Farklı akışkanlar için giriş sıcaklığının enerji verimliliği değişimi

Figure 15. Energy efficiency variation of input temperature for different fluids

Çizelge 8. Farklı akışkanlar için giriş sıcaklığının sistem değişkenleri üzerine etkisi üzerine etkisi
Table 8. Effect of input temperature on system variables for different fluids

T _i (°C)	E _{u,he} (W)	E _{u,co2} (W)	E _{u,hava} (W)	T _{o,he} (°C)	T _{o,co2} (°C)	T _{o,hava} (°C)	η _{th,he} (%)	η _{th,co2} (%)	η _{th,hava} (%)	η _{ex,he} (%)	η _{ex,co2} (%)	η _{ex,hava} (%)
130	9 004	8 837	8 991	284.5	243.6	249.3	52.79	55.6	55.97	21.21	20.81	21.18
230	9 611	9 864	10 083	360.4	323.2	330.3	44.54	47.39	48.09	22.64	23.23	23.75
330	9 024	9 524	9 847	436.3	404.5	412.2	36.32	39.11	40.24	21.25	22.43	23.19



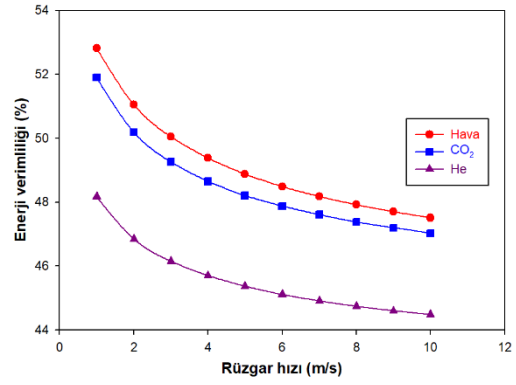
Şekil 16. Farklı akışkanlar için giriş sıcaklığının ekserji verimliliği değişimi

Figure 16. Exergy efficiency variation of input temperature for different fluids

3.1.6. Farklı akışkan türleri için rüzgâr hızının etkisi

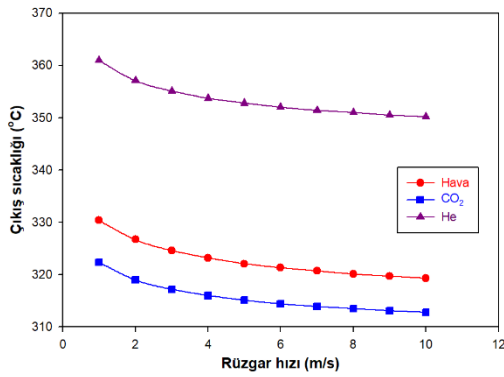
Yoğunlaştırıcı kollektör etrafındaki rüzgâr hızının artması, sistemin çevreye olan ısı kaybı katsayısında artışa neden olmaktadır. Bu durum, kollektörün verimlilik faktörünü düşürmekte ve akışkana aktarılan toplam ısı miktarını azaltmaktadır. Özellikle helyumun çalışma akışkanı olarak kullanıldığı durumlarda ısı kaybı daha belirgin şekilde artmaktadır. Artan rüzgâr hızıyla birlikte sistemden elde edilen faydalı enerji miktarında azalma görülmekte, bu azalma enerji ve ekserji verimliliğinde de düşüşe yol açmaktadır. Rüzgârın etkisiyle faydalı enerjide meydana

gelen kayıplar, çıkış sıcaklığının da düşmesine neden olmaktadır. Yapılan analizler, hava akışkanını kullanıldığında faydalı enerji, enerji verimliliği ve ekserji verimliliği açısından en yüksek değerlere ulaşıldığını ortaya koyarken; helyum akışkanını ile yapılan hesaplamalarda en yüksek çıkış sıcaklığı elde edilmiştir. Rüzgâr hızı 1 m/s'den 10 m/s'ye arttırınca; akışkan türleri hava, karbondioksit ve helyum için çıkış sıcaklıkları sırasıyla 11.1°C, 9.6°C ve 10.8°C düşüş göstermektedir. Enerji verimliliği akışkan türü hava için %5.31, CO₂ için %4.87 ve helyum için %3.69 düşüş göstermektedir. Ekserji verimliliği hesaplama sonuçlarına bağlı olarak akışkan türü hava için %2.86, CO₂ için %2.59 ve helyum için %2.08 düşüş göstermektedir. Çizelge 9'da hesaplanan veriler gösterilmiştir. Rüzgâr hızının, farklı akışkanlar ile çıkış sıcaklığı, enerji ve ekserji verimi üzerindeki etkisi sırasıyla Şekil 17, Şekil 18 ve Şekil 19'da gösterilmiştir.



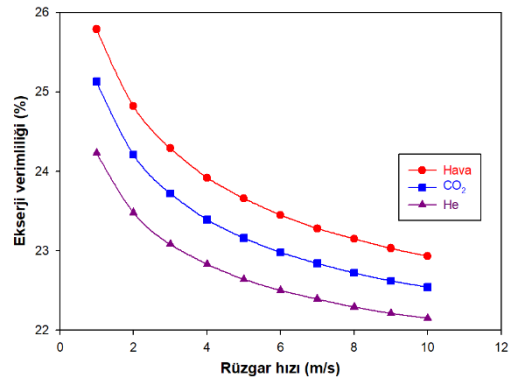
Şekil 18. Farklı akışkanlar için rüzgâr hızının enerji verimliliği değişimi

Figure 18. Energy efficiency variation of wind speed for different fluids



Şekil 17. Farklı akışkanlar için rüzgâr hızının çıkış sıcaklığı değişimi

Figure 17. Variation of output temperature with wind speed for different fluids



Şekil 19. Farklı akışkanlar için rüzgâr hızının ekserji verimliliği değişimi

Figure 19. Exergy efficiency variation of wind speed for different fluids

Çizelge 9. Farklı akışkanlar için rüzgâr hızının sistem değişkenleri üzerine etkisi
Table 9. Effect of wind speed on system variables for different fluids

v_w (m/s)	$E_{u,he}$ (W)	$E_{u,co2}$ (W)	$E_{u,hava}$ (W)	$T_{o,he}$ (°C)	$T_{o,co2}$ (°C)	$T_{o,hava}$ (°C)	$\eta_{th,he}$ (%)	$\eta_{th,co2}$ (%)	$\eta_{th,hava}$ (%)	$\eta_{ex,he}$ (%)	$\eta_{ex,co2}$ (%)	$\eta_{ex,hava}$ (%)
1	10 288	10 668	10 949	361	322.4	330.4	48.17	51.9	52.82	24.23	25.13	25.79
5	9 614	9 834	10 044	352.8	315.1	322.1	45.37	48.21	48.88	22.64	23.16	23.66
10	9 403	9 569	9 734	350.2	312.8	319.3	44.48	47.03	47.51	22.15	22.54	22.93

Çizelge 10. Farklı akışkanlar için geliş açısının sistem değişkenleri üzerine etkisi
Table 10. Effect of incidence angle on system variables for different fluids

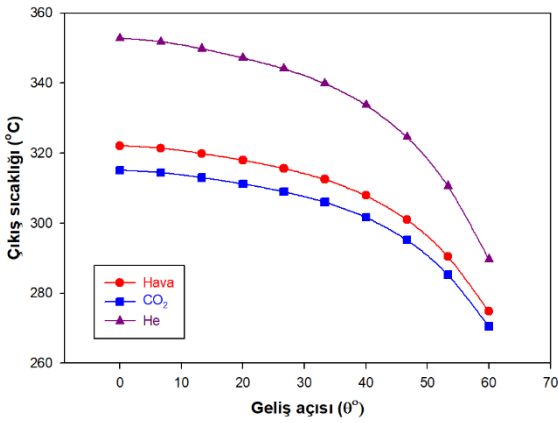
θ	$K(\theta)$	η_{opt}	$E_{u,he}$ (W)	$E_{u,co2}$ (W)	$E_{u,hava}$ (W)	$T_{o,he}$ (°C)	$T_{o,co2}$ (°C)	$T_{o,hava}$ (°C)	$\eta_{th,he}$ (%)	$\eta_{th,co2}$ (%)	$\eta_{th,hava}$ (%)	$\eta_{ex,he}$ (%)	$\eta_{ex,co2}$ (%)	$\eta_{ex,hava}$ (%)
0	1	0.748	9 614	9 834	10 044	352.8	315.1	322.1	45.37	48.21	48.88	22.64	23.16	23.66
30	0.941	0.704	8 754	8 982	9 182	342.2	307.6	314.2	41.74	44.4	45.07	20.62	21.15	21.63
60	0.650	0.486	4 716	4 951	5 105	289.7	270.5	274.8	23.8	25.58	26.23	11.11	11.66	12.02

3.1.7. Farklı akışkan türleri için güneş ışın geliş açısının etkisi

Yoğunlaştırıcı güneş kolektöründe güneş ışınlarının geliş açısının artması, geliş açısı değiştiricisinin değerinin düşmesine neden olmaktadır. Bu azalma, optik verimliliğin gerilemesine yol açarak soğurulan güneş ışınımı miktarını ve buna bağlı olarak elde edilen faydalı enerjiyi

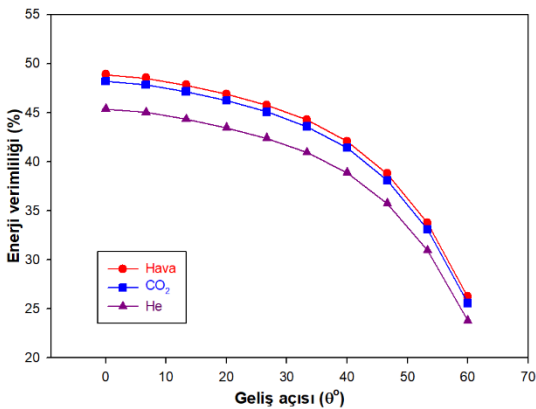
azaltmaktadır. Faydalı enerjideki bu düşüş, sistemin çıkış sıcaklığında da azalmaya sebep olmaktadır. Mevcut güneş ışınlamı bu durumdan etkilenmesede, geliş açısındaki artış, enerji ve ekserji verimliliklerinin gerilemesine neden olur. Yapılan değerlendirmelerde, hava akışkanı kullanıldığında sistemin faydalı enerji üretimi, enerji verimliliği ve ekserji verimliliği bakımından en iyi performansı gösterdiği; helyum kullanıldığında ise en yüksek çıkış sıcaklığına ulaşıldığı tespit edilmiştir.

Gelen güneş ışın açısı 30° 'den 60° 'ye arttırınca; akışkan türleri hava, karbondioksit ve helyum için çıkış sıcaklıkları sırasıyla $39,4^\circ\text{C}$, $37,1^\circ\text{C}$ ve $52,5^\circ\text{C}$ düşüş göstermektedir. Enerji verimliliği akışkan türü hava için %18,84, CO_2 için %18,82 ve helyum için ise %17,94 düşüş göstermektedir. Ekserji verimliliği hesaplama sonuçlarına bağlı olarak akışkan türü hava için %9,61, CO_2 için %9,49 ve helyum için %9,51 düşüş göstermektedir. Çizelge 10'da hesaplanan veriler gösterilmiştir. Güneş geliş açısının, farklı akışkanlar ile çıkış sıcaklığı, enerji ve ekserji verimi üzerindeki etkisi sırasıyla Şekil 20, Şekil 21 ve Şekil 22'de gösterilmiştir.



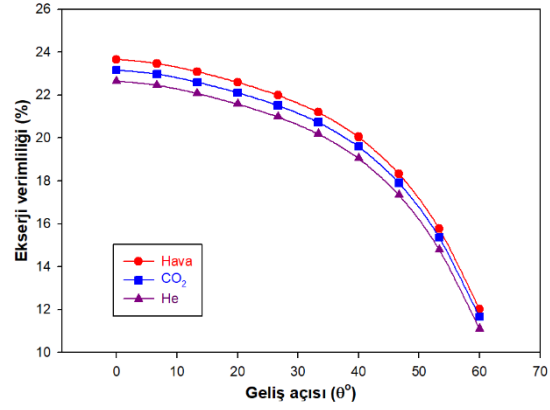
Şekil 20. Farklı akışkanlar için güneş ışın geliş açısı çıkış sıcaklığı değişimi

Figure 20. Variation between solar radiation incidence angle and output temperature for different fluids



Şekil 21. Farklı akışkanlar için güneş ışın geliş açısı enerji verimi değişimi

Figure 21. The variation between solar radiation incidence angle and energy efficiency for different fluids



Şekil 22. Farklı akışkanlar için güneş ışın geliş açısı ekserji verimi değişimi

Figure 22. Variation between solar radiation incidence angle and exergy efficiency for different fluids

4. Sonuçlar

Bu çalışma, bir parabolik oluk tipi kollektörün daha verimli çalışabilmesi için yapılan analizleri içermektedir. Yapılan analizlerin bundan sonraki çalışmalar için faydalı olabilmesi amaçlanmaktadır. Bu tasarımlar, kararlı durum koşulları altında incelenmiş ve çeşitli çalışma koşulları için analiz edilmiştir. Ayrıca, termodinamik değerlendirme, ortak literatür sonuçlarıyla doğrulanan geliştirilmiş bir model olan EES yazılımında gerçekleştirilmiştir.

Kollektör uzunluğu arttıkça alan artar ve alana düşen güneş ışınlamı da artar. Bu durum kollektörden elde edilebilecek faydalı enerji miktarının ve çıkış sıcaklığının artmasını sağlarken, sistemin enerji verimliliğini düşürmektedir. Bunun sebebi yüzey alanının artması ile ısı kayıplarının da artmasıdır. Aynı zamanda çıkış sıcaklığı arttıkça, kollektör yüzeyinin çevre ile arasındaki sıcaklık farkı da artar ve ısı kaybı hızlanır.

Kollektör uzunluğu 15 m'den 25 m'e yükseltildiğinde;

- Akışkan türü helyum için çıkış sıcaklığı 323°C 'den $380,6^\circ\text{C}$ 'ye yükselirken, enerji verimliliği %46,91'den %43,9'a düşmektedir. Aynı şekilde ekserji verimliliği de %22,72'den %22,48'e düşmektedir.
- Akışkan türü CO_2 için çıkış sıcaklığı $292,9^\circ\text{C}$ 'den $336,3^\circ\text{C}$ 'ye yükselirken, enerji verimliliği %49,29'dan %47,17'ye düşmektedir. Ekserji verimliliği %23,09'dan %23,17'ye yükselmektedir.
- Akışkan türü hava için çıkış sıcaklığı $293,3^\circ\text{C}$ 'den $344,9^\circ\text{C}$ 'ye yükselirken, enerji verimliliği %49,99'dan %47,8'e düşmektedir. Ekserji verimliliği %23,57'den %23,68'e yükselmektedir.

Yoğunlaştırıcı kollektörün emici boru çapı büyüdükçe kollektör alanına düşen güneş ışınlamı artacağından optik verim artarken, kollektör alanına düşen gölgeleme de arttığı için termal verim de azalmaktadır. Aynı zamanda boru yüzeyi büyüdüğü için çevreye olan temas alanı artar ve bu durum ısı kaybını da artırır. Emici boru çapı

büyüdükçe, içindeki akışkan arttığı için taşınan enerji yayılır ve çıkış sıcaklığı düşer. Emici boru çapı 0.05 m'den 0.07 m'e yükseltildiğinde;

- Akışkan türü helyum için çıkış sıcaklığı 352.8°C'den 331.4°C'ye, enerji verimliliği %45.37'den %38.05'e ve ekserji verimliliği %22.64 den %18.59'a düşmektedir.
- Akışkan türü CO₂ için çıkış sıcaklığı 315.1°C'den 301.8°C'ye, enerji verimliliği %48.21'den %41.47'ye ve ekserji verimliliği de %23.16'dan %19.63'e düşmektedir.
- Akışkan türü hava için çıkış sıcaklığı 322.1°C'den 309°C'ye, enerji verimliliği %48.88'den %42.6'ya ve ekserji verimliliği %23.66'dan %20.33'e düşmektedir.

Kollektör için cam boru çapı büyüdükçe yansıtıcı yüzey alanına düşen gölgelenme artacağından yoğunlaştırma azalır ve verim düşer. Cam çapı büyüdükçe güneş ışınlarının emici boruya geliş açısı değişir böylece emilim azalır. Cam boru çapı 0.06 m'den 1 m'e yükseltildiğinde;

- Akışkan türü helyum için çıkış sıcaklığı 358.7°C'den 351.3°C'ye, enerji verimliliği %46.9'dan %44'e ve ekserji verimliliği %23.57 den %22.42'e düşmektedir.
- Akışkan türü CO₂ için çıkış sıcaklığı 319.5°C'den 314°C'ye, enerji verimliliği %50'den %47.7'ye ve ekserji verimliliği de %24.14'den %22.92'e düşmektedir.
- Akışkan türü hava için çıkış sıcaklığı 327.2°C'den 320.9°C'ye, enerji verimliliği %50'den %48.4'e ve ekserji verimliliği %24.73'den %23.4'e düşmektedir.

Güneş ışın radyasyonunun artmasıyla optik ve termal verim artmaktadır. Güneş ışın radyasyonu 500 W/m² değerinden 1000 W/m² değerine yükseltildiğinde;

- Akışkan türü helyum için çıkış sıcaklığı 307.4°C'den 442.1°C'ye, enerji verimliliği %39.1'den %50.73'e ve ekserji verimliliği %19.01 den %27.29'a yükselmektedir.
- Akışkan türü CO₂ için çıkış sıcaklığı 283°C'den 378.3°C'ye, enerji verimliliği %42.69'dan %53.65'e ve ekserji verimliliği de %19.77'den %27.41'e yükselmektedir.
- Akışkan türü hava için çıkış sıcaklığı 288.1°C'den 389.1°C'ye, enerji verimliliği %43.57'den %54.1'e ve ekserji verimliliği %20.3'den %27.91'e yükselmektedir.

Yoğunlaştırıcı kollektöre giren akışkan sıcaklığı arttıkça, kollektördeki çıkış sıcaklık farkı azalır. Bu durum ısı transferini azaltır, ısı kaybını artırır ve enerji alımı düşer. Kollektör akışkan türlerine göre farklı tepkiler vermektedir. Giren akışkan sıcaklığı 130°C'den 330°C'ye yükseltildiğinde;

- Akışkan türü helyum için giren akışkan sıcaklığı arttıkça çıkış sıcaklığı ve ekserji verimliliği yükselirken 230°C'den sonra verimlilik düşmektedir. Buna rağmen 130°C'den 330°C aralığında; çıkış sıcaklığı 284.5°C'den 436.3°C'ye ve ekserji

verimliliği %21.21 den %21.25'e yükselmektedir. Enerji verimliliği ise %52.79'dan %36.32'ye düşmektedir. Helyum akışkanının 230°C'den sonra veriminin düşmesinin sebebi ısı taşıma kapasitesi ve yoğunluğunun düşük olması ama ısı iletkenliğinin yüksek olmasıdır.

- Akışkan türü CO₂ için giren akışkan sıcaklığı arttıkça çıkış sıcaklığı ve ekserji verimliliği yükselirken 250°C'den sonra verimlilik düşmektedir. Buna rağmen 130°C'den 330°C aralığında; çıkış sıcaklığı 243.6°C'den 404.5°C'ye, ekserji verimliliği %20.81'den %22.43'e yükselmektedir. Enerji verimliliği ise %55.6'dan %39.11'e düşmektedir. CO₂ akışkanının 250°C'den sonra veriminin düşme sebebi giriş sıcaklığı arttıkça yoğunluğun azalmasıdır. Bu sebeple taşıdığı enerji sabit kalır.
- Akışkan türü hava için giren akışkan sıcaklığı arttıkça çıkış sıcaklığı ve ekserji verimliliği yükselirken 260°C'den sonra verimlilik düşmektedir. Buna rağmen 130°C'den 330°C aralığında; çıkış sıcaklığı 249.3°C'den 412.2°C'ye, ekserji verimliliği %21.18'den %23.19'a yükselmektedir. Enerji verimliliği ise %55.97'den %40.24'e düşmektedir. Hava akışkanının 260°C'den sonra veriminin düşme sebebi ısı iletkenliği düşük olduğu için daha yavaş ısınmasıdır.

Çevre ortamın rüzgâr hızının artması, kollektörden çevreye olan ısı kaybını artırarak, kollektör verimliliğini düşürmektedir. Rüzgarla beraber emici yüzey de soğuduğu için akışkana aktarılan ısı azalır. Rüzgâr hızı 1 m/s'den 10 m/s'e yükseltildiğinde;

- Akışkan türü helyum için çıkış sıcaklığı 361°C'den 350.2°C'ye, enerji verimliliği %48.17'den %44.48'e ve ekserji verimliliği %24.23'den %22.15'e düşmektedir.
- Akışkan türü CO₂ için çıkış sıcaklığı 322.4°C'den 312.8°C'ye, enerji verimliliği %51.9'dan %47.03'e ve ekserji verimliliği de %25.13'den %22.54'e düşmektedir.
- Akışkan türü hava için çıkış sıcaklığı 330.4°C'den 319.3°C'ye, enerji verimliliği %52.82'den %47.51'e ve ekserji verimliliği %25.79'den %22.93'e düşmektedir.

Güneş geliş açısının artması, geliş açısı değiştiricisini azalttığı için optik ve termal verim azalmaktadır. Geliş açısı 0°'den 60°'ye yükseltildiğinde;

- Akışkan türü helyum için çıkış sıcaklığı 352.8°C'den 289.7°C'ye, enerji verimliliği %45.37'den %23.8'e ve ekserji verimliliği %22.64'den %11.11'e düşmektedir.
- Akışkan türü CO₂ için çıkış sıcaklığı 315.1°C'den 270.5°C'ye, enerji verimliliği %48.21'den %25.58'e ve ekserji verimliliği de %23.16'dan %11.66'a düşmektedir.
- Akışkan türü hava için çıkış sıcaklığı 322.1°C'den 274.8°C'ye, enerji verimliliği %48.88'den %26.23'e ve ekserji verimliliği %23.66'dan %12.02'e düşmektedir.

5. Teşekkür

Bu çalışma, Elif Berca Eroğlu tarafından Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda hazırlanan "Parabolik oluk tipi güneş kolektörü için tasarım parametreleri, termodinamik ve ekonomik analizlerinin incelenmesi" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makalenin hazırlanmasında eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

6. Kaynaklar

- Aydın, E., Şengül, F., & Ustaömer, Ö. (2020). *Güneş Kolektörü Projesi*. (Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi)
- Bellos, E., & Tzivanidis, C. (2018). Thermal analysis of parabolic trough collector operating with mono and hybrid nanofluids. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 26, 105-115. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2017.10.005>
- Bellos, E., Tzivanidis, C., & Tsimpoukis, D. (2018). Thermal, hydraulic and exergetic evaluation of a parabolic trough collector operating with thermal oil and molten salt based nanofluids. *Energy Conversion and Management*, 156, 388-402. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.11.051>
- Bellos, E., & Tzivanidis, C. (2019). Alternative designs of parabolic trough solar collectors. *Progress in Energy and Combustion Science*, 71, 81-117. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2018.11.001>
- Biencinto, M., González, L., Zarza, E., Díez, L. E., & Muñoz-Antón, J. (2014). Performance model and annual yield comparison of parabolic-trough solar thermal power plants with either nitrogen or synthetic oil as heat transfer fluid. *Energy conversion and management*, 87, 238-249. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.07.017>
- Cengel, Y. A., Boles, M. A., & Kanoğlu, M. (2011). *Thermodynamics: an engineering approach*. New York: McGraw-hill.
- Çolak, L. (2003). *Güneşi Takip Eden Parabolik Oluk Tipi Güneş Kolektörlerinin Matematiksel Modellenmesi Tasarımı ve Teknik Optimizasyonu*. (Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Eroçşkun, G., Keskin, A., Metin, G., & Altıparmak, D. (2013). Çift oluklu parabolik oluk tipi güneş kolektörünün tasarımı, imalatı ve performansının incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 28(4), 855-863.
- García-Valladares, O., & Velázquez, N. (2009). Numerical simulation of parabolic trough solar collector: Improvement using counter flow concentric circular heat exchangers. *International journal of heat and mass transfer*, 52(3-4), 597-609.
- Guo, J., Huai, X., & Liu, Z. (2016). Performance investigation of parabolic trough solar receiver. *Applied Thermal Engineering*, 95, 357-364. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2015.11.035>
- Kalogirou, S. A. (2004). Solar thermal collectors and applications. *Progress in energy and combustion science*, 30(3), 231-295. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2004.02.001>
- Kalogirou, S. A. (2013). *Solar energy engineering: processes and systems*. Academic press
- Nain, S., Ahlawat, V., Kajal, S., Anuradha, P., Sharma, A., & Singh, T. (2021). Performance analysis of different U-shaped heat exchangers in parabolic trough solar collector for air heating applications. *Case Studies in Thermal Engineering*, 25, 100949. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.100949>
- Öztürk, H. (2008). *Yenilenebilir enerji kaynakları ve kullanımı*. Teknik Yayınevi.

- Padilla, R. V. (2011). *Simplified methodology for designing parabolic trough solar power plants*. University of South Florida.
- Petela, R. (2003). Exergy of undiluted thermal radiation. *Solar energy*, 74(6), 469-488. [https://doi.org/10.1016/s0038-092x\(03\)00226-3](https://doi.org/10.1016/s0038-092x(03)00226-3)
- Sevim, S., Bektaş, A., & Yurddaş, A. (2022). Parabolik oluk güneş kolektörü ısı transferi özelliklerinin alıcı boruya kanatçık ilavesi ile iyileştirilmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 1022-1040. <https://doi.org/10.47495/okufbed.1129853>
- Üçgöl, İ., Delikanlı, K., Öztürk, M., & Şenol, R. (2006). Yüksek sıcaklıklı güneş enerjisi alıcı sistemleri için malzeme seçimi. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3, 53-64.
- Varınca, K. B., & Gönüllü, M. T. (2006). Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma. *Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi*. 21-23 Haziran, Eskişehir, 270-275.



Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

Bakım Yönetimi ve Bakım Planlaması Konulu Lisansüstü Tezlerin Bibliyometrik Analizi

Melike Gökçen Ünver¹, Emel Güven¹, Mehmet Pınarbaşı¹, Tamer Eren^{1*}

¹Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü – Kırıkkale-Türkiye

*Sorumlu yazar: tamereren@gmail.com

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 12/09/2024

Kabul tarihi: 04/03/2025

Anahtar Kelimeler: Bakım Planlama,
Bakım Yönetimi, Bibliyometrik Analiz,
Lisansüstü Tezler

DOI: 10.55979/tjse.1549270

ÖZET

Sistem bileşenleri birlikte sorunsuz bir şekilde hareket ettiğinde çıktı elde edilir ve sistem amacına ulaşılır. Bileşenlerin sorunsuz bir şekilde istenen işlevini yerine getirmesi, uzun ömürlü olması için sistemlerde bakıma dair tüm faaliyetlerin organize edilmesi adına bakım yönetimi ve bakımlarının hangi zaman dilimlerinde kaç kere yapılacağına dair karar verileceği bakım planlaması yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada, “Bakım Yönetimi” ve “Bakım Planlaması” konuları hakkında Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi Elektronik Arşivi’nde (YÖKTEZ) yazılmış olan lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma; 29.08.2024 tarihine kadar yayınlanan tezleri kapsamaktadır. Konular ile ilgili 95 çalışma analize dahil edilmiştir. Konular kapsamında ilk tez 1981 yılında yazılmış olup en fazla 2020 ve 2023 yıllarında tez yazılmıştır. En çok tez yayınlanan üniversitenin İstanbul Teknik Üniversitesi olduğu tespit edilmiştir. Bilim dalı kapsamında; %31.03 oran ile en fazla Endüstri Mühendisliği ana bilim dalında tez yazılmıştır. Tez türü bakımından en fazla yüksek lisans tezi yazılmıştır. Yapılan bu çalışma aynı zamanda literatürde benzerinin olmamasıyla birlikte bu alanda yayınlanan ilk özgün çalışma olma özelliği taşımaktadır. Bu çalışmanın ileride bu konularda yapılacak çalışmalara destek olması amaçlanmıştır.

Bibliometric Analysis of Postgraduate Theses on Maintenance Management and Maintenance Planning

ARTICLE INFO

Received: 12/09/2024

Accepted: 04/03/2025

Keywords: Bibliometric Analysis,
Maintenance Planning, Maintenance
Management, Postgraduate Theses

DOI: 10.55979/tjse.1549270

ABSTRACT

When system components operate seamlessly together, output is generated, and the system achieves its purpose. To ensure that components perform their desired functions smoothly and have a long lifespan, maintenance management and planning must be organized within systems. This involves determining the frequency and timing of maintenance activities. This study presents a bibliometric analysis of graduate theses written on the topics of "Maintenance Management" and "Maintenance Planning" in the Yükseköğretim Kurulu National Thesis Center Electronic Archive (YÖKTEZ). The analysis includes theses published up until August 29, 2024. A total of 95 studies were included in the analysis. The first thesis on the topic was written in 1981, with the highest number of theses published in 2020 and 2023. Istanbul Technical University was identified as the institution with the most theses published. In terms of academic discipline, the Industrial Engineering department accounted for the highest percentage of theses, with 31.03%. Most of the theses were master's theses. This study is the first original work in this field and is unique in the literature. It aims to support future research on these topics.

1. Giriş

Sistem, belirli unsurların (işgücü, makine, yapı vb.) bir arada uyum içerisinde ortak bir amaca hizmet etmesi olarak tanımlanabilir (Ataman, 2024). Sistemlerin bir bütün olarak verimli değerlendirilebilmesi ve sürdürülebilir olması için sisteme dâhil olan tüm bileşenlerin sorunsuz bir şekilde istenen işlevini yerine getirmesi gerekmektedir (Ünal, 2009). Bu bağlamda; sistemlerin bir parçası olan makinelerin, aletlerin, yapıların, araçların sorunsuz ve sürekli işler durumda olması gerekmektedir çünkü bu bileşenler sayesinde ürünün/hizmetin ortaya çıkması sağlanmaktadır. Sistemlerde ortaya çıkabilecek ve akışları olumsuz etkileyebilecek olası durumların giderilerek bu bileşenlerin sürekli işler durumda olmasının sağlanması

için yapılan faaliyetlere bakım adı verilir (Swanson, 2001; Araz, 2016).

Bakıma dair birçok faaliyet ve bileşen bulunmaktadır. Bakım yönetimi ile tüm bunlar sistematik, hızlı ve kontrollü bir şekilde ilerletilebilmektedir. Bakım yönetimi; optimal stratejinin belirlenmesi, bakım planlarının yapılması ve bunların kontrollerinin yapılarak denetlenmesi, sistemlerin bileşenlerle birlikte ömrünün uzatılması, bileşenlerin istenen çalışma düzeylerinde olmasını sağlamak, aşınmayı minimum düzeyde tutmak, makine vb. bileşenlerin sistemde bulunduğu süreç içerisinde üretim gerçekleştirmesini sağlamak, faaliyetlerin düşük maliyetler ile gerçekleştirilmesini sağlamak gibi birçok faaliyet ve işlevi kapsamaktadır (Taşın, 2006; Baskak, 2005; Chu vd., 1998). Tüm

bunlardan çıkarılan sonuç ile bakım yönetimi gerçekleştirildiği takdirde sürecin daha verimli ve sistematik ilerlemesinden söz edilebilir. Sistemlerde; sistemde bulunan bir bileşenin herhangi bir bakımında üretimde oluşacak atıl sürenin minimum olması amacıyla kritik parçalarının yedeğinin bulundurulması ve ulaşılabilir olması gerekmektedir burada devreye bakım yönetimine dair birçok faaliyet girer (Şimşir, 2002).

Bileşenlerin uzun zamanlı sorunsuz kullanımının sağlanması için bakımlarının da zamanında yapılması gerekmektedir. Herhangi bir makine ya da yapının zamanında gerekli bakımı yapılmaz ise ömürleri kısalsabilir, aşınma gerçekleşebilir bunların sonucunda üretimde/hizmet sunumunda aksamalar olur, aksamalardan kaynaklı farklı türlerde maliyetler ortaya çıkar, atıl sürelerde artış olur ve verimlilik olumsuz yönde etkilenir, ürünler zarar görebilir, üretici ve tüketici arasında sorunlar açığa çıkabilir. Tüm bunların önüne geçebilmek için sistemin çalışma durumunu engellemeyecek şekilde optimal bakım planının oluşturularak uygulanması gerekmektedir. Bakım planlaması ile bileşenin sistemde durduğu süreçte kaç kere ve ne kadar sürede bakımının yapılacağına dair planlamalar yapılmaktadır bu sayede süreç daha çok öngörülebilir bir hal alır (Er, 2004; Erbaş, 2018).

Bakım sistemleri, mevcut sistemlerin çalışma düzeyinin sürekliliğinin sağlanması ve en az istenen düzeyde tutulup geliştirilmesini hedefleyen planlı ve plansız faaliyetleri kapsamaktadır (Şimşir, 2002). Bakım yönetiminde planlar genel anlamda planlı ve plansız bakım olarak iki dalda incelenir (Biroğul & Koçer, 2018).

Plansız yani düzeltici bakım; sistemlerde herhangi bir arıza durumunda arızayı gidermek amacıyla yapılan bakım türüdür. Bu bakım türünde birçok maliyete katlanılmaktadır ve sistemleri olumsuz etkilemektedir. Örneğin yedek parça maliyetleri yüksektir, arızanın giderilmesi için normal mesai dışında da çalışma yapılabilir bu da ek maliyete sebep olur, üretim ve bakım kaynakları etkin kullanılamaz (Atapek, 2022).

Bu çalışma kapsamında planlı bakım üzerinde durulmuş ve araştırma da bu tür üzerinden yapılmıştır. Planlı bakımda; bileşenlerin bakımının ne kadar süre aralıklarıyla ve kaç kere yapılacağı belirli stratejiler kapsamında arıza oluşmadan planlanmaktadır. Planlı bakımın üç türü bulunmaktadır. Bunlar: koruyucu bakım, önleyici bakım ve kestirimci bakımdır (Atapek 2022).

Periyodik bakım olarak da bilinen koruyucu bakım, bileşenlerin belirlenen düzenli aralıklarla bakımının yapılmasıdır. Bu bakım türünde amaç belirlenmiş olan süre içerisinde bakımların yapılması ve sonucunda arızaların önüne geçilmesidir (Araz, 2016). Düzenli yapılan bu bakımlar sayesinde karşılaşılabilecek herhangi bir arıza önlenmektedir ve bakımı yapılan bileşenin daha iyi çalışması sağlanmaktadır. Önleyici bakıma göre parçaların birer kullanım ömrü vardır ve bu kullanım ömrüne göre parça değişimi yapılmaktadır (Muştu, 2018). Uyarıcı bakım olarak da bilinen kestirimci bakım, bileşenlerin izlenmesi sonucunda verilerin analiz edilmesiyle

arızalanabilme durumunun tahmin edilmesi ve buna göre bir plan oluşturulması mantığına dayanır (Ötleş, 2019).

Yapılan çalışmanın amacı, “Bakım Yönetimi ve Bakım Planlama” konularında yazılmış olan lisansüstü tezlerin bulunduğu durumu belirlemek, alanların yıllar içerisindeki gelişimini ve değişim eğilimini ortaya koymak, ileride yapılacak olan çalışmalara bilgi vererek literatürde doldurulması gereken kısımların giderilmesini sağlamak ve alanların gelişimine katkıda bulunmaktır. Bu çalışmada bakım yönetimi ve bakım planlaması konularındaki mevcut akademik literatürün incelenmesi amacıyla, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi üzerinden yayınlanan lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizi gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda, lisansüstü düzeyde yazılmış tezler çeşitli kriterlere göre analiz edilmiş ve sınıflandırılmıştır. Bibliyometrik analiz; bu alandaki akademik çalışmaların nicel bir değerlendirmesini yapmayı mümkün kılarken belirli anahtar kelimeler, araştırma eğilimleri ve teorik çerçevelerin zaman içindeki değişimini ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, bakım yönetimi ve bakım planlaması alanlarındaki mevcut durumun daha net bir şekilde anlaşılmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca bu çalışmaların analiz edilmesi, alandaki olası eksikliklerin tespit edilmesine ve bu eksiklikleri giderecek yeni araştırma soruları veya teorik yaklaşımlar geliştirilmesine olanak tanıyacaktır. Sonuç olarak bu araştırma, bakım yönetimi ve planlaması ile ilgili literatürdeki boşlukların doldurulmasına, ilgili alanlarda daha derinlemesine ve kapsamlı araştırmalar yapılmasına yönelik önemli bir yol haritası sunmayı hedeflemektedir. Çalışma kapsamında, 95 lisansüstü tezin analize dâhil edilmesine karar verilmiştir. Çalışma dört bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünde konulara ve çalışmaya dair genel bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde çalışmada uygulanan yöntem hakkında bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde araştırma sonucunda elde edilen bulgular verilmiş ve yorumlanmıştır. Dördüncü bölümde ise çalışma sonuçlandırılarak değerlendirilmesi yapılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Bibliyometrik analiz

Bibliyometri; belirli konular hakkındaki bütün bilimsel çalışmaların bir araya getirilerek sayısal olarak bunların belirli başlıklar altında ifade edilmesini ve analizini kapsayan bir çalışmayı ifade eder (Al & Coştur, 2007). Bibliyometrik çalışmalar aynı zamanda yeni oluşturulacak çalışmalara da konu bakımından fikir vermeyi amaçlamaktadır (Sayiner, 2023). Bibliyometrik çalışmaların sonucunda; herhangi bir alanda yazılmış çalışmaların sayısal, niteliksel vb. ölçütler bakımından yeterlilikleri değerlendirilerek çalışma yapılan bilim dallarının gelecekleri bakımından bilim politikası oluşturulması sağlanabilmektedir bu sayede ilgili alanlara dair performans ölçümü gibi değerlendirmeler de yapılabilir (Alkan, 2014; Akman & Ökten 2018). Çalışmalarda yer alan başlıklar arasında çalışmanın yayınlandığı yıl, üniversite, üniversite türü, kullanılan yöntem gibi pek çok parametre bulunmaktadır. Bu tür ve benzer başlıklar altında nicel veriler oluşturularak analiz yapmayı kolaylaştırması adına kullanışlı bir yöntem olduğu söylenebilmektedir.

Literatüre bakıldığında da birçok bibliyometrik analiz çalışmasının yapıldığı görülmektedir. Örneğin Dibooğlu & Eryılmaz (2021), zaman yönetimi üzerine yapılmış lisansüstü tezlerin bibliyometrik araştırmasını gerçekleştirmiştir. Desticioğlu & Asiloğulları Ayan (2022), savunma tedarik konusuna dair yapılan çalışmaları bibliyometrik açıdan incelemiştir. Kavakcı & Yardımcıoğlu (2018), Türkiye’de İbn Haldun hakkında yapılan lisansüstü tezlerin bibliyometrik incelemesini gerçekleştirmiştir. Öçal (2023), YÖKTEZ üzerinden konteyner taşımacılığı alanında yazılmış lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizini gerçekleştirmiştir. Erkan (2020), Scopus veri tabanında “digital marketing” ifadesini taratarak elde ettiği sonuçların bibliyometrik analizini R programını kullanarak gerçekleştirmiştir. Öztürk & Gök (2020); Web of Science Core Collection veri tabanında bulunan yönetim alanında COVID-19 hakkında yayınlanan makalelerin bibliyometrik analizini gerçekleştirmişlerdir ve çalışmaların genel olarak kriz yönetimi, girişimcilik, iş aile dengesi, çalışma yaşamındaki cinsiyet farklılıkları, sürdürülebilirlik, tedarik zinciri yönetimi, performans gibi konular üzerine olduğu sonucuna varmıştır. Demirler & Oral Ataç (2022); Scopus veri tabanında işgücü çevikliğine dair makaleleri tarayarak elde ettikleri çalışmaları, performans analizi ve bilimsel alan haritalama tekniklerini kullanarak bibliyometrik analizlerini gerçekleştirmişlerdir ve alana dair gelişmenin daha görünebilir olması adına çalışmaların yayınlandığı yılları iki parçaya bölerek inceleme gerçekleştirmeye karar vermişlerdir. Özispa & Akdaş (2019); 2009-2019 yılları arasında dijital dönüşüm hakkında yazılmış lisansüstü tezlerin YÖKTEZ ve ProQuest veri tabanlarında taranarak elde edilen veriler nitel araştırma yöntemi olan bibliyometrik analiz yöntemi ile çözümlenmiş ve EXCEL ile MAXQDA programları kullanılarak belirlenen başlıkların bibliyometrik analizi gerçekleştirilmiştir. Yorulmaz & Baykan (2022); “liman” konusu hakkında yapılmış olan lisansüstü tezlerin YÖKTEZ üzerinden taramasını yaparak belirli başlıklar altında bibliyometrik analizini gerçekleştirmiş ve MAXQDA programı ile görselleştirme yapmışlardır, çalışma sonucunda liman işletmeciliği alanında eksik kalan konuları tespit etmiş ve önerilerde bulunmuşlardır. Mansur & Aydın (2021); Web of Science veri tabanında bulunan “Teletıp” konulu yayınların araştırma alanı, çalışmanın türü, çalışmanın yayınlandığı ülke vb. başlıklar altında bibliyometrik analizini gerçekleştirmişlerdir ve elde edilen verilerin görsel haritalama tekniğiyle resmedilmesini gerçekleştirmişlerdir. Karataş & Can (2023), “finansal başarısızlık tahmini” ile ilgili YÖKTEZ üzerinden yazılmış lisansüstü tezleri bibliyometrik analiz tekniğini kullanarak çalışmanın yayınlandığı üniversite, ana bilim dalı, enstitü gibi başlıkların yanı sıra bağımlı değişken, bağımsız değişken, kullanılan tahmin yöntemleri, kullanılan eğitim test seti gibi diğer çalışmalara göre farklı başlıklar altında incelemişlerdir ve çıkarımlarda bulunmuşlardır. Çelik vd. (2024); Web of Science veri tabanında “çocuk hakları” konusu hakkında yayınlanan makaleleri tarama modelini ve bibliyometrik analiz tekniğini kullanarak incelemişlerdir ve sonucunda en çok çalışma yayınlayan ülke, dergi gibi başlıkları değerlendirerek ülkemizde bu konu hakkında daha fazla çalışma yapılmasının gerekliliğinden söz etmişlerdir.

Bitirim Okmeydan (2020), YÖKTEZ üzerinden yayınlanan “kültürlerarası iletişim” başlıklı lisansüstü çalışmaların yazar uyruğu, sayfa sayısı ve yazar cinsiyeti dağılımı gibi farklı birçok başlık altında bibliyometrik analizini gerçekleştirmiştir. Kayhan & Arslan (2024); Web of Science veri tabanında yazılmış “tedarik zinciri dirençliliği” üzerine olan makalelerin nitelikli makaleler, en üretken yazarlar, nitelikli dergiler vb. başlıklarını kullanarak bibliyometrik analizini gerçekleştirmişlerdir ve yapılan çalışmanın sonucunda bu alanda Covid19’un etkisinde çalışmaların tedarik zinciri entegrasyonu, kurumsal dirençlilik, dalgalanma etkisi, tedarik zincirinde çok yönlülük gibi daha birçok konuya odaklandığı çıkarımına varmışlardır. Bıçakçı & Baloglu (2021); “üstün zekâlıların kişilik özellikleri” üzerine yapılmış olan çalışmaların Web of Science veri tabanı üzerinden taramasını yaparak belirli başlıklar altında bibliyometrik analizini gerçekleştirmişlerdir ve çalışmanın sonucunda bu konu üzerine yapılan çalışmalarla birlikte temel araştırmalar ve rutin incelemeler (Baconcu) döneminin yeni tamamlandığı ve artık derinlemesine incelenme ve genişleme (Newtoncu) döneminin başladığı sonucuna varmışlardır. Sanlı vd. (2024), YÖKTEZ veri tabanı üzerinden “siber güvenlik” başlıklı lisansüstü çalışmaları taratarak elde edilen tezlerin belirli başlıklar altında bibliyometrik analizini gerçekleştirmişlerdir. Pınarcı vd. (2024), YÖKTEZ veri tabanında yazılmış “Ekip Çizelgeleme” konulu tezlerin bibliyometrik analizini gerçekleştirmişlerdir ve sonucunda bu konuya dair en fazla “ekip rotasyonu, ekip eşleme, karar destek sistemi geliştirilmesi” temalarında çalışmalar yapıldığı gibi farklı sonuçlara varmışlardır. Güven & Eren (2024), YÖKTEZ veri tabanında yazılmış “endüstriyel kaza” konulu tez çalışmalarının bibliyometrik analizini gerçekleştirmişlerdir ve yapılan bu çalışma sonucunda yıllar içerisinde değişen tez sayılarını değerlendirdiklerinde yıllar ilerledikçe endüstriyel kazaların olumsuz etkilerine dikkat çekilmeye başlandığı sonucuna varmışlardır. Aksungur vd. (2024), insansız hava araçlarına dair YÖKTEZ üzerinden yazılmış lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizini gerçekleştirmişlerdir ve son zamanlarda bu araçlara duyulan ilginin artmasıyla çalışmalarda da artış olduğu gibi birçok sonuca varmışlardır.

Literatürden verilen örnekler üzerine de anlaşılabileceği gibi bibliyometrik analiz birçok farklı konu üzerinden yapılabilmektedir. Literatür taraması yapıldığında, bakım yönetimi ve bakım planlaması konularında herhangi bir bibliyometrik analiz çalışmasına rastlanılmamıştır. Bu bağlamda gerçekleştirilen bu çalışma, söz konusu alanlarda yapılan ilk ve özgün bibliyometrik analiz çalışması olma özelliği taşımaktadır. Diğer bibliyometrik analizler genellikle daha geniş alanlarda veya farklı disiplinlerde gerçekleştirilirken, bu çalışma spesifik olarak bakım yönetimi ve planlaması gibi farklı bir konuya odaklanmaktadır. Bu çalışmanın, özellikle bakım yönetimi ve bakım planlaması alanlarında yapılan akademik çalışmaların nicel olarak değerlendirilmesine katkı sağlaması beklenmektedir. Ayrıca bu çalışma, ilgili konularda gelecekte yapılacak tez çalışmalarına sayısal veri sunması sebebiyle rehberlik edebilecek bir temel

oluşturmaktadır. İlgili alandaki mevcut durumu ortaya koyarak bu alanlarda yapılan önceki araştırmaların kapsamını belirlemeye, eksik kalan yönleri tespit etmeye ve ilerleyen dönemlerde yapılacak çalışmalara ilham vermeye yardımcı olmayı amaçlamaktadır. Sonuç olarak bu çalışma, hem mevcut literatürün derinlemesine bir analizini sunmakta hem de bakım yönetimi ve bakım planlaması konularındaki araştırmaların gelecekteki yönelimlerine dair önemli bilgiler sağlamaktadır.

2.2. Yöntem

Bu çalışmada, Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi arama motoru aracılığıyla sırasıyla "Bakım Yönetimi" (36 tez), "Bakım Planlaması" (32 tez), "Maintenance Planning" (13 tez) ve "Maintenance Management" (14 tez) terimleri 29 Ağustos 2024 tarihine kadar taranmıştır. Tarama sonucunda elde edilen tezler, içerik açısından incelenmiş ve bunlardan yirmisi doktora tezi olmak üzere toplamda 95 tezin konuya ilişkin olduğu saptanmış, bu tezlerin analiz sürecine dâhil edilmesine karar verilmiştir. Dâhil olmasına karar verilen tezlerle ilgili bilgilerden oluşan bir tablo oluşturulması amaçlanarak içerik analizi yöntemi kullanılmıştır, bu yöntem dokümanların belirli parametrelerde kategorize edilerek ölçülebilir nicel sonuçlara götürmesine odaklanan nitel bir yöntemdir (Metin & Ünal, 2022). Bu çalışmada Çizelge 1’de yer alan sorulara yanıt aranmıştır. Analiz aşamasında ise bu sorulara yönelik çeşitli başlıklar kullanılarak derinlemesine bir inceleme yapılmıştır. Bu başlıklar; verilerin sınıflandırılması ve analiz edilmesi sürecinde rehberlik eden temel kategorilerdir. Başlıklar arasında; araştırmaların hangi yıllarda yapıldığı, hangi üniversitelerde yazıldığı, üniversitelerin türleri (devlet veya özel), yazıldığı enstitü, ilgili anabilim dalları, tez türleri, kullanılan anahtar kelimeler, çalışmalarda ele alınan konular ve tercih edilen araştırma yöntemleri yer almaktadır. Her bir başlık; çalışmanın kapsamını ve akademik eğilimlerinin daha iyi anlaşılmasına yardımcı olmak amacıyla sistematik bir şekilde incelenmiştir. Bu analiz, hem araştırmaların tarihsel gelişimini hem de hangi alanlarda yoğunlaşan bilimsel eğilimleri ortaya koymayı amaçlamaktadır. Daha sonra, Microsoft Office Excel programı kullanılarak başlıkların sayısal değerlerine ulaşılmıştır.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan araştırma soruları
Table 1. Research questions used in the study

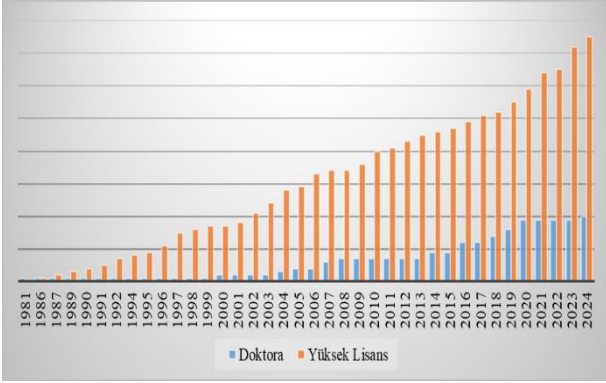
Başlık	Cevap Aranılan Soru
Yıl	Lisansüstü tezlerin yıllara göre dağılımı nasıldır?
Yazıldığı Üniversite	İncelenen lisansüstü tezler hangi üniversitelerde gerçekleştirilmiştir?
Üniversite Türü	Devlet ve özel üniversiteler arasında "Bakım Planlama ve Bakım Yönetimi" alanında yayımlanan tezlerin sayısal dağılımı nasıldır?
Yazıldığı Enstitü	"Bakım Planlama ve Bakım Yönetimi" konusundaki tezler hangi enstitülerde yoğunlaşmaktadır?
Anabilim Dalı	"Bakım Planlama ve Bakım Yönetimi" konusuyla en fazla ilişkilendirilen anabilim dalları nelerdir?
Tez Türü	"Bakım Planlama ve Bakım Yönetimi" alanındaki tezlerin çoğunluğu hangi türde yayımlanmıştır?
Konu	"Bakım Planlama ve Bakım Yönetimi" tezlerinde en fazla işlenen ana konular nelerdir?
Kullanılan Yöntemler	"Bakım Planlama ve Bakım Yönetimi" tezlerinde hangi araştırma yöntemleri daha yaygın olarak kullanılmaktadır?
Anahtar Kelimeler	Anahtar kelimeler arasındaki ilişki, araştırma eğilimlerinin ve konularının nasıl bir yön izlediğini gösteriyor mu? (Ya da bu cümle: Anahtar kelimeler, alandaki güncel araştırma konuları ve akademik odaklanmalar hakkında ne tür bilgiler sunmaktadır?)

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Lisansüstü tezlerin yıllara göre dağılımı

Bu bölümde, Çizelge 1’de “Yıl” başlığı için verilen araştırma sorusuna cevap aranmıştır. YÖKTEZ’de bakım yönetimi ve bakım planlama konularında yazılmış lisansüstü tezlerin yıllara göre dağılımı Şekil 1’de sütun grafiği halinde verilmiştir.

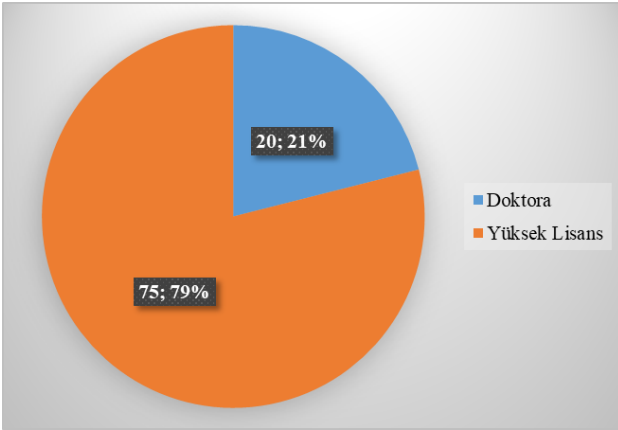
Konular hakkında ilk çalışma 1981 yılında yazılmıştır. Elde edilen grafiğe bakıldığında tez sayısının yıllar ilerledikçe arttığı görülmektedir. En fazla tez yazılan yıllar, yüksek lisans tez türü açısından 2023 yılı %7,37 oran (7 tez) ile belirlenmişken, doktora tez türüyle ilgili olarak ise 2016 ve 2020 yılları %3,16 (3 tez) oranı ile öne çıkmaktadır. Bu yıllarda çalışmaların artma sebebi çeşitli olabilir; örneğin 2020 yılında ülke genelinde artan salgın sebebiyle üretimde fazla atıl süre oluşmasıyla bu sürelerin bakım ile değerlendirilmesi düşüncesiyle harekete geçilmiş olabilir ya da bu yıllarda çalışma yayımlanan sektörlerde önceki yıllarda gerçekleşen üretimin artması sonucunda oluşan aşınmayı gidermek amaçlı bakım çalışmaları yapılarak üretimin sürekliliği hedeflenmiş olabilir, sektörlerdeki sistemlerin ömrünün uzatılması amaçlanmış olabilir, aynı zamanda artan bakım bilincinin de etkisi olduğu söylenebilmektedir. Artan yayın sayıları göz önüne alındığında, ilerleyen yıllarda bu konuların daha da önemli hale gelmesi ve dolayısıyla ilgili çalışmaların sayısının artması beklenmektedir.



Şekil 1. Tezlerin yıllara göre kümülatif dağılımı
Figure 1. Cumulative distribution of theses by year

3.2. Lisansüstü tezlerin tez türüne göre dağılımı

Bu bölümde, Çizelge 1’de “Tez Türü” başlığı için verilen araştırma sorusuna cevap aranmıştır. YÖKTEZ’de bakım yönetimi ve bakım planlama konularında yazılmış lisansüstü tezlerin tez türüne göre dağılımı Şekil 2’de pasta grafiği halinde verilmiştir.



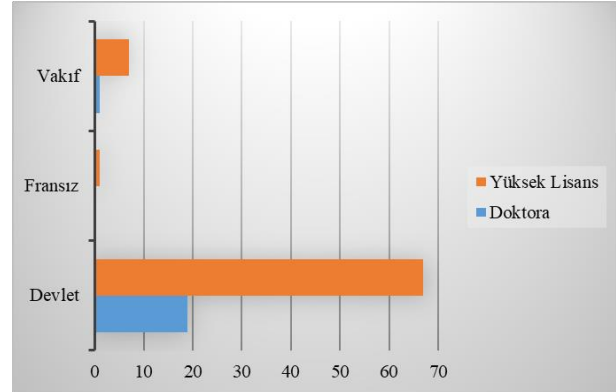
Şekil 2. Tez türü
Figure 2. Thesis type

Edinilen bulgulara göre, yüksek lisans tezlerinin söz konusu konular üzerinde %79 (75 tez) oranında bir paya sahip olarak tezlerde daha fazla yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Doktora düzeyinde öğrenimin az olması, bu düzeydeki tezlerin sayısının sınırlı olmasına ve dolayısıyla bu alanda yazılan tezlerin sayısının az olmasına neden olmakta olduğu söylenebilmektedir. Bu tez konularındaki az sayıda doktora tezi olmasının giderilmesi için araştırma alanının önemini vurgulanarak akademik çevrelerde daha fazla dikkat çekilmesinin olumlu bir artış için etki göstereceği söylenebilmektedir. Ayrıca üniversiteler ve araştırma kurumları tarafından bu alanda daha fazla kaynak sağlanması ve doktora öğrencilerine konuya yönelik araştırmalar yapabilmeleri için teşvik edici imkânlar sunulması önemlidir.

3.3. Lisansüstü tezlerin üniversite türüne göre dağılımı

Bu bölümde, Çizelge 1’de “Üniversite Türü” başlığı için verilen araştırma sorusuna cevap aranmıştır. YÖKTEZ’de bakım yönetimi ve bakım planlama konularında yazılmış

lisansüstü tezlerin üniversite türüne göre dağılımı Şekil 3’te çubuk grafiği halinde verilmiştir.

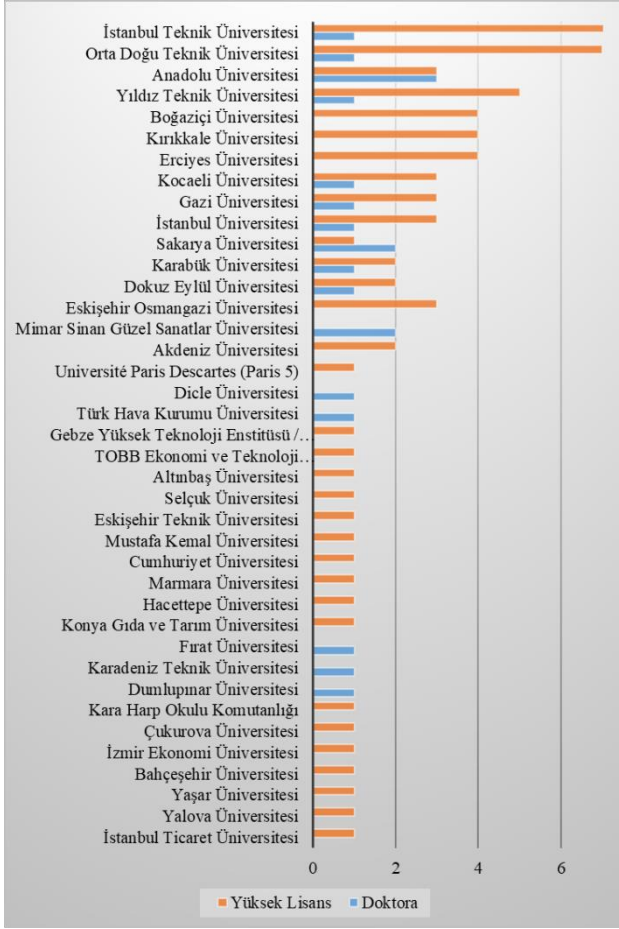


Şekil 3. Üniversite türü
Figure 3. Thesis type

Elde edilen sonuçlara göre, yüksek lisans tez türünde %70,53 oran (67 tez) ile devlet üniversitelerinde daha fazla tez yazıldığı, doktora tez türünde ise %20 oran (19 tez) ile yine devlet üniversitelerinde daha fazla tez yazıldığı belirlenmiştir. Devlet üniversitelerinin yürüttüğü akademik çalışmalar, toplam tez üretimine kıyasla önemli bir orana sahiptir. Bunun arkasında yatan sebepler arasında vakıf üniversitelerinde bakıma duyulan ilginin az olması, eğitim alanlarının daha farklı alanlar olması gibi çeşitli sebepler olabilir.

3.4. Lisansüstü tezlerin üniversitelere göre dağılımı

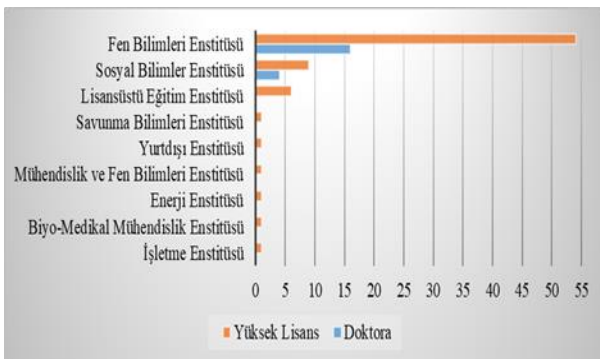
Bu bölümde, Çizelge 1’de “Yazıldığı Üniversite” başlığı için verilen araştırma sorusuna cevap aranmıştır. YÖKTEZ’de bakım yönetimi ve bakım planlama konularında yazılmış lisansüstü tezlerin üniversitelere göre dağılımı Şekil 4’te çubuk grafiği halinde verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, “Bakım Yönetimi” ve “Bakım Planlaması” konuları kapsamında yüksek lisans tez türünde en fazla tez yazan üniversite, %11,58 oran (11 tez) ile İstanbul Teknik Üniversitesi olarak belirlenmiştir. İkinci sırada ise %7,37 oran (7 tez) ile Orta Doğu Teknik Üniversitesi yer almaktadır. Doktora tez türünde ise en fazla tez yazan üniversite, %3,16 oran (3 tez) ile Anadolu Üniversitesi olarak tespit edilmiştir. Bu durum, teknik üniversitelerin, diğer üniversitelerle kıyaslandığında daha çok teknik konulara odaklanmaları nedeniyle daha fazla tez yayımladıkları sonucuna ulaşılmasını sağlamaktadır (Zarif Tapkan, 2023).



Şekil 4. Tezlerin yazıldığı üniversiteler
Figure 4. Universities of the theses

3.5. Lisansüstü tezlerin enstitülere göre dağılımı

Bu bölümde, Çizelge 1’de “Yazıldığı Enstitü” başlığı için verilen araştırma sorusuna cevap aranmıştır. YÖKTEZ’de bakım yönetimi ve bakım planlama konularında yazılmış lisansüstü tezlerin enstitülere göre dağılımı Şekil 5’de çubuk grafiği halinde verilmiştir.



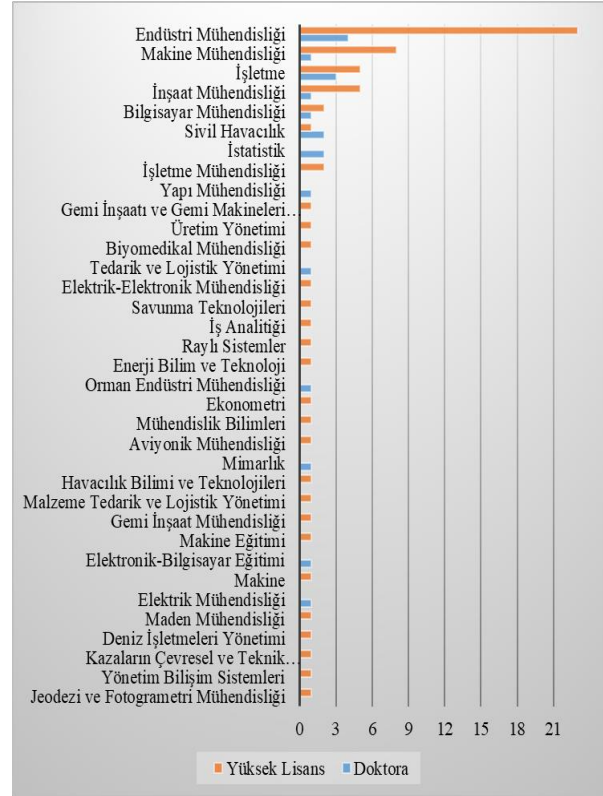
Şekil 5. Enstitüler
Figure 5. Institutes

Sonuçlar incelendiğinde, yüksek lisans tez türü açısından Fen Bilimleri Enstitüleri’nin %56,84 oran (54 tez) ile en fazla tez yazan enstitü türü olduğu tespit edilmiştir. Doktora tez türü bağlamında ise, Fen Bilimleri

Enstitüleri’nin %16,84 oran (16 tez) ile yine en fazla tez yazan enstitü türü olduğu belirlenmiştir. Bunun sebebinin

“Bakım Yönetimi” ve “Bakım Planlama” konularının daha çok mühendislik yaklaşımlarıyla çözümlenebilmesi olduğu söylenebilmektedir.

3.6. Lisansüstü tezlerin ana bilim dallarına göre dağılımı

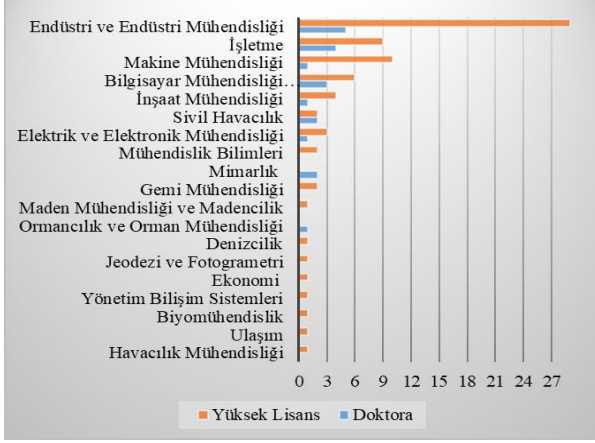


Şekil 6. Ana bilim dalları
Figure 6. Departments

Bu bölümde, Çizelge 1’de “Ana Bilim Dalı” başlığı için verilen araştırma sorusuna cevap aranmıştır. YÖKTEZ’de bakım yönetimi ve bakım planlama konularında yazılmış lisansüstü tezlerin ana bilim dallarına göre dağılımı Şekil 6’da çubuk grafiği halinde verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, yüksek lisans tez türü açısından %26,44 oran (23 tez) ile “Endüstri Mühendisliği” ana bilim dalının en fazla çalışma yazılan ana bilim dalı olduğu, doktora tez türü bakımından ise %4,60 oran (4 tez) ile yine “Endüstri Mühendisliği” ana bilim dalının en fazla tez yazılan ana bilim dalı olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebinin endüstri mühendisliğinin diğer bilim dallarına göre yönetim ve planlama alanlarında daha yetkin ve ilgili olmaları olduğu söylenebilir. Yüksek lisans tez türü açısından ikinci sırada, %9,2 oran (8 tez) ile “Makine Mühendisliği” ana bilim dalı yer almaktadır; işletmelerde genel olarak makinelerin bakımına yönelik yapılan çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda, bu sonucun elde edilmesinin beklenen bir durum olduğu ifade edilebilir, makine ile ilgili teknik bilgilerinin sağladığı yetkinlikler ile “Bakım Yönetimi” ve “Bakım Planlama” konularında çalışmaları daha kolay hale gelebilmektedir.

Doktora tez türü açısından ikinci sırada, %3,45 oran (3 tez) ile “İşletme” ana bilim dalı yer almaktadır; sistemlerin sürekliliğini sağlamak adına tüm bileşenler ile ilgilenilmesinden dolayı bu bilim dalında fazla çalışma yayınlanmasının normal olduğu söylenebilmektedir

3.7. Lisansüstü tezlerin konulara göre dağılımı



Şekil 7. Bakım yönetimi ve bakım planlama konularında yazılmış lisansüstü tezlerin sektörlere/alanlara göre dağılımı

Figure 7. Distribution of postgraduate theses written on maintenance management and maintenance planning by sectors/fields

Bu bölümde, Çizelge 1’de “Konu” başlığı için verilen araştırma sorusuna cevap aranmıştır. YÖKTEZ’de bakım yönetimi ve bakım planlama konularında yazılmış lisansüstü tezlerin konulara göre dağılımı Şekil 7’de çubuk grafiği halinde verilmiştir.

Elde edilen bulgular incelendiğinde; yüksek lisans tez türü açısından %30,53 oran (29 tez) ile, doktora tez türü açısından ise %5,26 oran (5 tez) ile “Endüstri ve Endüstri Mühendisliği” konusunun diğer konulardan daha fazla çalışıldığı tespit edilmiştir. Bunun sebebinin; “Bakım Yönetimi” ve “Bakım Planlaması” konularının Endüstri Mühendisliği ilgi alanları ile daha ilgili olmasından kaynaklı olduğu söylenebilmektedir. Endüstri mühendisleri; sistemlerin tasarımı, kurulumu, gelişiminde mühendislik analizinin yöntemlerini ve prensiplerini kullanarak değerlendirme ve dönüşüm yapar (Vaughn, 1962; Turner vd., 1993).

Planlı bakım, giriş bölümünde de açıklandığı üzere üç türe sahiptir. Bunlar; koruyucu, önleyici, kestirimci bakımdır. Yazılmış olan tezler bu üç türü konu edinmesi bakımından incelenmiştir. Elde edilen grafik Şekil 8’de verilmiştir.



Şekil 8. Yazılmış tezlerin konu edindiği bakım planlaması türüne göre dağılımı

Figure 8. Distribution of published theses according to the type of maintenance planning they cover

Elde edilen bulgulara göre, yüksek lisans tezlerinde en fazla çalışma yapılan konu, %71,58’lik oranla (68 tez) koruyucu bakım planlaması olmuştur. Örneğin Alişar (1992) yazmış olduğu tezinde, koruyucu bakım sisteminin modern üretim teknikleri ve ekipmanlarla sistematik bir şekilde uygulanmasını ele alırken ayrıca bilgisayara dayalı ampirik bir uygulama ile koruyucu bakım planlaması yönetim sistemini inceleyip elde edilen verileri analiz ederek değerlendirmiştir. Kalender (2019); gemi işletim sistemlerinin uzun ömürlü ve düzenli çalışabilmesi için yatak aşınması gibi beklenmedik arızaların tahmin edilmesi amacıyla, yatak boşluklarını ölçerek aşınma süresini yapay sinir ağı kullanarak tahmin etmiştir ve bu verilerle geminin havuz onarımının planlanmasını hedeflemiştir. Çelik (2021) tarafından yapılan çalışmada, entegre bakım planlama ve rotalama problemleri ele alınarak farklı lokasyonlarda bulunan temiz su pompalayan terfi merkezlerinin bakım faaliyetleri planlanmıştır ve bakım süreçlerinin optimize edilmesi amacıyla Yapay Arı Kolonisi Algoritması kullanılmış ve çözümünü Python programı ile geliştirmiştir.

Yüksek lisans tezlerinde ikinci olarak en fazla üzerinde durulan konunun %4,21 oranla (4 tez) kestirimci bakım olduğu belirlenmiştir. Aydemir (2023) tarafından yapılan çalışmada, kestirimci bakım tekniği kullanılarak farklı ortam şartlarında çalışan iş makinelerinin motor yağı numuneleri incelenmiştir. Motor yağı değişim periyotları fiziksel ve kimyasal testler ile belirlenerek motor içerisindeki aşınma durumu hakkında bilgiler elde edilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda uygun bakım planlaması yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, doktora tezlerinde en fazla %17,89 oranında (17 tez) koruyucu bakım planlamasına yönelik çalışmalar yapıldığı görülmüştür. Örneğin Şimşir (2008); koruyucu bakım planlamasında işlerin zaman, iş gücü, malzeme ve önceliklere göre etkin bir şekilde çizelgelenmesini amaçlayarak genetik algoritmalar ve bulanık mantık yaklaşımları kullanmış olup kaynak kısıtları dâhilinde bakım işlerinin sıralanması ve önceliklendirilmesini sağlamıştır.

Kestirimci bakım ve önleyici bakım gibi konularda yüksek lisans ve doktora tezlerinin sayısının sınırlı olması, bu

alanlarda daha fazla akademik çalışmanın yapılmasının teşvik edilmesini gerekli kılmaktadır. Literatürde bu bakım türleri konularında yeterli çalışmanın olmaması, bu bakım türlerinin potansiyelinden tam olarak faydalanmayı engellemektedir. Önleyici bakım makinelerin gelecekte arızalanıp arızalanmayacağını değerlendirerek arızaların engellenmesi için gerekli önlemleri almayı sağlar; bu alanın yeterince çalışılmaması, gelecekteki teknolojilerde ya da üretim tekniklerinde oluşabilecek olası arızaların tespit edilememesine yol açabilir, bu sebeple de endüstriyel anlamda gelişimin ve sürdürülebilirliğin tam anlamda sağlanamaması söz konusu olacaktır (Uzun ve Özdoğan, 2011). Kestirimci bakım ise makinelerin doğru çalışıp çalışmadığını sensörler ve makine öğrenimi algoritmalarıyla tahminleyerek en uygun bakım kararlarını almayı amaçlar; bu alandaki eksik çalışmalar, arızaların önceden tespit edilmesini zorlaştırarak büyük problemlere yol açabilir, yeni teknolojideki arızaların tahmin edilememe durumu ortaya çıkabilir (Ceyhan & Kasapbaşı, 2022). Bu nedenle, bu bakım türlerinde daha fazla araştırma yapılması, verimli ve sürdürülebilir işletme süreçlerinin oluşturulmasına katkı sağlayacaktır.

3.8. Lisansüstü tezlerin kullanılan yöntemlere göre dağılımı

Çizelge 2. Bakım yönetimi ve bakım planlama konularında yazılmış yüksek lisans tezlerinde kullanılan yöntemler
Table 2. Methods used in master's theses written on maintenance management and maintenance planning

YÖNTEM	TEZ SAYISI
Bilgisayar Destekli Bakım Yönetim Sistemi	24
Matematiksel Model	11
İstatistiksel Yöntemler	9
Bulanık Çok Kriterli Karar Verme	6
Makine Öğrenmesi	5
Çok Kriterli Karar Verme	4
Bulanık Çok Kriterli Karar Verme	4
Matematiksel Model	4
Çok Kriterli Karar Verme	4
Pareto Analizi	3
Yapay Sinir Ağı	3
Simülasyon	2
Yapay Sinir Ağı	2
Duyarlılık Analizi	2
İstatistiksel Yöntemler	2
Markov Karar Süreci	2
Makina Performansına Dayalı Bakım Planlaması	1
Çoklu Ajan Sistemi	1
Dal Sınır Algoritması	1
Monte - Carlo Simülasyonu	1
Denetimli Öğrenme	1
Dağıtılmış Makine Öğrenimi	1
Risk Yönetimi	1
Derin Öğrenme	1
Kuyruk Teorisi	1
Destek Vektör Sistemleri	1
Balık Kılıcı	1
Dinamik Bayesci Ağlar	1

Çizelge 3. Bakım yönetimi ve bakım planlama konularında yazılmış yüksek lisans tezlerinde kullanılan yöntemler (devamı)

Table 3. Methods used in master's theses written on maintenance management and maintenance planning (continued)

YÖNTEM	TEZ SAYISI
Güvenilirlik Analizi	1
Basit Açgözlü Sezgisel	1
Güvenilirlik Teorisi	1
Naive Bayes	1
Hasar Teorisi	1
PLC Yazılım Mimarisi	1
Hata Türleri ve Etkileri Analizi	1
RNN	1
Hata Türleri ve Etkileri Analizi	1
SCOR Modeli	1
Vibrasyon İzleme Sistemi	1
Stokastik Gradyan Azalma Sınıflandırıcısı	1
Yalın Yönetim	1
Veri Zarflama Analizi	1
Bayes Ağları	1
Bakımdan Sorumlu Kuruluş Sertifikasyonu	1
Yapay Arı Kolonisi Algoritması	1
Yatırım Analizi	1
Altı Sigma	1
Yığın Topluluk Öğrenmesi	1
Kalan Yararlı Ömür	1
RFID	1
Kelime Torbası	1
Kontrollü Sınıflandırma Yöntemi	1
Temel Bileşenler Analizi	1
Envanter Programı	1
Kuyruk Modeli	1
FedLSTM	1
Lineer Destek Vektörü Sınıflandırması	1
FedSVM	1
Makine Analizi	1
Fine Kinney Methodu	1
Maliyet Analizi	1
Fonksiyonel Hata Analizi	1
Derin Öğrenme	1
Simülasyon	1
Aşağı Sol Dolgu algoritması	1
Bilgisayarlı Görme	1
Esnek Zamana Bağlı Değişim modeli	1
Anket	1
Genetik Algoritma	1
Bilgisayar Destekli Bakım Yönetim Sistemi	1
Görüntü İşleme	1
SCOR	1
Güvenilirlik Analizi	1
Taguchi Methodu	1
Güvenirlilik Çözümlemesi	1
Yapay Arı Kolonisi	1
Altı Sigma	1
Yapılabilirlik Çözümlemesi	1
Zamana Bağlı Değişim modeli	1
Kritiklik Analizi	1
Markov Zinciri	1

Çizelge 4. Bakım yönetimi ve bakım planlama konularında yazılmış doktora tezlerinde kullanılan yöntemler
Table 4. Methods used in doctoral theses written on maintenance management and maintenance planning

YÖNTEM	TEZ SAYISI
Durum Analizi	1
Birleşik Filo Öğrenme Çözümü	1
Durum Puanlaması	1
RUL Tahmini	1
Duyarlılık Analizi	1
Nötrosofik Küme	1
Yumuşak Hesaplama Algoritmaları	1
Veri Analiz	1
Arttırılmış Gerçeklik	1
Markov Modeli	1
Kesikli Simülasyon	1
Lojistik Destek Çözümlemesi	1

Elde edilen sonuçlara göre; yüksek lisans tezlerinde %19.83 dilim (24 tez) “Bilgisayar Destekli Bakım Yönetim Sistemi” yöntemi en çok kullanılan yöntemdir. Bu yöntemin fazla kullanılmasının sebepleri arasında; standart oluşturması, verilere kolay ve hızlı erişim sağlaması, anlık rapor oluşumu sağlaması, faaliyetlerin kolay takip edilmesi sayılabilir (Araz, 2016). Örneğin Elevli (1996), bilgisayar destekli bir bakım sistemi kurmuştur bu sistemde: verilerin düzenli olarak sisteme aktarımı, verilerin dönüştürülmesi sonucunda değerlendirme bilgilerine ulaşım, güvenilirlik analizi sayesinde ilerleyen zamanlardaki bakım zamanlarının belirlenerek uyarılması gerçekleşmektedir. El ile tüm bu işlemlerin yapılması uzun sürebilirken tüm bunların bilgisayar ortamında yapılması işletmeye büyük kazanç sağlayacağı sonucuna varılabilir. Ayrancı (1997), gemilerde bilgisayar destekli planlı bakım sistemi oluşturulması esnasında sistem için gerekli verilerin depolanmasını ve oluşturulan sistemle bu verilerin bakım programına, yapılan bakımlara dair verilere, yedek parça ve envanterlerin kontrolüne dönüşümünü vurgulamıştır ve sistemin istatistik oluşturma özelliğinin en büyük avantajlardan olduğunu belirtmiştir.

Yüksek lisans tezlerinde ikinci sırada %9.09 oranla (11 tez) ve doktora tezlerinde %9,3 oranla (4 tez) birinci sırada “Matematiksel Model” yöntemi en çok kullanılan yöntem olarak yer almaktadır. Modellerde kısıt ve fonksiyonların istenildiği şekilde oluşturulmasından dolayı bu yönteminde kullanışlı olduğu söylenebilmektedir. Örneğin Khatibi (2020), önleyici bakım ve onarıcı bakım politikaları ile model geliştirme üzerinde durmuş ve modelde birim zaman başına entegrasyon maliyetini en küçükleme için dört farklı karar değişkeni kullanmıştır, daha sonra modelin farklı model parametrelerinden etkilenme düzeyini incelemek için de duyarlılık analizi yapmıştır. Buradan da anlaşılacağı üzere matematiksel modellerde amaç doğrultusunda belirli parametreler belirlemek ve onları test etmek mümkündür, sayısal çözümler sunması açısından da optimal sonuca ulaşmak ve değerlendirmek daha kullanışlıdır denebilir. Öteyaka (2020), optimal zaman aralığı ve optimal bakım periyod sayısının belirleneceği bir matematiksel model kurmuştur ve model ile sistemin minimum maliyet ve maksimum kullanılabilirliğini hedeflemiştir. Daha önce de belirtildiği gibi belirlenen amaç doğrultusunda ilgili parametreler

oluşturarak sayısal sonuç elde etmek bu yöntemi güçlü kılmaktadır.

Doktora tezlerinde diğer en çok kullanılan yöntemlerden biri ise %9,3 oranla (4 tez) “Çok Kriterli Karar Verme” yöntemleridir. Çok kriterli karar verme yöntemleri (ÇKKV), belirli kriterler çerçevesinde alternatiflerin en uygun şekilde seçilmesini sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Bu yöntemler, karar alma sürecini sistematik ve yapılandırılmış bir biçime kavuştururken aynı zamanda kullanıcı dostu bir yaklaşım sunarak uygulamada kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca çok kriterli karar verme yöntemleri, geniş bir kullanım alanına sahip olup farklı sektörlerde ve disiplinlerde etkili bir şekilde uygulanabilmektedir (Ünver vd., 2024). Bu bağlamda, bakım yönetimi ve planlaması alanında birden fazla kriterin dikkate alınarak karar verilmesine olanak tanınması ve kolaylık sunması nedeniyle, bu yöntemin yaygın bir şekilde kullanılmasının beklenen bir durum olduğu söylenebilir.

Doktora tezlerinde %9,3 oranla (4 tez) diğer en çok kullanılan yöntem olarak “Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri” yer almaktadır; “bulanık” karar vermeler belirsizlik ortamlarında birçok durumun göz önünde bulunarak karar verilmesini niteler ve bu yöntemler işlem kolaylığı sağlamanın yanı sıra problemlere matematiksel de çözüm bulmayı vadetmesi sebebiyle tercih edilirler bu sebeple oluşan sonuç normal karşılanabilmektedir (Mutlu & Sarı, 2017).

3.9. Lisansüstü tezlerde kullanılan anahtar kelimeler

Bu bölümde, Çizelge 1’de “Anahtar Kelimeler” başlığı için verilen araştırma sorusuna cevap aranmıştır. Kelime bulutu oluşturmak için internet tarayıcısı üzerinden wordcloud.online aracı kullanılmıştır. Bu aracın seçilme sebebi kullanım kolaylığı olmasıdır. Elde edilen görüntüde en fazla kullanılan kelimeler diğerlerine göre daha büyük yazım ile verilmiştir. YÖKTEZ’de bakım yönetimi ve bakım planlama konularında yazılmış yüksek lisans tezlerinde kullanılan anahtar kelimelere göre oluşan kelime bulutu Şekil 9’da verilmiştir. Yıllara göre yüksek lisans tezlerinde kullanılmış olan anahtar kelimeler ekte verilmiştir.



Şekil 9. Yüksek lisans tezlerinde kullanılmış anahtar kelimeler için kelime bulutu

Figure 9. Word cloud for keywords used in master's theses

Yüksek lisans tezlerinden elde edilen kelime bulutuna dayanarak önleyici ve koruyucu bakım türlerine yönelik çalışmaların daha fazla yoğunlaştığı görülmektedir. Bu durum, bakım yönetimi ve planlaması alanlarındaki literatürde bakımın sürekliliği ve etkinliğini artırmaya yönelik stratejilere olan ilgiyi işaret edebilir. Ayrıca, havacılık sektörüne dair bakım yönetimi ve bakım planlama çalışmalarının önemli bir yer tuttuğu söylenebilir. Bu bulgu; havacılık sektöründeki bakım süreçlerinin güvenlik, verimlilik ve maliyet etkinliği gibi unsurları ön planda tutarak geliştiğine işaret etmektedir. Çözüm yöntemleri açısından ise karar destek sistemleri, çizelgeleme, yapay sinir ağları ve bulanık mantık gibi yöntemlerin daha fazla tercih edildiği belirlenmiştir. Bu eğilim, bakım yönetimi ve planlamasında veri odaklı ve yapay zekâ temelli yaklaşımların arttığını ve karar alma süreçlerinin daha gelişmiş hale geldiğini göstermektedir.

Yüksek lisans tezlerinde yıllara göre anahtar kelimelerin kullanımına bakıldığında, 1991 ile 2004 yılları arasında bilgisayar destekli bakım yönetiminin belirgin bir trend oluşturduğu görülmektedir. Bu trendin; bir yandan endüstriyel otomasyonun o dönemdeki artan önemi, diğer yandan bilgi ulaştırma ve iletişimdeki hızın maliyetleri düşürerek verimliliği artırabileceği düşüncesiyle şekillenmiş olabileceği öne sürülebilir (Demirhan, 2014). Dolayısıyla bu iki faktörün birleşimiyle bakım yönetimi ve planlamasının daha sistematik ve verimli bir hale gelmesini sağlamış olabileceği söylenebilmektedir.

Son yıllarda Endüstri 4.0 anahtar kelimelerinin kullanımındaki artış, teknoloji gelişimi bağlamında bakım yönetimi ve planlaması alanlarının önemli bir yer tuttuğunu göstermektedir. Bu artış; dijitalleşme, otomasyon ve IoT (Nesnelerin İnterneti) gibi teknolojilerin bakım süreçlerine entegrasyonu ile ilişkilendirilebilir. Endüstri 4.0'ın sunduğu yeni nesil üretim teknolojileri ve akıllı sistemler; bakım yönetiminin daha verimli,

öngörülebilir ve maliyet etkin hale gelmesine olanak tanıyabilir (Tutar, 2019; Soylu, 2018). Bu bağlamda bakım planlamasında daha gelişmiş yaklaşımlara olan ihtiyacı artırabilir. Ayrıca büyük veri analitiği ve yapay zeka uygulamalarının bakım süreçlerinin optimizasyonunda giderek daha fazla kullanılmaya başlanması bakım yönetimi ve planlamasına olan ilgiyi artıran bir diğer olası faktör olarak öne çıkmaktadır.



Şekil 10. Doktora tezlerinde kullanılmış anahtar kelimeler için kelime bulutu

Figure 10. Word cloud for keywords used in doctoral theses

Şekil 10'da YÖKTEZ'de bakım yönetimi ve bakım planlama konularında yazılmış doktora tezlerinde kullanılan anahtar kelimelere göre oluşan kelime bulutu verilmiştir. Yıllara göre doktora tezlerinde kullanılmış olan anahtar kelimeler ekte verilmiştir.

Bakım yönetimi ve planlaması alanında yazılmış doktora tezlerinde yer alan anahtar kelimelerden oluşturulan kelime bulutunun incelenmesi sonucunda, en fazla ilginin havacılık sektörüne yöneldiği görülmektedir. Bunun arkasında, havacılık endüstrisinin hızlı bir şekilde büyümesi ve bu büyümeyi sürdürebilmek için bir dizi organizasyonel ve teknik desteğe ihtiyaç duyulması yatmaktadır. Uçak bakım sektörü, havacılık endüstrisinin en kritik unsurlarından biri olup filoların ve işletmelerin beklenen performansı sağlamak için düzgün işleyen bakım organizasyonlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bakım organizasyonları, işletmelerin sürekliliğini ve etkinliğini sağlamak için yüksek kabiliyetlere ve gelişmiş donanımlara sahip olmalıdır. Ayrıca teknolojinin sürekli yenilenen gereksinimlerini karşılamak, havacılık sektöründeki bakım süreçlerinin verimliliğini artırarak sektöre önemli katkılar sağlamaktadır (Tezcan ve Aktaş, 2022). Bu nedenle; uçak bakım organizasyonlarının teknolojiye ayak uydurması, sektördeki gelişimi desteklerken, bakım yönetimi ve planlaması gibi alanların öneminin giderek arttığını göstermektedir. Bu trend, havacılık sektörünün giderek daha fazla önem kazandığını

ve bakım yönetimi ile bakım planlaması alanlarındaki akademik çalışmaların da bu doğrultuda yoğunlaştığını açıkça ortaya koymaktadır. Diğer sektörlerle ilişkin olarak ise motor, orman ve raylı sistemlere dair çalışmaların da mevcut olduğu bu kelime bulutundan tespit edilebilmektedir.

Çözüm yöntemleri açısından; özellikle Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerine yoğunlaşmış olduğu, bu yöntemler arasında Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve TOPSIS'in daha fazla tercih edildiği çıkarımına varılmıştır. Bunun sebebi, ÇKKV yöntemlerinin AHP ve TOPSIS'in basit olmasından kaynaklanıyor olabilir. AHP; karar verme süreçlerinde önem derecelerini hesaplama, alternatifleri sıralama, nesnel ve subjektif verileri birleştirme gibi avantajlar sunmakta ve problemi detaylı bir şekilde çözüme imkanı sağlamaktadır (Ekin vd., 2023). Bu nedenlerle, AHP'nin bakım yönetimi ve planlaması alanında öne çıkmış olmasının anlaşılabilir bir durumda olduğu söylenebilmektedir.

Aynı zamanda kelime bulutundan yola çıkarak tesis yönetimi, envanter yönetimi gibi daha çok operasyonel ve kaynak yönetimi konularının üzerinde durulduğu sonucuna da varılabilmektedir. Bu iki konuya odaklanılmış olmasının sebebi; her iki alanın da verimliliği artırmak, maliyetleri minimize etmek ve sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla geniş kapsamlı yönetim süreçlerini içermesi olabileceği düşünülebilir (Çiçekliyurt & Güler, 2022; Özgür, 2007).

4. Sonuç

Bu çalışmada; Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi Elektronik Arşivi üzerinden yayınlanan doktora ve yüksek lisans tezlerinin bibliyometrik açıdan incelenmesi gerçekleştirilmiştir. Analiz aşamasında kullanılan başlıklar; yıl, yazılan üniversite, üniversite türü, yazıldığı enstitü, ilgili anabilim dalı, tez türü, anahtar kelimeler, konu ve kullanılan yöntemler şeklindedir.

Araştırma sonuçlarına göre "Bakım Yönetimi" ve "Bakım Planlama" konuları ile ilgili:

- 75 adet yüksek lisans tezinin konular ile alakalı olduğuna karar verilip çalışmaya dâhil edilmiştir. Yüksek lisans tez türünden en çok tez 2023 yılında 7 adet olarak yazılmıştır. Yüksek lisans tezinin en fazla yazıldığı üniversite türü 67 tez sayısı ile devlet üniversiteleri olmuştur. Konularla alakalı en fazla yüksek lisans tezi yazan üniversite, 11 tez sayısı ile İstanbul Teknik Üniversitesi olmuştur. Enstitü bakımından en fazla yüksek lisans tezini 54 tez sayısı ile Fen Bilimleri Enstitüsü yazmıştır. İlgili konular dahilinde en fazla yüksek lisans tezi yazan ana bilim dalı, 23 tez sayısı ile Endüstri Mühendisliği ana bilim dalı olmuştur. Konu bakımından en fazla yüksek lisans tezi 29 tez ile Endüstri ve Endüstri Mühendisliği üzerine yazılmıştır. Yüksek lisans tezlerinde en fazla 68 tez sayısı ile koruyucu bakımı konu edinerek tez yazılmıştır. Yüksek lisans tezlerinde en fazla 24 tez sayısı ile Bilgisayar Destekli Bakım Yönetim Sistemi Yönteminin kullanıldığı belirlenmiştir. Anahtar kelimelere bakıldığında yüksek

lisans tezlerinde en fazla koruyucu, önleyici, havacılık kelimelerinin kullanıldığı görülmüştür.

- 20 doktora tezinin konular ile alakalı olduğuna karar verilmiş ve analize dahil edilmiştir. Doktora tezlerinin en fazla yazıldığı yıl 3 tez sayısı ile 2020 yılı olmuştur. Bu konular kapsamında doktora tezlerinin en fazla 19 tez sayısı ile devlet üniversitelerinde yazıldığı belirlenmiştir. Konular dahilinde en fazla doktora tezi yazılan üniversitenin 3 tez sayısı ile Anadolu Üniversitesi olduğu belirlenmiştir. Enstitü bakımından en fazla doktora tezi 16 tez sayısı ile Fen Bilimleri Enstitüsünde yazılmıştır. Ana bilim dalı bakımından en fazla doktora tezi 4 tez sayısı ile Endüstri Mühendisliği ana bilim dalında yazılmıştır. Konu bakımından en fazla doktora tezi 5 tez ile Endüstri ve Endüstri Mühendisliği üzerine yazılmıştır. En fazla 17 tez sayısı ile koruyucu bakım planlaması üzerine doktora tezi yazıldığı sonucuna varılmıştır. Doktora tezlerinde en fazla 4 tez sayısı ile Bulanık Çok Kriterli Karar Verme, Matematiksel Model, Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinin kullanıldığı belirlenmiştir. Anahtar kelime bakımından doktora tezlerinde en fazla uçak, ÇKKV, AHP kelimelerinin kullanıldığı saptanmıştır.

Tez çalışmalarının büyük çoğunluğu teorik düzeyde ele alınmış olup uygulama aşamasına geçilmemiş olması, bu alanda uygulamaya yönelik bir eksikliğin bulunduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, gelecekteki araştırmaların sanayi iş birliğiyle yürütülmesi hem sektörlerin hem de ülke sanayisinin gelişimine önemli katkılar sağlayacaktır. Ayrıca sanayi ile gerçekleştirilecek iş birlikleri, gelişen teknolojiyle paralel olarak bakım yönetimi ve planlaması alanındaki uygulamaların ilerlemesine de önemli bir katkı sunacaktır.

Son dönemlerde bu alanlarda Endüstri 4.0'a dair çalışmalar yapılması, gelişen teknoloji karşısında ülke sanayisinin gelişimine katkı sağlayacaktır. Bu sayede diğer ülkelerin sanayileri ile olan rekabette olumlu bir ivme kazanılmasına yardımcı olunacaktır.

Yapılan analizlerde tezlerin birçoğunun ölçülebilir bir performans ölçütüne sahip olmadığı ya da performansın ölçütlere dayalı olarak değerlendirilmediği görülmüştür. Bu sebeple yeni tez çalışmalarından karşılaştırmalı performans analizleri için ölçülebilir ölçütlerin kullanılması önerilmektedir.

Yapılan bu çalışma ile ileride yapılacak olan çalışmalara sayısal veri sunulması ve farkındalık kazandırılması amaçlanmıştır. Amaç doğrultusunda nitel verilerin nicel verilere dönüşümü gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda gerçekleştirilen bu bibliyometrik analiz çalışmasının diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında en özgün bulgularından birinin, bakım planlama türlerinin tezlerde konu alınmasına göre sınıflandırılmış olması olduğu söylenebilir. Örneğin bakım planlaması türlerinin tezlerde ele alınmasına dayalı olarak elde edilen sayısal veriler ışığında, gelecekte yazılacak tezlerin hangi bakım türüne odaklanacağına dair kararlar alınabilecektir. Bakım yönetimi ve planlaması alanındaki lisansüstü tezlerin yazıldığı üniversiteler, üniversite türleri, enstitüler ve ana bilim dallarına dair sunulan sayısal veriler; araştırmacılara bu alandaki

akademik eğilimler hakkında bilgi sunmakta ve hangi kurumlarda yoğunlaşan çalışmaların mevcut olduğunu, hangi bilim dallarının ise bu alana daha fazla ilgi gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda bu alanda çalışma yapmak ve uzmanlaşmak isteyen kişilere, lisansüstü eğitimlerini yapacakları kurum seçimi konusunda rehberlik edilmesi sağlanmış olacaktır.

Şu ana kadar bu alanda kullanılan yöntemler incelendiğinde, ilerleyen çalışmalarda hangi yöntemlerin tercih edilebileceği konusunda önemli bir fikir edinme imkânı doğmaktadır. Bu bağlamda, daha önce kullanılmamış veya sınırlı sayıda kullanılan özgün yöntemlerin uygulanması mümkündür. Örneğin Analitik Ağ Süreci (ANP) gibi yöntemler, literatürde az sayıda yer bulmuş olabilir ve bu yöntem, mevcut çalışmalarda daha derinlemesine bir analiz sağlamak amacıyla tercih edilebilir. Ayrıca, hiç kullanılmamış bir yöntem de seçilerek, bakım yönetimi ve planlaması alanındaki araştırmaların yenilikçi ve farklı bir bakış açısıyla ele alınması sağlanabilir. Bu tür yöntemsel yenilikler hem teorik katkılar sağlayabilir hem de işletmelerde daha etkili çözüm önerilerinin geliştirilmesi ve sunulması açısından önemli fırsatlar yaratabilir. Böylece, literatüre katkı sağlayacak özgün ve ileriye dönük araştırma yöntemleri geliştirilmiş olur.

İlerleyen çalışmalarda; yapılan bu çalışmanın farklı veri tabanlarında da uygulanması gerçekleştirilebilir örneğin Google Scholar gibi platformlarda taramalar yapılabilir, farklı çalışma türlerinde bibliyometrik açıdan analiz yapılması gerçekleştirilebilir örneğin bu çalışmada lisansüstü tezler taranmıştır fakat farklı çalışmalarda lisans düzeyindeki çalışmalar da taranabilir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

5. Kaynaklar

Akman, E. & Ökten, A. (2018). Türkiye’de yönetim alanında hazırlanan lisansüstü tezlerin içerik analizi (2000-2016). *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 32(4), 1027-1045

Aksungur, B. N., Sever, H., Güven, E., & Eren, T. (2024). İnsansız hava araçları konulu lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizi. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 6(1), 21-29. <https://doi.org/10.51534/tiha.1478605>

Al, U., & Coştur, R. (2007). Türk Psikoloji Dergisi’nin bibliyometrik profili. *Türk Kütüphaneciliği*, 21(2), 142-163.

Alışar, M. (1992). *Koruyucu bakım planlaması ve bir sanayi işletmesinde uygulamanın incelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü)

Alkan, G. (2014). Türkiye’de muhasebe alanında yapılan lisansüstü tez çalışmaları üzerine bir araştırma (1984-2012). *Muhasebe Ve Finansman Dergisi*, 61, 41-52. <https://doi.org/10.25095/mufad.396448>

Araz, Ç. (2016). *İşletmelerde Bakım Yönetim Sistemlerinin Yapılandırılması ve Eüaş İstanbul A Doğalgaz Kombine Çevrim Santraline Uygulanması*. (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü)

Ataman, E. (2024). Bir uygulama yöntemi olarak sistemik sosyal hizmet. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 23(90), 867-881. <https://doi.org/10.17755/esoder.1401164>

Atapek, A. (2022). *Kestirimci Bakım Metotları İle Arızaların Tespit Edilmesi ve J79 Turbojet Uçak Motorlarında Kestirimci Bakım Uygulamaları*. (Yüksek Lisans Tezi, Altınbaş Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)

Aydemir, A. (2023). *Yüksek Güç Üreten İçten Yanmalı Motorlarda Yağ Analizi Tekniği İle Kestirimci Bakım Uygulanması*. (Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

Ayrancı, M., M. (1997). *Bilgisayar Destekli Bakım Yöntemleri ve Gemilerde Bakım Yönetimi*. (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

Bıçakçı, M., & Baloglu, M. (2021). Üstün zekâlıların kişilik özellikleri üzerine yapılan araştırmaların bibliyometrik analizi (1957-2020). *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34(30)(Ulusal Özel Eğitim Kongresi Özel Sayısı), 125-157. <https://doi.org/10.19171/uefad.845218>

Biroğul, S., & Koçer, K. (2018). Web ve mobil tabanlı bakım onarım ve varlık yönetim sisteminde önbellekleme yaklaşımları. *Mühendislik Bilimleri Ve Tasarım Dergisi*, 6(4), 579-589. <https://doi.org/10.21923/jesd.402784>

Bitirir Okmeydan, S. (2020). Kültürlerarası iletişim alanındaki eğilimler: ‘kültürlerarası iletişim’ başlıklı lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizi. *TRT Akademi*, 5(10), 578-611.

Ceyhan, H., & Kasapbaşı, M. C. (2022). Üretim sistemlerinde makine öğrenmesi ile kestirimci bakım uygulaması ve modellemesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 33, 167-175. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1019210>

Chu, C., Proth, J. M., & Wolff, P., (1998). Predictive maintenance: the oneunit replacement model. *International Journal of Production Economics*, 54(3), 285-295.

Çelik, M. (2021). *Cografî Olarak Dağıtık Sistemlerin Bakım Planlaması: İSKİ Terfi Merkezleri Uygulanması*. (Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)

Çelik, M., Beşken Ergişi, M., & Gençtürk Güven, E. (2024). Çocuk hakları çalışmalarının bibliyometrik analizi. *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 14(2), 820-841. <https://doi.org/10.18039/ajes.1491518>

Çiçekliyurt, A. N., & Güler E. (2022). Tesis yönetimi kapsamında ankara arcadium avm yönetim örneğinin incelenmesi. *Journal of Academic Value Studies*, 8(1), 12-25. <https://doi.org/10.29228/javs.57352>

Demirhan, N. (2014). *Hazır Giyim İşletmelerinde Üretim Miktarı Büyüklüklerinin İşletme Performansına Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü)

Demirler, S., & Oral Ataç, L. (2022). İşgücü çevikliği literatürünün bibliyometrik analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 13(30), 251-272. <https://doi.org/10.21076/vizyoner.1143315>

Desticioğlu, B., & Asiloğulları Ayan, M. (2022). Savunma tedarik konusunda yapılan çalışmaların bibliyometrik analizi. *SAVSAD Savunma ve Savaş Araştırmaları Dergisi*, 32(1), 159-196. <https://doi.org/10.54078/savsad.1134266>

Diboğlu, D., & Eryılmaz, G. (2021). Zaman yönetimi konulu lisansüstü tezlerin bibliyometrik profili. *Mersin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(1), 164-185. <https://doi.org/10.55044/meusbd.1018005>

Güven, E., & Eren, T. (2024). Endüstriyel kaza araştırmalarına yönelik bibliyometrik inceleme: tezler üzerine bir çalışma. *Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 8(2), 85-93. <https://doi.org/10.33720/kisgd.1426403>

Ekin, E., Kıymaz, B. B., & Dolanbay, G. (2023). Makine bakım planlaması probleminin çok kriterli karar verme çözümünde askeri matbaa örneği. *Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 24(2), 63-80. <https://doi.org/10.24889/ife.1302103>

Elelli, S. (1996). *Maden İşletmelerinde İş Makinalarının Etkinliğini Ve Verimliliğini Artırmaya Yönelik Bilgisayar Destekli Bir Tamir Bakım Programının Hazırlanması*. (Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

Er, E. (2004). *Bakım Yönetimi ve Bilgisayarlı Bakım Yönetim Sistemlerinin Türkiye’de Uygulanma Düzeyi*. (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

Erbaş, M. A. (2018). *Bir Bakım Onarım Organizasyonunda Stok Yönetimi Optimizasyonu ve Bakım Planlaması İle Entegre Edilmesi Üzerine Bir Uygulama*. (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü)

- Erkan, İ. (2020). Dijital pazarlamanın dünü, bugünü, geleceği: bibliyometrik bir analiz. *Akademik Hassasiyetler*, 7(13), 149-168.
- Kalender, S. (2019). *Gemi Şaft Yatağı Boşluğunun Yapay Sinir Ağları İle Öngörüsü Ve Havuz Bakım Planlaması*. (Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Karataş, B., & Can, A. V. (2023). Finansal başarısızlık tahmini üzerine türkiye’de yayımlanan lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizi (1991-2021). *Journal of Accounting and Taxation Studies*, 16(1), 17-55. <https://doi.org/10.29067/muvu.1139919>
- Kavakcı, S., & Yardımcıoğlu, F. (2018). Türkiye’de ibn haldun üzerine yapılmış lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizi. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 14(2), 317-342.
- Kayhan, R., & Arslan, F. M. (2024). Tedarik zinciri dirençliliğinin şimdiki ve sonrası: bir bibliyometrik analiz. *Pazarlama Ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi*, 17(2), 369-416.
- Khatibi, R. (2020). *Üretimde Bakım Planlama İçin Bütünlük Bir Model Önerisi ve Uygulama*. (Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)
- Mansur, F., & Aydın, İ. (2021). Teletıp araştırmalarının görsel haritalama tekniği ile bibliyometrik analizi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 14(2), 115-128. <https://doi.org/10.17671/gazibtd.813629>
- Metin, O., & Ünal, Ş. (2022). İçerik analizi tekniği: iletişim bilimlerinde ve sosyolojide doktora tezlerinde kullanımı. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 22(Özel Sayı 2), 273-294. <https://doi.org/10.18037/ausbd.1227356>
- Muştu, M. (2018). *Havacılıkta Bakım Güvenilirliği-Örnek Bir Uygulama*. (Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Mutlu, M., & Sarı, M. (2017). Çok kriterli karar verme yöntemleri ve madencilik sektöründe kullanımı. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 56(4), 181-196. <https://doi.org/10.30797/madencilik.391953>
- Öteyaka, H. C. (2020). *Endüstriyel Bir Üretim Hattı İçin Optimal Bakım Stratejisinin ve Periyodunun Belirlenmesi*. (Doktora Tezi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Ötleş, S. (2019). Endüstri için kestirimci bakım. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 3(1), 56-66.
- Özgür, B. (2007). *Envanter Yönetimi İçin Maliyet Parametrelerinin Hesaplanması: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama*. (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Özispa, N., & Akdaş, O. (2019). Dijital dönüşüm konusunda yapılmış çalışmaların lisansüstü tezlere dayalı bibliyometrik analizi. *Mersin Üniversitesi Denizcilik ve Lojistik Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 60-75.
- Öztürk, M., & Gök, S. G. (2020). Covid-19 döneminde yönetim yazınındaki araştırma trendlerinin bibliyometrik analiz yöntemi ile incelenmesi. *Kapadokya Akademik Bakış*, 4(2), 73-89.
- Pınarcı, E. Ş., Vuruşkan, C. T., Güven, E., & Eren, T. (2024). Türkiye’de ekip çizelgeleme konulu lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizi. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 9(2), 118-130. <https://doi.org/10.46578/humder.1509219>
- Pritchard, A. (1969). Statistical bibliography or bibliometrics. *Journal of Documentation*, 25(4), 348-349.
- Sanlı, Y. B., Baltacı, F., Güven, E., & Eren, T. (2024). Siber güvenlik çalışmaları üzerine bibliyometrik analiz. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 17(3), 223-229. <https://doi.org/10.17671/gazibtd.1473206>
- Saymer, B. (2023). Kendini sabotaj üzerine yazılan lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizi. *Akademik Hassasiyetler*, 10(22), 194-230. <https://doi.org/10.58884/akademik-hassasiyetler.1308051>
- Soylu, A. (2018). Endüstri 4.0 ve girişimcilikte yeni yaklaşımlar. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 32, 43-57. <https://doi.org/10.30794/pausbed.424955>
- Swanson, L. (2001). Linking maintenance strategies to performance. *International Journal of Production Economics*, 70(3), 237-244. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(00\)00067-0](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(00)00067-0)
- Şimşir, F. (2002). *Bakım Malzemeleri İhtiyaç Planlaması Sistemi*. (Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Şimşir, F. (2008). *Kaynak Kısıtlı Bakım Çizelgeleme Problemine Bir Hibrid Çözüm Yaklaşımı*. (Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Taşın, M. F., (2006). *Determination of Optimal Stock Level With Fuzzy Logic Method Under Preventive Maintenance Policy*. (Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Tezcan, M. C., & Aktaş, B. B. (2022). İş sağlığı ve güvenliği performans değerlendirmesi: uçak bakım organizasyonu üzerine bir araştırma. *OHS Academy*, 5(1), 1-12. <https://doi.org/10.38213/ohsacademy.1003573>
- Turner, W., Mice, H. J., Case, K., & Maze, J. (1993). *Introduction to Industrial and Systems Engineering*. Prentice-Hall International Series.
- Tutar, S. (2019). Endüstri 4.0’ın muhasebe mesleğine olası etkileri. *Uluslararası Ekonomi İşletme ve Politika Dergisi*, 3(2), 323-344. <https://doi.org/10.29216/ueip.611209>
- Uzun, Y., & Özdoğan, D. (2011). Güvenirlilik analizlerine dayalı önleyici bakım planlanması. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 20(1), 303-320.
- Ünal, G. (2009). *Güvenirlilik Merkezli Bakım Ve Bir Endüstriyel Uygulama*. (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Ünver, M. G., Özcan, F. F., & Pınarbaşı, M. (2024). Proje seçim problemi için ahp ve topsis bütünlük yaklaşımı: bir proje yönetim firmasında uygulama. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 9(3), 147-163. <https://doi.org/10.46578/humder.1537826>
- Vaughn, C. R. (1962). *Introduction to Industrial Engineering*. Ames-Iowa, Iowa State University Press.
- Yorulmaz, M., & Baykan, Y. (2022). Türkiye’de liman işletmeciliği alanında yapılmış lisansüstü tezlerin bibliyometrik analizi. *Journal of Maritime Transport and Logistics*, 3(2), 98-111. <https://doi.org/10.52602/mtl.1062519>
- Zarif Tapkan, P. (2023). Adnan Menderes döneminde yüksek öğrenim ve teknik üniversiteler. *Journal of Communication, Sociology and History Studies*, 3(1), 60-68

EK-1

**YILLARA GÖRE YÜKSEK LİSANS TEZLERİNDE
KULLANILMIŞ OLAN ANAHTAR KELİMELEER**

YIL	ANAHTAR KELİMELEER
1986	Torna Tezgahları
1990	Yollar Ulaşım Kara Yolları Son Servis Yeteneği Servis Yeteneği İndeksi Üst Yapı Yönetim Sistemi Yol Üst Yapısı İlk Yıl Trafığı
1991	Hasar Teorisi Demir Çelik Endüstrisi Bilgisayar Destekli Bakım
1992	Koruyucu Bakım Endüstri İşletmeleri Fabrikalar Bilgisayar Destekli
1994	Tasarım
1995	Uzman Sistemler
1996	Bilgisayar Güvenilirlik Analizi Önleyici Bakım Ekipman İş Makineleri Maden İşletmeleri Bilgisayar Destekli Bakım Yönetim Bilgi Sistemleri Tasarım Malzeme Yönetimi
1997	Çok Makineli Sistemler Kuyruk Teorisi Makine Ve Ekipmanlar Bakım Yazılımı Bilgisayarlı Bakım Ekipman Bakımı İnşaat Sektörü Makineler Bilgisayar Destekli Bakım Gemiler Bilgisayar Destekli Bakım Bulanık Sorgu Bulanık Mantık Hava Aracı Bakım Yönetimi
1998	Performans Çimento Fabrikaları Makineler
1999	Spektrum Analizi Kestirimci Bakım Vibrasyon Bakım Sistemleri
2001	Kaynak Modelleri Üretim İşletmeleri Endüstri İşletmeleri

YIL	ANAHTAR KELİMELEER
2002	Maliyet Tahmini Yenileştirme Bilişim Sistemi Maliyet Hesabı Karar Destek Sistemi Karar Destek Sistemi Yalın Üretim Sistemi Toplam Verimli Bakım Yalın Üretim Üretim Sistemleri Toplam Verimli Bakım Toplam Verimli Bakım Bilgisayar Destekli Tasarım Markov Karar Süreci Önleyici Bakım Havacılık Kaza Analizi Kazalar Risk Yönetimi Hava Aracı Arıza Tespiti Dengesizlik Titreşim Erken Uyarıcı Dinamik Bakım Bakım Yönetim Sistemleri Havacılıkta Bakım İnternet Programcılığı Bilgisayar Destekli Bakım Yönetim Sistemi Düzeltilici Bakım Koruyucu Bakım Bakım-Tutum Mühendisliği
2003	Uçak Bakım Planlama MRO Yalın Yönetim Makine Çizelgeleme Dal-Sınır Algoritması Önleyici Bakım Toplam Verimli Bakım Bakım Onarım Takipsistemi
2004	Optimizasyon Markov Zinciri
2006	Güvenilirlik Bakım Onarım Takip Sistemi Arıza Analizi İşletmeler Uçaklar Tam Sayılı Doğrusal Programlama Toplam Verimli Bakım Veri Zarflama Analizi Etkinlik Kritik Performans Ölçütleri SCOR Model Performans Ölçümleri Tedarik Zinciri Yönetimi Performans Yönetimi Tıbbi Cihazlar Çizelgeleme Kalibrasyon
2007	
2009	
2010	

EK-2
**YILLARA GÖRE YÜKSEK LİSANS TEZLERİNDE
KULLANILMIŞ OLAN ANAHTAR KELİMELER –
DEVAMI**

YIL	ANAHTAR KELİMELER
2011	Uçak Bakımı İyileştirme Önerileri Havayolu Şirketleri
2012	Termik Santral Bakım Yönetim Sistemi
2013	Proaktif Bakım Güvenilirlik Dinamik Bayesci Ağlar Termik Santralleri Radyo Frekanslı Tanıma
2014	Kestirimci Bakım Sistemleri Koruyucu Bakım Toplam Verimli Bakım
2016	Hasar Bozulma Köprüler Proje Yönetimi Tesis Yönetimi Mimari Tasarım
2018	Hava Aracı Bakım Programı Hava Aracı Bakım Yönetimi Havacılık Bakım Güvenilirliği Havacılık Bakım Optimizasyonu Havacılık Bakım Güvenilirlik Programı
2019	Hidroelektrik Santrali Tamsayı Programlama Analitik Hiyerarşi Süreci TOPSIS Yapay Sinir Ağı Üretim Tahmini Pisagor Bulanık Topsıs Pisagor Bulanık Kümeleri Bulanık TOPSIS Çok Kriterli Karar Verme Koruyucu Bakım Planlaması Hücrel Yapay Sinir Ağı
2020	Yapay Sinir Ağı COPRAS Analitik Hiyerarşi Süreci Tam Sayılı Programlama Hidroelektrik Santral Bakım Strateji Optimizasyonu Tank Paletleri Sistem Güvenilirliği Koruyucu Bakım Güvenilirlik Maliyet Minimizasyonu Bütünleşik Model Kalite Kontrol Kalite Süreç Politikası Önleyici Bakım Çok Kriterli Karar Verme Yalın Bakım Bulanık Dematel

YIL	ANAHTAR KELİMELER
2021	Koruyucu Bakım Planlaması Topluluk Öğrenmesi Ortalama Karekök Hatası Makine Öğrenmesi Kestirimci Bakım Kalan Yararlı Ömür Derin Öğrenme Denetimli Öğrenme Karar Destek Sistemi Weibull Dağılımı Birliktelik Kuralı Makine Öğrenmesi Kestirimci Bakım Önleyici Bakım Endüstri 4.0 Metin Sınıflandırma Makine Öğrenmesi Bakım Yönetim Sistemi
2022	Makine Öğrenmesi Kestirimci Bakım Sistemleri Analitik Hiyerarşi Süreci
2023	Öngörücü Bakım Makine Öğrenmesi Aviyonik Ekipmanlar Havacılık İçten Yanmalı Motor Yağ Analizi Kestirimci Bakım Karar Destek Analizi Yalın 6 Sigma TÖAİK Ömür Etki Analizi Bakım Süreci Uçak Kullanım Planı Büyük Bakım Çizelgeleme Matematiksel Modelleme Havayolu Planlama Süreci Bakımdan Sorumlu Kuruluş Demiryolu Ecm Sertifikasyonu Öngörücü Bakım PLC Öngörücü Bakım Endüstri 4.0 Savunma Sanayi Önleyici Bakım Planı Otonom Bakım Toplam Ekipman Etkinliği Toplam Verimli Bakım Güvenilirlik Merkezli Bakım Microsoft Project CTA Su Arıtma Tesisleri DOSD Kestirimci Bakım Makine Öğrenimi Endüstri 4.0

EK-3

YILLARA GÖRE DOKTORA TEZLERİNDE KULLANILMIŞ OLAN ANAHTAR KELİMELER

YIL	ANAHTAR KELİMELER
2000	Uçak Motorları Weibull Dağılımı Motor Ömür Yönetimi Jet Motor Güvenilirliği Motor Bakım Kavram Ve Politikaları Güvenilirlik Analizi
2004	Orman Ürünleri Sanayi Orta Yoğunlukta Lif Levha Ve Simulasyon Kalite
2005	Otellerde Tesis İşletme Toplam Tesis Yönetimi Öz Kaynak Kullanımı Dış Kaynak Kullanımı Yenileme Tesis Yönetimi
2007	Karar Destek Sistemi Karma Tamsayı Modelleme Sivil Havacılık Yönetimi Uçak Rotalama Uçak Bakım Planlaması Hedef Programlama Karar Destek Sistemleri Bulanık Mantık TOPSIS AHP ÇKKV
2008	Bakım Stratejileri Seçimi Bulanık Mantık Genetik Algoritmalar Koruyucu Bakım Çizelgeleme
2014	Yumuşak Hesaplama Algoritması Kritik Bakım Parçası Envanter Yönetimi Uluslararası Standartlar Tedarik Zinciri Yönetimi Sivil Havacılık İşletmeleri

2016	Sivil Havacılık SCOR Modeli Havacılık Sektörü Haberleşme Seyrüsefer Gözetim Tesis Yönetimi Proje Yönetimi Mimari Tasarım Üretim Endüstrisi Bakım Stratejisi Seçimi ÇKKV AHP
2018	Sistem Benzetimi Bulanık Mantık Akış Tipi Üretim Toplam Verimli Bakım Performans Endüstri İşletmeleri Altı Sigma Yöntemi
YIL	ANAHTAR KELİMELER
2019	Ray Frezeleme Zamana Dayalı Bakım Kutu Paketleme Önleyici Bakım Değiştirme Planlaması
2020	Kestirimci Bakım Bilgisayarlı Görme Katener Pantograf Raylı Sistemler Lojistik Helikopter Dış Kaynaklardan Yararlanma Analitik Ağ Süreci Kullanılabilirlik Bakım Maliyeti Optimizasyon Veri Analizi Planlı Bakım
2024	Yapı Bilgi Modellemesi Yapay Sinir Ağı



Functional Responses of *Hippodamia variegata* (Goeze) and *Coccinella septempunctata* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae) on *Aphis fabae* Scopoli and *Acyrtosiphon pisum* (Harris) (Hemiptera: Aphididae)

Betül Kayahan^{1*} , İsmail Karaca²

^{1,2} Isparta University of Applied Sciences, Agriculture Faculty, Department of Plant Protection, 32260, Çünür, – Isparta-Türkiye

* Corresponding author: betulksimsek@gmail.com

MAKALE BİLGİSİ

Received: 26/11/2024

Accepted: 24/06/2025

Keywords: Attack rate, Biological control, Coccinellidae, Handling Time

DOI: 10.55979/tjse.1591522

ABSTRACT

In this study, the functional responses of aphid predators *Hippodamia variegata* (Goeze) and *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) were tested. In these experiments, the amount of prey consumed by the predator insects at different aphid densities and the effect of this on the reduction of aphid populations were examined. The larvae (L1, L2, L3, and L4) and adults of the predators were starved for 24 hours. Afterward, the second and third instar larvae of the aphid species *Aphis fabae* and *Acyrtosiphon pisum* were offered as prey in specific numbers (5, 10, 20, 40, 80, and 160). After providing the prey, the predators were allowed to feed for another 24-hour stage, and the amounts of prey consumed were recorded. The results showed that the attack rates (a) of the predator insects increased as their developmental stage progressed, while the handling time (Th) decreased. Based on the data, it was concluded that both predator species, especially in the later stages of their developmental stages, had high prey consumption on *A. fabae* and *A. pisum* and could be effective in the control of these pests.

Hippodamia variegata (Goeze) ve *Coccinella septempunctata* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae)'nın *Aphis fabae* Scopoli and *Acyrtosiphon pisum* (Harris) (Hemiptera: Aphididae) Üzerindeki İşlevsel Tepkisi

ARTICLE INFO

Alınış tarihi: 26/11/2024

Kabul tarihi: 24/06/2025

Anahtar Kelimeler: Saldırı Oranı, Biyolojik Mücadele, Coccinellidae, Yakalama Süresi

DOI: 10.55979/tjse.1591522

ÖZET

Bu çalışmada, yaprak bitleri avcılarını *Hippodamia variegata* (Goeze) ve *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) türlerinin fonksiyonel yanıtları test edilmiştir. Bu denemelerde, predatör böceklerin, farklı yaprak biti yoğunluklarında tükettikleri av miktarı ve bunun yaprak biti popülasyonunun azaltılmasına etkisi incelenmiştir. Predatörlerin larvaları (L1, L2, L3 ve L4) ve erginleri 24 saat boyunca aç bırakılmıştır. Ardından yaprak bitleri *Aphis fabae* Scopoli ve *Acyrtosiphon pisum* Harris türlerinin 2. ve 3. dönem larvaları belirli sayılarda (5, 10, 20, 40, 80 ve 160) av olarak verilmiştir. Av verildikten sonra, 24 saatlik bir süre daha beslenmeleri için beklenmiştir ve tüketilen av miktarları kaydedilmiştir. Bu çalışmalardan, avcı böceklerin avlarına karşı saldırı oranlarının (a) gelişme dönemi ilerledikçe arttığı ve avı işleme sürelerinin (Th) azaldığı tespit edilmiştir. Elde edilen verilere göre, her iki avcı böceğin, özellikle gelişme dönemlerinin son aşamalarında, *A. fabae* ve *A. pisum* üzerinde yüksek av tüketimine sahip oldukları ve bu zararlılarla mücadelede etkili olabilecekleri sonucuna varılmıştır.

1. Introduction

In agricultural production, chemical control is largely preferred for combating diseases and pests. However, pests develop various resistances to new chemicals that emerge each year, which leads to increased chemical usage. Due to the negative effects of chemicals used in agricultural production on the environment and human health, researchers and producers around the world are focusing on alternative control methods (Lacey et al., 2001). In recent years, efforts have been made to explore these alternative methods to prevent these adverse effects. One of these methods, "Biological Control," is

characterized by sustainability. Additionally, the methods applied do not cause environmental pollution and do not harm humans and wildlife (DeBach, 1969; Uygun et al., 1987).

Aphids, which are widely distributed worldwide, are among the herbivores that cause damage to a large number of plants (Nelson & Rosenheim, 2006). These pests directly damage plants by sucking their sap (Blackman & Eastop, 2000) and indirectly harm them by secreting toxic substances and carrying viral diseases (Lodos, 1982; Catherall et al., 1987; Kovalev et al., 1991; Elmalı & Toros, 1994). *Aphis fabae* (Scopoli)

(Hemiptera: Aphididae) causes damage to many vegetables, beans, peas, sunflowers, and tomatoes, in addition to over 200 wild plants (Völkl & Stechmann, 1998; Barnea et al., 2005; Fericean et al., 2012). *Acyrtosiphon pisum* (Harris) (Hemiptera: Aphididae) is known to be a pest of wild weeds, as well as causing damage to beans, lentils, clover, vetch, and some legumes (Stary, 1970; Ali & Habtewold, 1994).

The Coccinellidae family, belonging to the order Coleoptera, is one of the most effective groups in biological control. It is known to encompass about 5200 species worldwide (Khan et al., 2007). *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae), which is commonly found in the Palearctic region, is a polyphagous species. It primarily feeds on aphids, particularly those found on weeds, and it has also been observed feeding on species from the Aleyrodidae (Hem.) and Chaitophoridae (Hem.) families (Korchefsky, 1932; Klausnitzer, 1966; Horion, 1961; Elmalı & Toros, 1994; Aslan & Uygün, 2005; Elekçioğlu & Şenal, 2007). *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae), an important predator of aphids, has also been reported to be effective against other soft-bodied insects that cause damage to plants (Ali & Rizvi, 2009).

To reliably predict the impact of predatory insects on their prey, it is crucial to understand their functional and numerical responses, which are significant in biological control studies (Davis et al., 1976; Trexler et al., 1988). The functional response is used in prey-predator models (Jeschke et al., 2002) and is one of the main components in the selection of agents in biological control (Lester & Harmsen, 2002). A predator's functional response demonstrates the rate at which the predator consumes prey at varying prey densities and its effectiveness in controlling harmful populations (Murdoch & Oaten, 1975). The numerical response is known as an indicator of the reproductive capacity of predators at changing prey densities. Predators with high numerical responses have been found to be able to keep increasing prey populations under control (Davis et al., 1976). Ecologically, changes in prey densities also affect predator densities (Solomon, 1949).

In order to protect against the adverse effects of chemicals used in the control of aphids, it is necessary to focus on control methods that do not negatively impact nature and human health. Predaceous coccinellids are associated with these arthropod pests as regulating populations naturally. Coccinellids provide effective control of these pests by devouring them (Kaçar & Koca, 2020). Therefore, determining the functional and numerical responses of *H. variegata* and *C. septempunctata*, which are effective against aphids *A. fabae* and *A. pisum* and are the main subjects of our study, is of great importance. This study analyzed the functional responses of *H. variegata* and *C. septempunctata*, the predators of aphids. In the functional response experiments, the amount of prey consumed by predators at varying prey densities and their effectiveness in reducing aphid populations have been determined.

2. Material and Methods

The main materials of this study are the broad bean plant (*Vicia faba* L.), two herbivores (*A. fabae* and *A. pisum*), and two predators (*H. variegata* and *C. septempunctata*). Plant production stages and the mass rearing of aphids and predators were conducted under controlled laboratory conditions, with the temperature maintained at $27\pm1^{\circ}\text{C}$, relative humidity (RH) at $65\pm5\%$, and 16:8 h light/dark (L/D) photostage.

2.1. Plant culture

The broad bean plants used in the experiments were grown in 200 ml plastic containers containing a 1:1:1 mixture of soil, peat, and perlite.

2.2. Rearing of aphids

The initial individuals of *A. fabae* and *A. pisum*, which would be produced collectively for the study, were obtained from laboratory mass production. Individuals collected from this production were transferred to laboratory-grown plants using a brush and placed into separate cages for use in the experiments. Clean plants were added to the cages covered with mesh until the number of aphids reached sufficient levels, and the rearing of pests continued stageically.

2.3. Rearing of predatory insects

The predatory insects used in the study (*H. variegata* and *C. septempunctata*) were collected from field conditions (from the clover gardens in Isparta province) and brought to the laboratory, where their identification was conducted. To avoid errors due to food differences in functional response experiments, the predatory insects were reared separately on different preys (*A. fabae* and *A. pisum*). Cages made of plexiglass, with sides and tops covered with tulle, were used for mass production. The individuals used in the experiments were also obtained from this mass production. The production of predatory insects was conducted entirely in climate chambers with a temperature of $27\pm1^{\circ}\text{C}$, $65\pm5\%$ relative humidity, and long-day lighting conditions (16:8).

2.4. Establishment of functional response trials

At this stage of the experiments, larvae (L1) were taken from the eggs of the predatory insects in the mass rearing containers as soon as they hatched and placed into separate Petri dishes. After this process, the larvae were starved for 24 hours, and the following day, a specific number of 2nd and 3rd instar aphids (*A. fabae* and *A. pisum*) were provided to each larva. Six densities of aphids (5, 10, 20, 40, 80, 160) were made available to the predators. After the food was provided, a waiting stage of 24 hours was observed, after which the amount of prey consumed by the larvae was counted and recorded. This process was carried out for all larval stages (L1, L2, L3, and L4) as well as for adult individuals (both female and male). These experiments conducted separately for each developmental stage and each predator (*H. variegata* and *C. septempunctata*) with 50 eggs. These tests were carried

out in climatic chambers with a temperature of 27 ± 1 °C, $65 \pm 5\%$ relative humidity, and long-day lighting conditions (16:8). The functional response of the predatory insects was calculated using the formula applied by Holling (1959).

$$Na = TPaN / (1 + aThN)$$

(Na: Number of preys consumed, T: The length of time the predator and prey are kept together, P: Number of predators, N: Prey density per unit area, a: Predator search rate, Th: Capture time of each prey).

2.5. Statistical analysis

At this stage, analysis of variance (ANOVA) was applied to determine the differences related to the data obtained from the functional response of predatory insects. If the difference between the means is statistically significant, the level of this significance was determined according to the TUKEY multiple comparison test. SPSS (Ver. 17) and Minitab (ver. 16) statistical applications were used in the analysis of the data.

3. Results and Discussion

3.1. *Hippodamia variegata* consumption of aphids

The results obtained from the functional response trials of *H. variegata* on *A. fabae* and *A. pisum* are given in Figure 1. It was observed that the late larvae of the predator insect consumed all the prey in 5 prey densities and almost all of the prey in following three prey densities (10, 20 and 40). It was determined that all the prey were consumed in the first two prey densities (5 and 10), and almost all in the next two prey densities (20 and 40). It was also observed that the number of aphids consumed by the first three development stages decreased when compared with the other stages. Where prey densities were high (80 and 160), it was determined that consumption decreased when compared with other prey densities. This was observed for all developmental stages. According to the obtained data, for both predators, at low prey density (5, 10, 20 and 40), the last instar larvae (L4) and adults (females and males) consumed more than 90% of the prey. In addition, the total predation rate decreased at 80 and 160 prey densities and this rate was between 50-15% in all developmental stages of predatory insects. In particular, it was observed that adult individuals of *H. variegata* consumed the entirety of the first two prey densities (5, 10); however, this rate decreased at other prey densities (particularly at 20, 40, 80 prey densities). The amount of food consumed in different prey densities according to different development stages in all of the trials and the statistical differences between them are given in Figure 1.

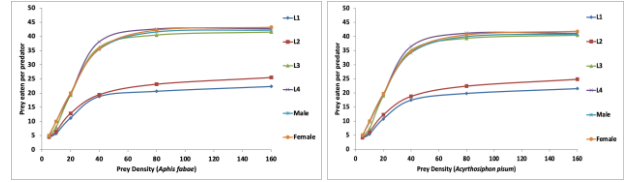


Figure 1. The quantity of aphids consumed by *Hippodamia variegata*

Şekil 1. *Hippodamia variegata* tarafından tüketilen yaprak biti miktarı

3.2. *Coccinella septempunctata* consumption of aphids

The results obtained from the functional response trials of *C. septempunctata* on *A. fabae* and *A. pisum* are given in Figure 2. It was observed that the last stage larva of the predator insect consumed all of the prey in the 5 and 10 prey densities, and almost all of the prey in the 20 and 40 prey densities. When the results of the adults were examined, it was determined that all of the prey were consumed in the first three prey densities (5, 10 and 20), and almost all in the next prey density (40). It was observed that the number of aphids consumed in the first three development stages decreased when compared with other stages. In the trials where the prey densities were high (80 and 160), it was determined that consumption decreased when compared with the other prey densities. This was observed for all developmental stages. According to the data obtained for *C. septempunctata*, it was determined that the consumption amount of adults (males and females) and last stage larvae was approximately 100% in the first three prey densities (5, 10, 20) for both prey; however, it was determined that this rate decreased at other prey densities but was 90% and above. The amount of food consumed in different prey densities according to different development stages in all of the trials and the statistical differences between them are given in Figure 2.

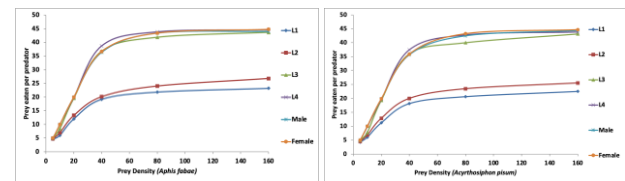


Figure 2. The quantity of aphids consumed by *Coccinella septempunctata*

Şekil 2. *Coccinella septempunctata* tarafından tüketilen yaprak biti miktarı

3.3. Hunting rates

The predation rates of predatory insects were calculated and are shown in Figure 3. It was observed that both *H. variegata* and *C. septempunctata* consumed the low-density foods to a large extent and after a certain level, the amount consumed by the predator insects decreased with increase in aphid density. According to the obtained data, for both predators, at low prey density (5, 10, 20 and 40), the last instar larvae (L4) and adults (females and males) consumed more than 90% of the prey. In addition, the total predation rate decreased at 80 and 160 prey densities

and this rate was between 50-15% in all developmental stages of predatory insects.

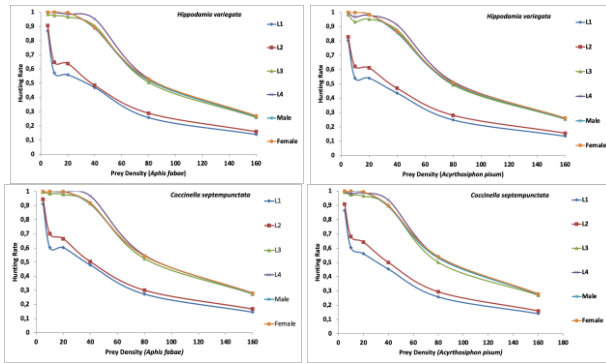


Figure 3. Hunting rates of *Hippodamia variegata* and *Coccinella septempunctata* on preys

Şekil 3. *Hippodamia variegata* ve *Coccinella septempunctata*'nın avlar üzerindeki avlanma oranları

3.4. Attack rates (a) and Handling times (Th) of the predators

The attack rate (a) and handling times (Th) of predatory insects for different foods were calculated according to Holling (1959). The highest attack rates were seen in the 4th larvae and adults of predatory insects. When comparing the two predators, it was observed that the values of *H. variegata* were higher than *C. septempunctata*. It was determined that the attack rate for both predatory insects was lower in the first three development stages when compared with the other stages. When handling times were examined, it was seen that the lowest values were in the last larval stage and the adult individuals. When comparing the two predators, it was observed that the values obtained in *C. septempunctata* were lower than the values obtained in *H. variegata*. It was determined that catching time for both predatory insects was high in the first three developmental stages and decreased in the latter stages, (Table 1).

In this study, the functional responses of *C. septempunctata* and *H. variegata* were determined separately on *A. fabae* and *A. pisum*. It was observed that the functional response type of both predators on their food was Holling (1959) Type-II. It was also noted that the amount of food consumed grew in proportion to the amount of food offered. As the larvae progressed through their stages and into adulthood, the food consumption continued to increase. In these studies, attack rate (a) and capture time (Th) values, which are functional response parameters, were also calculated. It was determined that the attack rates of the first instar larvae were low for both predators. It was found that this value increased with developmental stage. Although both predator species have a long capture period in their early stages, it has been estimated that this period gets shorter as the developmental stage advances. It was also observed that predatory insects consume the low-density foods to a large extent but after a certain level (40 and 80 prey densities), consumption decreases with an increase in density.

Studies on predatory insects worldwide have shown that especially late-stage larvae of lady beetles (Coccinellidae) consume large amounts of food (Omkar & Pervez, 2004; Moura et al., 2006; Bayoumy, 2011; Lee & Kang, 2014). This is believed to be due to the high energy requirements for development and the weight needed for the pupal stage (Hodek & Honěk, 1996). Research on the hunting efficiency of predatory insects has reported that factors such as prey exploitation (Matter et al., 2011), prey type (Sarmiento et al., 2007), prey age (Koch et al., 2003), cannibalism, collective hunting (Burgio et al., 2002), larval parasitism (Bayoumy, 2011; Bayoumy & Michaud, 2012), and temperature (Skirvin et al., 2007) influence this consumption. Kaydan & Yaşar (1999), studied the functional and numerical responses of the predatory insect *Scymnus apetzii* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) on the aphid *Hyalopterus pruni* (Hemiptera: Aphididae) found on plum and peach trees, as well as the effects of starvation duration. They reported that the amount of food consumed by *S. apetzii* during its larval stages increased with the prey density in the environment. Additionally, they observed that both male and female adults consumed more food as the prey population increased, and found a linear relationship between prey density and food consumption. Atlihan & Güldal (2008), examined the functional and numerical responses of *Scymnus subvillosus* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae) to varying numbers (5, 10, 20, 40, 80) of *H. pruni* (Geoffroy) (Homoptera: Aphididae). Their data aligned with a Holling Type-II functional response. Khan (2010), assessed the functional response of different larval stages and adult males and females of *Harmonia eucharis* (Mulsant) on *Aphis pomi*, concluding that the species exhibited a Type-II functional response throughout its life cycle, with the highest search rate and shortest capture time observed in the fourth larval stage. This suggests that the fourth instar larvae of *H. eucharis* may be particularly effective in controlling *A. pomi*, though further field studies are needed to confirm this. Madadi et al. (2011), studied *H. variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae) using pea aphids and cotton aphids as prey. They found that prey consumption decreased as the pest populations increased, indicating a Type-II functional response. Dehkordi & Sahragard (2013), investigated the functional response of female *H. variegata* to various densities (5, 10, 20, 40, 60, and 80) of third-instar nymphs of *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae). They determined that the maximum theoretical predation (T/Th) for females was 121,475 and reported that the survival and vitality of *H. variegata* females at the end of the trials were influenced by prey density. Saleem et al. (2014), examined the predatory effect of *Menochilus sexmaculatus* (Fab) (Coleoptera: Coccinellidae) on *Macrosiphum rosae* (Linnaeus) (Hemiptera: Aphididae) (rose aphids). They found that the predatory effects of the 1st, 2nd, 3rd, and 4th instar larvae of *M. sexmaculatus* were 8.40 ± 0.50 , 13.60 ± 0.81 , 28.60 ± 1.50 , and 57.40 ± 4.67 aphids, respectively. The predator effects of male and female adults were 802.40 ± 2.56 and 916.60 ± 1.69 aphids, respectively, with females being more consistent in their consumption than males. Zarghami et al. (2014), studied the functional response of *Nephus arcuatus* (Kapur)

(Coleoptera: Coccinellidae) to mealybug *Nipaecoccus viridis* (Newstead) (Hemiptera: Pseudococcidae), and determined that the functional response followed Type-II. In their experiment, they used different densities of mealybugs (2, 4, 8, 15, 40, 65, 90, and 115) as prey and calculated the attack rate and capture time for females at 0.2819 h and 0.00811, respectively. The study also revealed that the predators preferred eggs and females of mealybugs, while the first nymph stage was the least preferred. El-Zahi (2017), explored the hunting potential and preference of *Chrysoperla carnea* (Stephens) and *Coccinella undecimpunctata* L. for cotton mealybug *Phenacoccus solenopsis* and *A. gossypii* under laboratory conditions. They found that the fourth instar larvae of *C. undecimpunctata* consumed 112.4 ± 1.63 *A. gossypii* nymphs, 546.4 ± 3.69 first-instar mealybug nymphs, 174.1 ± 1.07 second-instar nymphs, and 40.2 ± 1.22 third-instar nymphs. Both predators were suggested as promising biological control agents for *P. solenopsis*. Bayoumy and Awadalla (2018) studied the effect of different prey densities [*Myzus persicae* Sulzer and *Aphis craccivora* Koch (Hemiptera: Aphididae)] on the third larval stage of *C. carnea*, the fourth larval stage of *C. septempunctata*, and the fourth larval stage of *H. variegata*. Their results indicated that the functional response type remained Type-II, despite significant effects from prey type, predator type, and prey density on aphid consumption. Moradi et al. (2020), assessed the functional response of *Scymnus syriacus* (Coleoptera: Coccinellidae) on *Aphis spiraecola* and *A. gossypii* (Hemiptera: Aphididae) at varying prey densities (3, 5, 7, 10, 20, 30, 40, 60, and 80). They determined that the functional response was Type-II, with high attack rates and short capture times for both prey types in adult predators. Kumar et al. (2020) investigated the functional response of two predator species, *Delphastus catalinae* and *D. pallidus* (Coleoptera: Coccinellidae), to *Bemisia tabaci* eggs at different densities (20, 40, 60, 80, 100, and 120). Both species exhibited a Type-II functional response. The attack rates and capture times were also calculated for the predators, and the study supported previous findings that food consumption increased with prey density.

Consistent with these studies, our research also found that the predatory insects exhibit a Type-II functional response to both *A. fabae* and *A. pisum*, with consumption rates increasing as prey density in the environment rises. Moreover, the consumption of fourth-stage larvae and adults was higher than in other developmental stages. As evidenced by previous studies, functional response experiments conducted under laboratory conditions offer valuable preliminary insights into the prey consumption capacity of natural enemies. These trials are crucial for

assessing the hunting efficiency of predatory insects and provide a basis for exploring their potential use in biological control applications. In this study, we examined the consumption rates of *H. variegata* and *C. septempunctata* at different growth stages on *A. fabae* and *A. pisum*, and observed that the predator insects used in this study were highly effective in consuming aphids.

4. Conclusions

The change in the attack response of a predator species with increasing prey population is a key component of the stability of predator-prey systems (Hassell, 1978). Since Holling (1959), discovered that the attack rates of natural enemies increase with higher prey density, several types of functional responses have been described: a rectilinear rise to a maximum (Type I), a continuously decreasing rate towards a maximum (Type II), a sigmoid increase (Type III), and a dome-shaped response (Type IV) (Figure 4).

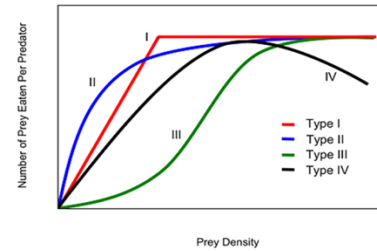


Figure 4. Types of Functional Response according to Megane (2013)

Şekil 4. İşlevsel Tepki Türleri Megane (2013)'a göre İşlevsel Tepki Türleri

According to the results, it was determined that both predatory insects showed Type-II functional response. In addition, it has been determined that both predators, especially the late larvae and adults, are very effective on aphids used as food. It was concluded that the late development stages of both *H. variegata* and *C. septempunctata* are effective on *A. fabae* and *A. pisum* and show potential as biocontrol agents in the management against these pests.

When all the data obtained were examined, it was observed that the pest-control potential of the predatory insects in the study was high. Accordingly, it is thought that mass production of these predatory insects can be made in the laboratory environment, especially in the areas where production is made under controlled conditions, and the populations of the pests (especially aphids) can be kept under the threshold of economic damage.

Table 1. Attack rates (a) and Handling times (Th) of *Hippodamia variegata* and *Coccinella septempunctata* on different prey densities (*Aphis fabae* and *Acyrtosiphon pisum*)Tablo 1. *Hippodamia variegata* ve *Coccinella septempunctata*'nın *Hippodamia variegata* ve *Coccinella septempunctata*'nın farklı av yoğunlukları (*Aphis fabae* ve *Acyrtosiphon pisum*) üzerindeki saldırı oranları (a) ve Taşıma süreleri (Th)

<i>Hippodamia variegata</i> on <i>Aphis fabae</i>						
	1 st Instar	2 nd Instar	3 rd Instar	4 th Instar	Male	Female
Attack rate (a)	0.9752	1.0145	1.0102	1.0643	1.0695	1.0669
Handling time (Th)	0.950 h	0.799 h	0.324 h	0.216 h	0.233 h	0.223 h
<i>Hippodamia variegata</i> on <i>Acyrtosiphon pisum</i>						
	1 st Instar	2 nd Instar	3 rd Instar	4 th Instar	Male	Female
Attack rate (a)	0.8986	0.9227	1.0102	1.0615	1.0753	1.0724
Handling time (Th)	0.970 h	0.782 h	0.324 h	0.240 h	0.254 h	0.245 h
<i>Coccinella septempunctata</i> on <i>Aphis fabae</i>						
	1 st Instar	2 nd Instar	3 rd Instar	4 th Instar	Male	Female
Attack rate (a)	1.0267	1.0670	1.0102	1.0597	1.0635	1.0621
Handling time (Th)	0.905 h	0.758 h	0.324 h	0.192 h	0.211 h	0.209 h
<i>Coccinella septempunctata</i> on <i>Acyrtosiphon pisum</i>						
	1 st Instar	2 nd Instar	3 rd Instar	4 th Instar	Male	Female
Attack rate (a)	0,98319	1,02533	1,02176	1,06067	1,06496	1,06349
Handling time (Th)	0,936 h	0,7704 h	0,2928 h	0,216 h	0,2208 h	0,2136 h

5. Acknowledgements

We would like to thank Isparta University of Applied Sciences, Scientific Research Project Management Unit for financially supporting this study with Project No. 2019-D1-0046.

6. References

- Ali, A., & Rizvi, P. Q. (2007). Development and predatory performance of *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) on different aphid species. *International Journal of Biological Sciences*, 7, 1478-1483.
- Ali, K., & Habtewold, T. (1994). Research on insect pests of cool season food legumes. In *Cool-Season Food Legumes of Ethiopia. Proceedings of the First National Cool-Season Food Legumes Review Conference*. (pp. 367-398)
- Aslan, M. M., & Uygün, N. (2005). The Aphidophagous Coccinellid (Col.: Coccinellidae) species in Kahramanmaraş, Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 29, 1-8.
- Atlihan, R., & Güldal, H. (2008). Prey density-dependent feeding activity and life table history of *Scymnus subvillosus*. *Phytoparasitica*, 37, 35-41. <https://doi.org/10.1007/s12600-008-0011-6>
- Barnea, O., Mustata, M., Mustata, G., & Simon, E. (2005). The parasitoids complex which control the *Aphis fabae* Scop. colonies installed on different crop species and spontaneous plants. In *Lucrarile impozionului "Entomofagii si rolul lor in pastrarea echilibrului natural" Al. I. Cuza" din Iasi*. (pp. 99-110)
- Bayoumy, M. H., & Awadalla, H. S. (2018). Foraging responses of *Coccinella septempunctata*, *Hippodamia variegata* and *Chrysoperla carnea* to changing in density of two aphid species.

- In *Biocontrol Science and Technology*. (pp. 1-16.)
- Bayoumy, M. H., & Michaud, J. P. (2012). Parasitism interacts with mutual interference to limit foraging efficiency in larvae of *Nephus includes* (Coleoptera: Coccinellidae). *Biological Control*, 62, 120-126. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2012.04.001>
- Bayoumy, M. H. (2011). Foraging behavior of the coccinellids *Nephus includes* (Coleoptera: Coccinellidae) in response to *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) with particular emphasis on larval parasitism. *Environmental Entomology*, 40, 835-843. <https://doi.org/10.1603/EN10298>
- Blackman, R. L., & Eastop, V. F. (2000). *Aphids on the world's crops: an identification and information guide*. Wiley, London.
- Burgio, G., Santi, F., & Maini, S. (2002). On intraguild predation and cannibalism in *Harmonia axyridis* Pallas and *Adalia bipunctata* L. (Coleoptera Coccinellidae). *Biological Control*, 24, 110-116. [https://doi.org/10.1016/S1049-9644\(02\)00023-3](https://doi.org/10.1016/S1049-9644(02)00023-3)
- Catherall, P. L., Parry, A. L., & Valentine, J. (1987). Reaction of some winter oat varieties to infection with Barley yellow dwarf virus. *Annals of Applied Biology*, 110, 148-149.
- Dehkordi, D. S., & Sahragard, A. (2013). Functional response of *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) to different densities of *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) in an open patch design. *Journal of Agricultural Science*, 15, 651-659.
- Elekçioğlu, N. Z., & Şenal, D. (2007). Pest and Natural Enemy Fauna in Organic Citrus Production in the Eastern Mediterranean Region of Turkey. *International Journal of Engineering Science*, 1, 29-34.
- Elmalı, M., & Toros, S. (1994). Konya ilinde buğday tarlalarında yaprak biti doğal düşmanlarının tespiti üzerine araştırmalar. In *Türkiye Üçüncü Biyolojik Mücadele Kongresi Bildirileri*. (13-28)
- El-Zahi, El-ZS. (2017). Preference and predatory potential of *Chrysoperla carnea* (Stephens) and *Coccinella undecimpunctata* Linnaeus on *Phenacoccus solenopsis* Tinsley: A new threat to

- the egyptian economic crops. *Alexandria Science Exchange Journal*, 38(4), 837-843. <https://doi.org/10.21608/asejaiaqj.2017.4592>
- Pericean, L. M., Horablagla, N. M., Bănăţean-Dunea, I., Rada, O., & Ostan, M. (2012). The behaviour, life cycle and biometrical measurements of *Aphis fabae*. *Research Journal of Agricultural Science*, 44(4), 31-37.
- Hassell, M. P. (1978). *The Dynamics of Arthropod Predator-Prey Systems. Monographs in Population Biology*. Princeton University Press.
- Hodek, I., & Honěk, A. (1996). *Ecology of Coccinellidae*. Dordrecht, Kluwer Academic.
- Holling, C. S. (1959). Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *Canadian Entomologist*, 91, 385-392. <https://doi.org/10.4039/Ent91385-7>
- Horion, A. (1961). Faunistik der Mitteleuropäischen Käfer. In *Band VIII. Überlingen-Bodensee, Kommissionverlag Buchdruckerei Ang. Feysel*. (pp. 283-365)
- Jeschke, J. M., Kopp, M., & Tollrian, R. (2002). Predator functional responses: discriminating between handling and digesting prey. *Ecological Monographs*, 72, 95-112. [https://doi.org/10.1890/00129615\(2002\)072\[0095:PFRDBH\]2.0.CO2](https://doi.org/10.1890/00129615(2002)072[0095:PFRDBH]2.0.CO2)
- Kaçar, G., & Koca, A. S. (2020). Seasonal Dynamics of Coccinellid Species in Apple, Cherry, and Hazelnut. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6(3), 486-495.
- Kaydan, B., & Yaşar, B. (1999). Avcı böcek *Scymnus apetzii* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae)'nin *Hyalopterus pruni* (Geoffroy) (Hom.: Aphididae) üzerindeki işlevsel ve sayısal tepkileri ile açlığa dayanma sürelerinin saptanması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 9, 29-35.
- Khan, A. A. (2010). Stage-specific functional response of predaceous ladybird beetle, *Harmonia eucharis* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) to green apple aphid, *Aphis pomi* De Geer (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Biological Control*, 24(3), 222-226.
- Klausnitzer, B. (1966). Übersicht über die Nahrung der einheimischen Coccinellidae (Col.). In *Ent Berichte*. (pp. 91-101)
- Koch, R. L., Hutchison, W. D., Venette, R. C., & Heimpel, G. E. (2003). Susceptibility of immature monarch butterfly, *Danaus plexippus* (Lepidoptera: Nymphalidae: Danainae), to predation by *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Biological Control*, 28, 265-270. [https://doi.org/10.1016/S1049-9644\(03\)00102-6](https://doi.org/10.1016/S1049-9644(03)00102-6)
- Korschefsky, R. (1932). Coleopterorum Catalogus, pars 120. In *Coccinellidae II*. (pp. 435)
- Kovalev, O. V., Poprawski, T. J., Stekolshchikov, A. V., Reshchagiana, V., & Gandrabur, S. A. (1991). *Diuraphis aizenberg* (Hom., Aphididae): key to apterous viviparous females and review of Russian language literature on the natural history of *Diuraphis noxia* (Mordvilko). *Journal of Applied Entomology*, 112, 425-436. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1991.tb01076.x>
- Kumar, V., Mehra, L., McKenzie, C. L., & Osborne, L. C. (2020). Functional response and prey stage preference of *Delphastus catalinae* and *D. pallidus* (Coleoptera: Coccinellidae) on *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Biocontrol Science and Technology*, 30(6), 581-591. <https://doi.org/10.1080/09583157.2020.1749833>
- Lee, J. H., & Kang, T. J. (2004). Functional response of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) to *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) in the laboratory. *Biological Control*, 31, 306-310. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2004.04.011>
- Lester, P. J., & Harmsen, R. (2002). Functional and numerical responses do not always indicate the most effective predator for biological control: an analysis of two predators in a two-prey system. *Journal Applied Ecology*, 39, 455-468. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2002.00733.x>
- Lodos, N. (1982). *Türkiye Entomolojisi (Genel Uygulamalı ve Faunistik) Cilt II*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 429, E.Ü. Matbaası, Bornova-İzmir, 591 s.
- Madadi, H., Parizi, E. M., Alahyari, H., & Enkegaard, A. (2011). Assessment of the biological control capability of *Hippodamia variegata* (Col.:Coccinellidae) using functional response experiments. *Journal of Pest Science*, 84, 447-455. <https://doi.org/10.1007/s10340-011-0387-9>
- Matter, M. M., Mahasen, M. A., Farag, E. N. A., & Gesraha, M. A. (2011). Impact of temperature and prey density on the predacious capacity and behaviour of *Stethorus punctillum* Weise. *Archives of Phytopathology*, 44, 127-134. <https://doi.org/10.1080/03235400902927287>
- Megane, E. C. (2013). *Functional Response and The Effects of Insecticidal Seed Treatment on The Soybean Aphid Parasitoid Binodoxys communis*. (Master's Thesis, University of Minnesota)
- Moradi, M., Hassanpour, M., Fathi, S. A. A., & Golizadeh, A. (2020). Foraging behaviour of *Scymnus syriacus* (Coleoptera: Coccinellidae) provided with *Aphis spiraeicola* and *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) as prey: Functional response and prey preference. *European Journal Entomology*, 117, 83-92. <https://doi.org/10.14411/eje.2020.009>
- Moura, R., Garcia, P., Cabral, S., & Soares, A.O. (2006). Does pirimicarb affect the voracity of the euriphagous predator, *Coccinella undecimpunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae)? *Biological Control*, 38, 363-368. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2006.04.010>
- Murdoch, W. W., & Oaten, A. (1975). Predation and population stability. *Advances in Ecological Research*, 9, 1-131. [https://doi.org/10.1016/S0065-2504\(08\)60288-3](https://doi.org/10.1016/S0065-2504(08)60288-3)
- Nelson, E. H., & Rosenheim, J. A. (2006). Encounters between aphids and their predators: the relative frequencies of disturbance and consumption. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 118, 211-219. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2006.00378.x>
- Omkar, O., & Pervez, A. (2004). Functional and numerical responses of *Propylea dissecta* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Applied Entomology*, 128, 140-146. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2004.00824.x>
- Saleem, M., Hussain, D., Anwar, H., Ghouse, G., & Abbas, M. (2014). Predation Efficacy of *Menochilus sexmaculatus* Fabricius (Coleoptera: Coccinellidae) against *Macrosiphum rosae* under laboratory conditions. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 2(3), 160-163.
- Sarmiento, R. A., Pallini, A., Venzon, M., Desouza, O., Molina-Rugama, A. J., & Oliveira, C.L. (2007). Functional response of the predator, *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae) to different prey types. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50, 121-126. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132007000100014>
- Skirvin, D. J., & Fenlon, J. S. (2003). The effect of temperature on the functional response of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology*, 31, 37-39. <https://doi.org/10.1023/B:APPA.0000005107.97373.87>
- Stary, P. (1970). Wanderung und parasitierung der erbsenlaus. *Biologia (Bratislava)*, 25, 787-796.
- Völkl, W., & Stechmann, D. H. (1998). Parasitism of the black aphid (*Aphis fabae*) by *Lysiphlebus fabarum* (Hym., Aphididae) the influence of host plant and habitat. *Journal of Applied Entomology*, 122, 201-206. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1998.tb01484.x>
- Zarghami, S., Mossadegh, M. S., Kocheili, F., Allahyari, H., & Rasekh, A. (2014). Prey Stage Preference and Functional Response of the Coccinellid, *Nephus arcuatus* Kapur in Response to *Nipaeococcus viridis* (News.). *Plant Pests Research*, 4(3), 73-86.



Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

Tarım Sektöründe Tarım Sigortasının Önemi ve Türkiye’deki Uygulamalar

Tidiani Diallo^{1*}, Bahri Karlı²

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü – Isparta-Türkiye

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü – Isparta-Türkiye

*Sorumlu yazar: diallotidiane291@yahoo.fr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 27/02/2025

Kabul tarihi: 20/04/2025

Anahtar Kelimeler: Risk ve belirsizlik,
Tarım sigortası, TARSİM, Türkiye

DOI: 10.55979/tjse.1647970

ÖZET

Tarım sigortası, Türkiye’de çiftçilerin tarımın yapısından kaynaklı risk ve belirsizliklere karşı korunmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışma, Türkiye’de 2005 yılında devlet destekli tarım sigortasının uygulanmaya başlamasından bu yana kaydedilen ilerlemeyi vurgulayarak ülkedeki tarım sigortasının gelişimini incelemektedir. Yakın zamanda yapılan çalışmaların analizi yoluyla, çiftçiler tarafından tarım sigortasının benimsenmesini etkileyen faktörler, uygulamadaki zorluklar ve sistemi güçlendirmek için gereken girişimler araştırılmaktadır. Sonuçlar, çiftçilerin riske karşı etkin bir şekilde korunmasını sağlamak için devlet desteğinin, çiftçilerin farkındalığının artırılmasının ve sigorta hizmetlerinin kalitesinin iyileştirilmesinin, Türkiye’de tarım sektörünün sürdürülebilir kalkınmasını teşvik edecek politikalarındaki önemini vurgulamaktadır.

Importance of Agricultural Insurance in the Agriculture Sector and Practices in Türkiye

ARTICLE INFO

Received: 27/02/2025

Accepted: 20/04/2025

Keywords: Risk and uncertainty,
Agriculture insurance, TARSİM, Türkiye

DOI: 10.55979/tjse.1647970

ABSTRACT

Agricultural insurance plays an important role in protecting farmers against the risks and uncertainties inherent in agriculture in Türkiye. This study examines the development of agricultural insurance in the country by highlighting the progress made since the introduction of state-supported agricultural insurance in 2005. Through the analysis of recent studies, factors influencing the adoption of agricultural insurance by farmers, challenges in implementation, and initiatives required to strengthen the system are explored. The results emphasize the importance of government support, increasing farmers' awareness, and improving the quality of insurance services as key policies to promote the sustainable development of the agricultural sector in Türkiye and ensure effective risk protection for farmers.

1. Giriş

Tarım sektörü küresel ekonomide önemli bir rol oynamakta ve dünya çapında milyonlarca insana geçim kaynağı sağlamaktadır. Tarımsal üretim, doğal süreçlere ve sınırlı doğal kaynaklara bağımlı olmasının yanı sıra, doğal afetler, iklim değişikliği ve diğer belirsizliklere açık olması nedeniyle doğası gereği risklidir. Doğal afetler, iklim değişikliği ve fiyat dalgalanmaları gibi tarımsal üretimin doğasında var olan riskler, sektörün istikrarı ve büyümesi açısından önemli zorluklar teşkil etmektedir. Düşük gelirli ülkelerdeki haneler, özellikle de kırsal kesimde yaşayanlar, sahip oldukları mal varlıklarını ve gelecekteki krizlere karşı dayanıklılıklarını zayıflatabilecek bu belirsizliklerden etkilenmektedir. (Díaz Bonilla, 2017).

Tarım sigortası, bu riskleri azaltmak ve tarım sektörünün dayanıklılığını artırmak için önemli bir araç olarak ortaya çıkmıştır. Özellikle endeks bazlı tarım sigortası, geleneksel tazminata dayalı sigortanın zorluklarına karşı umut verici bir çözüm olarak gelişmekte olan ülkelerde ilgi görmeye başlamıştır (Johnson, 2021). Bu sigorta türü, çiftçilerin doğrudan hasar tespitine dayalı tazminat almak yerine, belirli bir endeksin (örneğin meteoroloji, verimlilik veya uydu verileri) belirlenen eşik değerlerin

altına düşmesi veya üstüne çıkması durumunda otomatik olarak ödeme almasını sağlar. Geleneksel sigortadan farklı olarak, tek tek hasar tespiti yapılmasına gerek kalmaz, bu da işlem maliyetlerini düşürür ve ödemeleri hızlandırır. Ancak, endeks sigortaları, karmaşık bir yapıya sahip olup, gerekli bilgilere erişim sınırlıdır. Ayrıca, bir ülkede uygulanan metodoloji başka bir ülkede aynı şekilde kullanılamamaktadır. Bu nedenle endeks sigortaları, tüm bu pozitif yönlerine rağmen sigortacılık pazarında tutulmamaktadır (Tekin, 2015).

Tarım sigortası, çiftçiler için riskleri azaltmaya ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik etmeye yardımcı olan önemli bir araçtır. Modern üretim tekniklerinin benimsenmesini teşvik ederek verimin artmasını sağlar (Olubiyo vd., 2009). İklim endeksine dayalı sigorta da dahil olmak üzere tarım sigortası programları, tarım işletmelerindeki riskleri azaltmada önemli bir rol oynamakta ve hızla yaygınlaşmaktadır. (Indra vd., 2023). Yapılan çalışmalar, tarım sigortasının doğal afetler sırasında çiftçilerin gelirini istikrara kavuşturarak tarımsal büyümeyi desteklediğini ortaya koymuştur (Wang vd., 2011).

Tarım sigortaları, küçük çiftçilerin olumsuz doğa olaylarından kaynaklanan mali kayıpları yönetmelerine

yardımcı olarak olumsuz mali etkileri azaltmaktadır (Ankrah vd., 2021). Çiftçiler arasında gelişmiş sigorta kapsamı ve farkındalık yoluyla tarımsal yeşil kalkınmayı teşvik etme çabalarının sürdürülebilir tarım uygulamaları için de oldukça önemli olduğu kabul edilmiştir (Hou & Wang, 2022). Mu vd. (2022), tarım sigortasının çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkisini ve karbon emisyonlarının azaltılmasına olan katkısını incelemiştir. Buna göre çiftçilerin yatırım kararlarını etkileyen ahlaki tehlike ve ters seçim gibi endişeler bulunsa da, tarım sigortasının ekolojik dengeyi destekleyerek düşük karbonlu tarımsal kalkınmaya katkı sağlayabileceği düşünülmektedir. Ayrıca Li & Yu (2022), Çin'de "İnternet + Tarım Sigortası"nın çift yönlü etkisini vurgulayarak, tarımsal ekonomik çıktı ve verimlilik artışı gibi tarımsal karbon refahı performansı üzerindeki olumlu etkileri vurgulamışlardır.

Okpukpara vd. (2021), farklı bölgelerde tarım sigortası programlarına erişimi analiz etmiş ve çiftçiler tarafından en yaygın kullanılan sigorta türlerini belirlemiştir. Buna göre çiftçiler tarafından en çok tercih edilen sigorta türleri ürün sigortası, hayvancılık sigortası ve çoklu risk tarım sigortası olarak belirlenmiştir.

Tarım sigortası, çiftçilikle ilgili risklerin yönetilmesinde temel bir dayanaktır. Doğal afetler veya fiyat dalgalanmaları gibi öngörülemeyen olaylardan kaynaklanan mali kayıpları telafi ederek, çiftçilere işlerini sürdürmek ve geçim kaynaklarını korumak için ihtiyaç duydukları mali güvenceyi sunmaktadır. Ayrıca tarım sigortası, modern ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının benimsenmesini teşvik ederek çevresel ve ekonomik zorluklar karşısında yenilikçiliği ve dayanıklılığı da desteklemektedir (Indra vd., 2023).

Dolayısıyla tarım sigortası, tarım sektörünün sürdürülebilirliğinin ve büyümesinin desteklenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Çiftçileri olası mali kayıplara karşı koruyarak, onları daha verimli teknolojilere ve tarım yöntemlerine yatırım yapmaya teşvik ederken, çevrenin korunmasını ve doğal kaynakların korunmasını da desteklemektedir. Finansal sigorta ve sorumlu tarım uygulamalarının bu birleşimi, tarım sektörünün genel direncini güçlendirmeye ve uzun vadeli sürdürülebilirliğini sağlamaya yardımcı olmaktadır (Johnson, 2021).

Türkiye'de tarımsal üretim, ülkenin kalkınması için hayati öneme sahip bir sektör olmakla birlikte, mevcut teknolojik gelişmelere rağmen çiftçilerin kontrolü dışındaki çeşitli doğal tehlikelere maruz kalmaktadır. Bu durum, tarım sektörünü doğal, ekonomik, sosyal, teknolojik ve çevresel olmak üzere çeşitli risklere maruz kalan kırılgan bir sektör haline getirmektedir. Bu durum karşısında, bu tehditlere karşı koymak ve çiftçilerin gelirlerini korumak için "tarımsal risk yönetimi programları" olarak bilinen koruma politikaları yıllardır uygulanmaktadır (Güngör, 2006). Bu programlar, doğal tehlikelerden kaynaklanan verim kayıplarını ve ekonomik risklerden kaynaklanan gelir kayıplarını tarım sigortası sistemlerine aktarmayı ve böylece üretimin kesintiye

uğradığı dönemlerden sonra çiftçilere bir tür finansal güvence sunmayı amaçlamaktadır.

Türkiye'de tarım sigortası ilk kez 1957 yılında uygulanmaya başlanmış olsa da çeşitli engellerin varlığı sigortanın ilerleyen dönemlerde gelişimini sınırlamıştır. Bunlar arasında çiftçilerin gelirlerindeki düşüş, uzun yıllar boyunca tarım sigortasına ilişkin bir kamu politikasının olmaması ve tarım ve sigorta sektörlerine yönelik ilgi ve bilgi eksikliği yer almaktadır. Ancak 1995 yılında Tarım Sigortaları Vakfı kurulması önemli bir dönüm noktası olmuştur. Bu girişim, tarım sigortası sektörünün yeniden canlandırılmasını, sigorta şirketlerinin bu alana özel hizmetler sunmaya teşvik edilmesini ve tarım sektöründeki paydaşlar arasında sigortanın önemi konusunda farkındalık yaratılmasını mümkün kılmıştır (Durgut & Dumanoglu, 2016).

Türkiye'de 2005 yılında devlet destekli tarım sigortası uygulamasına geçilene kadar, hükümet tarım sigortasına katkıda bulunmamıştır. Türkiye hükümeti bu sigortayı sübvans etmek yerine çiftçilere yardım etmek için kanunlar çıkarmıştır. 1948 yılında Muhtaç Çiftçilere Tohumluk Kredisi Verilmesi Hakkında Kanun çıkarılmış, ancak 2002 yılında yürürlükten kaldırılmıştır. 1977'de doğal afetlerden zarar gören çiftçilere yardım yasası çıkarılmıştır. Ancak bu yardımlar sorunu çözmeye yetmemiş ve afetlerin ardından ertelenen çiftçi borçları her yıl devlete ağır bir mali yük getirmiştir (Güngör, 2006).

Çalışmanın amacı, tarım sektöründeki önemli bir konu olan tarım sigortasının rolünü ve Türkiye'deki uygulamalarını incelemektir. Tarım sigortası, tarımsal üretimin karşılaştığı risklerin yönetilmesinde kritik bir araç olarak kabul edilir. Bu çalışma, tarım sigortasının tarım sektöründeki rolünü anlamak, Türkiye'deki uygulamaları değerlendirmek ve bu alanda karşılaşılan zorlukları belirlemek amacıyla tasarlanmıştır. Türkiye'de tarım sigortası sisteminin nasıl işlediği, çiftçilerin ve tarımsal üretim faaliyetlerinin bu sistemden nasıl faydalandığı, sigorta primlerinin ve tazminatların nasıl belirlendiği gibi konular üzerinde durulmuştur. Ayrıca, tarım sigortasının Türkiye'deki tarımsal üretim ve çiftçilerin gelirleri üzerindeki etkisi incelenmiş ve mevcut uygulamalardaki iyileştirme alanları tartışılmıştır. Bu çalışma, tarım sektörünün sürdürülebilirliği ve çiftçilerin refahı için önemli olan bir konuyu derinlemesine anlamayı amaçlamaktadır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, tarım sigortasının tarım sektöründeki önemini ve Türkiye'deki gelişimini incelemek amacıyla literatür taraması ve veri analizi yöntemleri kullanılmıştır. Öncelikle, akademik çalışmalar, raporlar, kitaplar ve diğer ilgili kaynaklar incelenerek, tarım sigortasının işleyişi, faydaları ve karşılaşılan zorluklar hakkında mevcut bilgi birikimi derlenmiştir. Ardından, Türkiye'deki tarım sigortası sisteminin gelişimini değerlendirmek için resmi kaynaklardan elde edilen veriler analiz edilmiştir. Buna göre 2019-2023 yılları arasında Türkiye'de tarım sigortası kapsamında düzenlenen polise sayıları, sigorta bedelleri,

prim üretimi, devlet destekli prim tutarları ve ödenen hasar miktarlarını hem cari hem de reel fiyatlar üzerinden gösterilmiştir. Ayrıca, verilerin reel fiyatlara göre 2019 yılı baz alınarak endekslenmesiyle, tarım sigortası sektöründeki değişim daha net bir şekilde ortaya konulmuştur.

Bu kapsamda, çalışmada Türkiye’de tarım sigortası uygulamalarının gelişimi ve mevcut durumu istatistiksel veriler ışığında değerlendirilmiş, sektörün karşılaştığı temel zorluklar ve iyileştirme fırsatları üzerine çıkarımlarda bulunulmuştur.

3. Türkiye’de Tarım Sigortası Uygulamaları

Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü (OECD)’ne göre, 54 ülke 2017 ve 2019 yılları arasında tarım sektörüne yılda 600 milyar ABD dolarından fazla kaynak sağlamıştır (Demirdöğen vd., 2022). Bu rakam söz konusu ülkelerin bütçelerinin tarım piyasaları ve politikaları üzerinde önemli bir kısmını temsil etmektedir.

Türkiye’de 2000 yıllarında uygulanan tarımsal sübvansiyonlar, Uluslararası Para Fonu (IMF), Dünya Ticaret Örgütü (DTÖ), Dünya Bankası (DB) ve Avrupa Birliği (AB) gibi kurumların etkisi altında uygulanmıştır (Şenses, 2012). Önceki temel fiyat politikası piyasayı bozmuş ve tarım sektöründe arz ve talep arasında dengesizliklere neden olmuştur. Büyük ölçüde tarımsal sübvansiyonların bütçe üzerindeki yüküne atfedilen 1994 ve 2000 ekonomik krizleri, Türkiye’yi tarımsal sübvansiyonlarda reform yapmaya sevk etmiştir. Bunlar doğrudan gelir desteği, fark ödemesi desteği, doğal afet ödemeleri ve alan bazlı girdi desteğine yönlendirilmiş ve büyük ölçüde piyasa fiyat desteğinin yerini almıştır (Bulut, 2023).

Türkiye’deki tarımsal desteklerde önemli bir değişim noktası, 1994 DTÖ Tarım Anlaşması olmuştur (Yılmaz vd., 2007; Ataseven & Sumelius, 2014; Yüceer vd., 2020). Bu anlaşma, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelere, kırmızı kutu desteği olarak bilinen üretim bağlantılı desteği azaltma taahhüdünde bulunmuştur.

Tarımsal destek politikalarının üretim üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi, özellikle tarımsal ticaret politikalarına ilişkin tartışmalarda gelecekteki tarım politikalarının değerlendirilmesi ve tasarlanması için önemli bilgiler sağladığından, politika yapıcılar için oldukça önemli bir konudur (Weber vd., 2015).

Kendine has doğal ve ekonomik özellikleri nedeniyle tarım sektörü özellikle siyasi ve doğal risklere karşı savunmasızdır. Bu riskler arasında öngörülemeyen hava koşulları, mahsul ve hayvan hastalıkları ve tarımsal ürünlerin fiyatlarındaki dalgalanmalar yer almaktadır (İnan, 2006). Tarımın iklim ve toprak gibi doğal koşullara olan bağımlılığı, bu riskleri ve belirsizlikleri artırmakta ve genellikle çiftçilerin gelirlerinde önemli dalgalanmalara yol açmaktadır.

Tarım sigortası, çiftçilerin daha önce tam olarak çeşitlendiremedikleri büyük riskleri çeşitlendirmelerini

sağlamak için uygulamaya konmuştur. Bu riskler sadece çiftçilerin gelirleri ve refahları üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olmakla kalmaz, aynı zamanda üretim kararlarını da etkiler.

Moschini & Hennessy (2001), çiftçiler için dört temel belirsizlik kaynağı tanımlamaktadır. Bunlardan ilki üretimle ilgili belirsizliktir. Tarımsal üretim döngülerinin uzun olması nedeniyle, çiftçiler belirli bir girdi kombinasyonundan elde edilecek ürün miktarını ve kalitesini kesin olarak tahmin edemezler. İkinci belirsizlik kaynağı fiyattır. Tarım piyasalarının yapısal özellikleri - çok sayıda üreticinin rekabeti, hasattan çok önce yapılan girdi yatırımlarının esnek olmaması, ürünlerin nispeten homojen olması ve talebin görece esnek olmaması- fiyat oynaklığını artırabilir. Üçüncü belirsizlik kaynağı teknolojidir. Yeni üretim teknikleri, geçmişte yapılan sabit yatırımları geçersiz kılabilir ve rekabetçi çiftçiler, ayakta kalabilmek için teknolojik değişime ayak uydurmak zorunda kalırlar. Dördüncü belirsizlik unsuru ise politikadır. Fiyat sübvansiyonları, arazi yönetimi ve çevre politikalarındaki değişiklikler gibi faktörler, üreticiler açısından önemli riskler oluşturur. Riskin çiftçilerin geliri üzerindeki etkisi açık olmakla birlikte, üretim kararlarını riskten bağımsız olarak kar maksimizasyonu perspektifinden ne ölçüde etkilediği daha belirsizdir. Bu tür bir bozulma ne kadar büyük olursa, tarım sigortasının çiftçiler için önemi o kadar artar. Ancak, tarımsal üretim kararlarının riske nasıl tepki verdiğini ve özellikle fiyat oynaklığına bağlı arz esnekliğini tahmin etmek zordur.

Bu risklerin etkisini azaltmak ve çiftçilerin yaşam standartlarını iyileştirmek için birçok gelişmiş ülke, tarım sigortasının en etkili olanlardan biri olduğu koruyucu önlemleri uygulamaya koymuştur. Bu sigorta, potansiyel risklerin istatistiksel bir tahminine dayanmakta ve çiftçilere hayvan ölümleri, mahsul hasarı ve gelir kaybı gibi olaylara karşı bir dereceye kadar güvence sağlamaktadır (İnan, 2006).

Çiftçilerin karşılaştığı başlıca riskler arasında hayvan ölümleri, hastalıklar, kazalar, işsizlik ve üçüncü şahısların neden olduğu hasarlar yer almaktadır. Tarım sigortası, bu risklere karşı koruma sağlayarak çiftçilerin gelirlerinin istikrara kavuşturulmasına ve tarım sektörünün sürdürülebilirliğinin desteklenmesine yardımcı olur.

Türkiye’nin tarım politikası söz konusu olduğunda, hükümet tarım üreticilerini ekipmanlarını ve ürünlerini sigortalatmaya teşvik etmek için teşvikler getirmiştir. Sigorta primlerinin maliyetinin bir kısmı devlet tarafından karşılanmaktadır (Gaytancıoğlu, 2009). Bu önlemin amacı, olumsuz hava koşulları, mahsul hastalıkları veya doğal afetler gibi olayların bir sonucu olarak ekipmanlarının veya mahsullerinin zarar görmesi durumunda çiftçilerin maruz kaldığı mali riskleri azaltmaktır.

Tarım sigortasına uygun ürünlerin ve kapsanacak risklerin seçim süreci, ilgili bakanlığın önerileri temelinde Bakanlar Kurulu tarafından denetlenir. Bu, potansiyel

mali kayıplara karşı koruma gerektiren öncelikli tarım sektörlerinin belirlenmesinde objektif kriterlere dayalı şeffaf bir yaklaşım sağlamaktadır.

Devlet destekli bu tarım sigortası politikası, Türk üreticilerinin dayanıklılığını güçlendirmeyi ve öngörülemeyen olayların mali etkisini azaltarak tarım sektörünün istikrarını desteklemeyi amaçlamaktadır. Bu önlem, finansal bir güvenlik ağı sağlayarak tarıma yatırımı teşvik etmeye ve ülkenin gıda güvenliğini sağlamaya yardımcı olmaktadır.

Türkiye'deki tarımsal üretimin büyük doğal tehlikelere karşı kırılganlığı, bu üretimin yapısından kaynaklanmaktadır. Hayvancılık üretiminin tarımsal katma değerde ağırlıklı bir paya sahip olduğu gelişmiş ülkelerin aksine, Türkiye'de bunun tam tersi geçerlidir. Dahası, gelişmiş ülkelerde görülen daha yoğun uygulamaların aksine, Türkiye'de açık alan hayvancılığı büyük ölçüde baskındır (Dinler vd., 2005). Bu yapı, Türkiye'deki tarımsal üretimi öngörülemeyen hava değişikliklerinin yıkıcı etkilerine maruz bırakmaktadır.

Türkiye'de geleneksel tarımdan kapitalist tarıma geçiş süreci henüz erken bir aşamadır. Kapitalist yönetim uygulamalarının eksikliğinin yanı sıra, çiftçileri piyasa sömürsünden koruyabilecek kooperatif örgütlenmelerinin eksikliği de söz konusudur. Buna ek olarak, üretim yardımı yetersizdir ve çiftçileri büyük şirketlerin hâkim olduğu piyasadaki dalgalanmalara karşı savunmasız bırakmaktadır. Bu durum, modern girdilerin benimsenmesini, makineleşmeyi ve tarımsal altyapı yatırımlarını engellerken, aşırı makineleşme veya uygunsuz gübre ve tarım ilacı kullanımı gibi kaynakların irrasyonel kullanımını teşvik etmektedir.

Türkiye'de tarımın önündeki üçüncü büyük engel, devletin mali, teknik, eğitim ve afet önleme desteğinden yoksun olmasıdır. Çiftçiler doğal tehlikeler karşısında savunmasız bırakılmakta ve afet sonrası tazminat sistemleri büyük ölçüde yetersiz kalmaktadır. Tarım sektörünün gayri safi milli hasılaya (GSMH) olan yüksek katkısına rağmen, bu koruma eksikliği, çiftçileri ve ulusal ekonomiyi önemli ekonomik kayıplara ve bu koruma başarısızlıklarının sonuçlarıyla daha da artan sosyo-ekonomik ve siyasi istikrarsızlığa maruz bırakmaktadır (Kazgan, 1977).

Tarım sektörünün uğradığı zararın büyüklüğü ve çiftçilikle uğraşanların içinde bulunduğu istikrarsız durum, hükümetin uygun bir müdahalede bulunmasını gerektirmektedir. Banka borçlarının iptali ve çiftçilerin kredi geri ödeme sürelerinin uzatılması gibi doğal afetlerin ekonomik sonuçları, hükümetin acilen harekete geçmesi gerektiğinin altını çizmektedir. Tarım sigortası alanında çeşitli tedbirler öngörülebilir. Bu tür sigortaların uygulanmasını kolaylaştırmak için gerekli altyapının geliştirilmesi şarttır. Buna ek olarak, tarımsal üretimin artırılması sektörün dayanıklılığının güçlendirilmesine yardımcı olabilir. Reasürans anlaşmalarıyla desteklenen ve geniş bir risk yelpazesini kapsayan tarım sigortası, bazı muafiyetler öngörülse bile geliştirilmelidir. Ayrıca, hem

sosyo-ekonomik hem de siyasi açıdan hem devlete hem de çiftçi nüfusuna fayda sağlayacak zorunlu veya gönüllü bir tarım sigortası sisteminin kurulması da elzemdir. Böyle bir sistem, tarım sektörünün bir bütün olarak istikrara kavuşturulmasını ve sürdürülmesini mümkün kılacaktır (Uralcan, 2004).

Tarım sigortası, çiftçileri ve ürünlerini doğal tehlikelere ve çiftçiliğin doğasında var olan belirsizliklere karşı korumak için önemli bir araçtır. Don, kuraklık veya sel gibi olaylardan kaynaklanan ürün kayıpları, düşük gelirli çiftçiler için açlık, yoksulluk ve borçlanma gibi yıkıcı sonuçlar doğurabilir. Çiftçiler tarım sigortası yaptırarak bu risklere karşı finansal korumadan faydalanabilir ve faaliyetlerini daha güvenli ve istikrarlı bir şekilde sürdürebilirler. Ayrıca tarım sigortası, çiftlik verimliliğini ve kârlılığını artırmaya yardımcı olabilecek modern tarım uygulamalarının ve yenilikçi teknolojilerin kullanılmasını teşvik eder. Bununla birlikte, tarım sigortasının çiftlik gelirinin dağılımını da etkileyebileceği vurgulanmalıdır, çünkü bir hasar durumunda tazminat ödemeleri meydana gelen kayıpları telafi edebilir ve böylece öngörülemeyen olayların çiftçiler üzerindeki mali etkisini azaltabilir (Dinler vd., 2002).

Kızılay vd. (2006) tarafından yapılan çalışmanın sonuçları, Antalya'daki tarım işletmelerinin %77.6 gibi büyük bir çoğunluğunun düzenli tarım sigortası yaptırmadığını ortaya koymaktadır. Bu sigorta eksikliği temel olarak yetersiz işletme geliri, çok yüksek olduğu düşünülen primler ve hasarların ödenmesiyle ilgili sıkça yaşanan sorunlar gibi bir dizi faktöre bağlanmaktadır. Bu sonuçlar, çiftçilerin faaliyetleriyle ilgili risklere karşı kendilerini korumada karşılaştıkları zorlukları vurgulamakta ve tarım sigortasını tüm tarım sektörü için daha erişilebilir ve uygun fiyatlı hale getirecek politika ve önlemlere duyulan ihtiyacın altını çizmektedir.

Bu nedenle, ilgili makam ve kuruluşların bu sorunları çözmek ve tarım sigortasının daha geniş çapta uygulanmasını teşvik etmek için adımlar atması elzemdir. Bu, primleri daha uygun hale getirecek mali teşviklerin yanı sıra bir hasar durumunda ödemelerin güvenilirliğini ve hızını artıracak reformları da içerebilir (Dinler vd., 2002). Ayrıca, çiftçilerin kendi ihtiyaçlarına uygun sigorta poliçeleri yaptırmalarını teşvik etmek için tarım sigortasının faydalarına yönelik bilgilendirme çalışmaları ve eğitim programları düzenlenebilir.

Tarım sigortası, özellikle doğal afetlere açık kırsal bölgelerde tarım sektörünün gelişimi açısından büyük önem taşımaktadır. Çiftçiler tarafından alınan önleyici tedbirlere rağmen, bu risklerden kaçınmak çoğu zaman mümkün değildir (Uralcan, 2004). Bu bölgelerde yaygın olan karma tarım uygulaması, belirsizlik karşısında bir dereceye kadar esneklik sağlasa da uzmanlaşmayı ve dolayısıyla verimliliği sınırlamaktadır. Erişilebilir tarım sigortasının yokluğunda, çiftçiler üretimlerini güvence altına almak için polikültürü benimsemek zorunda kalmakta ve bu da toplam verimlerinin düşmesine neden olmaktadır. İşte bu noktada devreye giren tarım sigortası, doğal afetlerle bağlantılı kayıplara karşı koruma sağlar.

Finansal güvence sağlayarak çiftçilerin uzmanlaşmasına olanak tanır ve bu da potansiyel olarak verimliliklerini artırabilir. Dolayısıyla tarım sigortası, tarım sektörünün karşı karşıya olduğu tüm zorlukları çözme de, sürdürülebilir kalkınması için çok önemli bir araçtır (Dinler vd., 2002; Uralcan, 2004).

Türkiye'de tarım sigortalarının gelişiminin ve mevcut durumunun değerlendirilmesi, uygulamada karşılaşılan zorlukların anlaşılması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu değerlendirme, mevcut sistemdeki boşluk ve zayıflıkların yanı sıra iyileştirme fırsatlarını da belirleyecektir. Mevcut politikalar, düzenlemeler ve uygulamalara yakından bakarak, tarım sigortasının Türk çiftçilerine yayılmasını ve erişilebilirliğini etkin bir şekilde engelleyen faktörleri belirlemek mümkün olacaktır. Ayrıca bu analiz, Türkiye'de tarım sigortası sektörünün güçlendirilmesine yönelik tavsiyeler ve stratejik önlemler önermek için sağlam bir temel sağlayacaktır (Özgür, 2019).

Türkiye'de tarım sigortasının gelişimi ve mevcut durumunun derinlemesine analizi, Türk çiftçilerinin karşılaştığı özel zorlukların daha iyi anlaşılmasını da sağlayacaktır. Tarım sigortasının Türk tarım sektörünün dayanıklılığı ve sürdürülebilirliği üzerindeki etkisini değerlendirmek için sosyo-ekonomik, çevresel ve politik hususlar dikkate alınacaktır. Türkiye'de tarım sigortasının daha yaygın ve etkin hale gelmesini sağlamak için temel engellerin belirlenmesi ve uygun çözümlerin sunulması, çiftçilerin geçim kaynaklarını güvence altına alarak ülkenin gıda güvenliği ve ekonomik istikrarını güçlendirmeye katkı sağlayacaktır (Perçin, 2011; Ögür, 2019).

Gelişmekte olan ülkelerde endeks sigortası, büyük ölçüde hava koşullarına dayalı ürünlere odaklanmıştır. Barnett & Mahul (2007), bu ülkelerde hava durumuna endeksli sigortaya dair bir giriş sunarak, başarılı uygulamalar için gerekli koşulları vurgulamış ve Türkiye dâhil çeşitli ülkelerdeki pilot programları özetlemiştir. Smith & Watts (2009), bu sigorta ürünlerinin fizibilitesi, ölçeklenebilirliği ve sürdürülebilirliği üzerine tartışmayı genişletmiş ve Türk çiftçilerinin bu sigortaya yönelik talebini incelemiştir. Miranda & Farrin (2012), Türkiye'nin de içinde bulunduğu beş gelişmekte olan ülkedeki deneyimleri ayrıntılı bir şekilde ele almış, farklı sigorta modellerini değerlendirmiş, ancak Türkiye'deki düşük başarı oranı ve ticari uygulanabilirlik konusundaki endişelere dikkat çekmiştir. Kümülatif yağış, ENSO ve NDVI gibi çeşitli endeksler kullanılmış olmasına rağmen, birçok pilot uygulama yaygın olarak benimsenmemiştir. Carter vd. (2014), Türkiye dâhil olmak üzere gelişmekte olan ülkelerde endeks sigortasına ilişkin ampirik kanıtları inceleyerek düşük benimsenme oranlarına vurgu yapmış ve bu sorunun aşılması için çeşitli öneriler sunmuştur. Sonuç olarak, endeks sigortası Türkiye'de tarımsal riskleri azaltma potansiyeline sahip olsa da, etkin uygulanması ve çiftçiler tarafından kabul edilmesi konusunda çeşitli zorluklar devam etmektedir.

3.1. Türkiye'de Tarım Sigortasının Gelişimi

Türkiye'de tarım sigortalarının gelişimi üç farklı döneme ayrılabilir. İlk olarak, tarım sigortaları 1926 yılında Türk Ticaret Kanunu'nun sigorta hükümlerine dahil edilmiştir. Ancak ilk tarım sigortası poliçesi 1957 yılında Şeker Sigorta tarafından dolu riskine karşı düzenlenmiştir. 1959'da ise Başak Sigorta hayvan sigortası sunmaya başlamıştır (Elitaş vd., 2012; Yılmaz vd., 2017). Bu süreçte, Tarım Bakanlığı 1976 ve 1980 yıllarında tarım sigortası kurumuna ilişkin iki kanun taslağı hazırlamış ve 1987 yılında Türkiye için bir tarım sigortası gelişim planı oluşturmuştur. 1995 yılında ise Hazine Müsteşarlığı, tarım sigortalarının teşvik edilmesi amacıyla bir kanun tasarısı hazırlayarak bu sigortaların geliştirilmesine duyulan ihtiyacı vurgulamıştır (Mumcu, 2009). Bu gelişmeler, Türkiye'nin tarımsal kalkınma politikalarında tarım sigortalarına verilen önemin arttığını göstermektedir.

1980'lerin beş yıllık kalkınma planlarında tarımsal ürün sigortasının oluşturulması öngörüldükçe, 1990'larda tarım sigortalarının bütüncül bir yaklaşımla geliştirilmesi gerektiğine dair vurgular artmıştır (İsel, 2010). Bu çerçevede, 1995 yılında Tarım Sigortaları Vakfı'nın (TSV) kurulması, mevcut dolu sigortasının iyileştirilmesi ve devlet desteğiyle ürünle ilgili bir dizi riskin kapsanmasına yönelik önemli bir adım olmuştur (Ögür, 2019). Tarım sigortası alanında faaliyet gösteren tüm özel ve kamu şirketlerinin Tarım Sigortaları Vakfı'na katılımıyla, tarımsal ürünlerde hasarın bağımsız uzmanlar tarafından tespit edilmesine yönelik bir sistem oluşturulmuştur. Böylece, üreticilerin zararlarının doğru bir şekilde belirlenmesi ve ödenmesi garanti altına alınmıştır.

Tarım Konseyleri de Türkiye'de tarım sigortalarının gelişiminde önemli bir rol oynamıştır. Kasım 1998'de gerçekleştirilen ilk Tarım Şurası'nda, tarım sigortaları ile ilgili sorunlar ve çözüm önerileri çağdaş bir yaklaşımla ele alınmıştır. 2004'te düzenlenen ikinci Tarım Şurası'nda ise tarım sigortalarının üreticiyi koruma aracı olarak kısa, orta ve uzun vadeli değerlendirmeleri yapılmıştır. Bu toplantıda, tarım sigortaları yasa tasarısının hızla kabul edilmesi ve ülke genelinde yaygınlaştırılmasının önemi vurgulanmış, ayrıca üreticilere mali güvence sağlamak için hayat sigortasının geliştirilmesi önerilmiştir (Güngör, 2006).

Türkiye'de tarım sigortalarının kurumsal çerçevesi 2005 yılında Tarım Sigortaları Kanunu'nun yürürlüğe girmesiyle daha da güçlenmiştir. Bu kanunla Tarım Sigortaları Havuz İşletmesi (TARSİM) kurulmuş ve çiftçilerin sigorta yaptırmaya teşvik edilmesi amacıyla devlet desteği sağlanmıştır. TARSİM, ürün sigortası da dahil olmak üzere çeşitli sigorta branşları sunmakta ve sürdürülebilir tarımsal üretimi desteklemeyi amaçlamaktadır. 2000'li yılların başında tarım sigortalarına katılımın artmasına rağmen, 2007'den sonra bir durgunluk ve hatta düşüş yaşanmış, bu da ülkede tarım sigortalarının teşvik edilmesine yönelik devam eden zorlukların altını çizmiştir (Güngör, 2006).

Türkiye, tarım sigortaları kapsamında dolu sigortası, sera sigortası, kümes hayvanları hayat sigortası ve büyükbaş hayvan hayat sigortası gibi geniş bir yelpazede hizmet sunmaktadır. Devlet tarafından ayrıca ürün sigortası, su ürünleri hayat sigortası, arıcılık sigortası, bölge kuraklık verim sigortası gibi farklı sigorta türleri de desteklenmektedir (Saltık, 2017). 2006 yılından bu yana devlet destekli tarım sigortalarının gelişimi ve mevcut durumu, TARSİM'in yıllık raporlarında yer alan sigorta değeri, prim üretimi, poliçe sayısı ve ödenen hasarlar gibi verilere dayanmaktadır (Ögür, 2019).

Türkiye'de 2019-2023 dönemine ilişkin sigorta sektöründeki gelişmelere baktığımızda, poliçe sayısında

Çizelge 1. Türkiye'de tarım sigortasının gelişimi

Table 1. Development of agricultural insurance in Türkiye

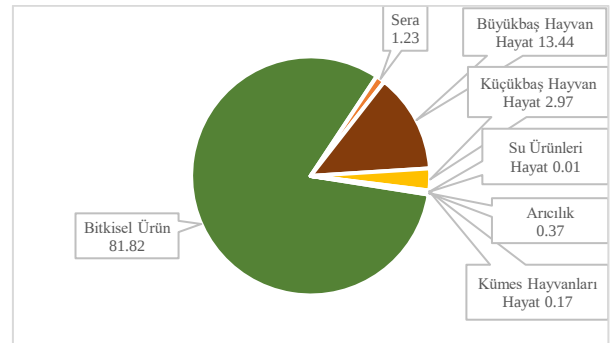
Yıllar	Poliçe Sayısı (Adet)	Sigorta Bedeli (TL)	Prim Üretimi (TL)	Devlet Destek Prim Tutarı (TL)	Ödenen Hasar (TL)
Cari Fiyat					
2019	2 087 860	55 166 348 492	2 447 064 788	1 275 313 836	1 226 860 024
2020	2 235 626	83 146 049 745	3 198 743 163	1 659 280 218	1 392 944 782
2021	2 517 704	124 396 971 987	4 678 459 288	2 474 128 652	2 554 247 269
2022	3 077 908	296 149 927 061	9 005 954 305	4 822 741 665	3 393 301 958
2023	3 086 697	638 338 316 701	17 349 600 284	9 244 510 895	7 111 229 747
Reel Fiyat (2023=100)					
2019	2 087 860	304 962 411 994	13 527 500 015	7 050 000 482	6 782 145 317
2020	2 235 626	409 729 965 490	15 762 876 647	8 176 658 164	6 864 201 236
2021	2 517 704	426 120 488 469	16 026 011 930	8 475 101 065	8 749 546 525
2022	3 077 908	444 015 395 621	13 502 560 691	7 230 700 914	5 087 552 532
2023	3 086 697	638 338 316 701	17 349 600 284	9 244 510 895	7 111 229 747
İndeks (2019=100) (Reel Fiyatlara Göre)					
2019	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
2020	107.08	134.35	116.52	115.98	101.21
2021	120.59	139.73	118.47	120.21	129.01
2022	147.42	145.60	99.82	102.56	75.01
2023	147.84	209.32	128.25	131.13	104.85

Türkiye'de tarımsal faaliyet kollarına göre verilen poliçe sayıları incelendiğinde, poliçelerin %81.82'si bitkisel ürünler için olup, bunu %13.44'lük pay ile büyükbaş hayvan hayat sigortaları, %2.97'lik pay ile küçükbaş hayvan hayat sigortaları takip etmektedir. Su ürünleri hayat sigortası, kümes hayvanları hayat sigortası ve arıcılık faaliyetlerine yönelik poliçe sayıları ise %1'in altındadır (Şekil 1). Ürün bazında bakıldığında ise toplam poliçe sayısı içerisinde 2021 yılında %35.2 olan buğday sigortası poliçeleri 2022 yılında %37.9'a, 2023 yılında ise %39.9'a yükselerek ilk sırada yer almıştır. Arpa %15.5 ile ikinci, ayçiçeği ise %9.2 ile üçüncü sırada bulunmaktadır (TARSİM, 2023).

Poliçelerin illere göre dağılımında Tekirdağ %6.5 ile en yüksek paya sahiptir. Onu %5.6'lık pay ile Konya ve %5.5'lik pay ile Edirne takip etmektedir (TARSİM, 2023). Bu veriler, Türkiye'de tarım sigortalarının gelişimini ve sigortalama oranlarındaki eğilimleri daha iyi anlamak için önemli bir çerçeve sunmaktadır.

%47.84 oranında önemli bir artış olduğu görülmektedir (Çizelge 1). Bu büyüme, sigorta ürünlerine yönelik farkındalığın artmasına ve sigorta şirketlerinin hizmetlerinin genişlemesine bağlanabilir. Aynı dönemde, sigortalanan tutar %109.32 oranında artmıştır. Bu artış, sigortalı varlıkların değerindeki yükselişi veya risklerin daha iyi karşılanmasını göstermektedir.

Prim geliri %28.25 oranında artış gösterirken, devlet destek primi miktarı %31.13 oranında yükselmiştir (Çizelge 1). Devletin bu alandaki daha aktif müdahalesi, sigorta poliçelerinin yaygınlaştırılmasını teşvik etmeye yönelik politikalarla bağlantılı olabilir. Öte yandan, ödenen tazminatlar %4.85 oranında artmıştır (Çizelge 1).



Şekil 1. Poliçe sayısının branşlara göre dağılımı (%) (TARSİM, 2023)

Figure 1. Distribution of the number of policies according to the fields of activity (%) (TARSİM, 2023)

3.2. Tarım Sigortasının Uygulama Güçlükleri ve Uygulamada Karşılaşılan Sorunlar

Tarım sigortasında sistemin mali açıdan sürdürülebilirliği, çiftçi katılım düzeyi, sigorta primlerinin düzeyi ve etkin risk yönetimi de dahil olmak üzere birçok önemli faktöre bağlıdır. Sistemin sürdürülebilirliğini sağlamak için yüksek düzeyde çiftçi katılımı şarttır ve katılımı teşvik etmek için makul sigorta primleri gerekmektedir. Başarılı risk yönetimi aynı zamanda hem çiftçilerin hem de sigortacıların teknik bilgisine bağlıdır (Güngör, 2006).

Meteorolojik veriler, doğal afetlerle ilişkili risklerin değerlendirilmesinde çok önemli bir rol oynar ve risk altındaki alanların daha iyi belirlenmesine yardımcı olur. Buna ek olarak, prim oranlarının belirlenmesi, iklim verilerinin oluşturulması ve profesyonel teknik yardım sağlanması gibi tarım sigortası faaliyetlerinin yürütülmesi için nitelikli personel gereklidir.

Sistemin sürdürülebilirliği, ahlaki tehlike ve ters seçim gibi faktörlerden de etkilenmektedir. Ahlaki tehlike, sigortacılar sigorta poliçesi düzenlendikten sonra çiftçilerin davranışlarını gözlemlemekte veya tahmin etmekte başarısız olduklarında ortaya çıkar. Benzer şekilde, sigorta acentesi poliçe düzenlenmeden önce çiftçi hakkında yeterli bilgiye sahip olmadığında ters seçim meydana gelir ve bu da tarım sigortası sisteminin genel sürdürülebilirliğini tehlikeye atabilir (Saltık, 2017). Özetle, tarım sigortasının finansal ve operasyonel uygulanabilirliği, çiftçi katılımı, etkin risk yönetimi ve sürece dahil olan personelin kalitesi de dahil olmak üzere birbirine bağlı birçok faktöre bağlıdır.

Türkiye'de tarım sigortalarının uygulanması çeşitli engellerle karşılaşmaktadır. Bunlar arasında tarım sigortasının finansmanı, doğal afetlerle başa çıkmak için yetersiz devlet desteği ve sigorta şirketlerinin ilgisizliği yer almaktadır. Tarım Sigortası Kanunu'nun kabul edilmesinden önce, tarım üreticilerinin sigortanın ekonomik işlevlerini anlamaması, enflasyon ve tarım sektöründeki sigorta şirketleri için cazip olmayan sigorta primleri, tarım sigortasının gelişimini sınırlamıştır (Barış, 2007). Buna ek olarak, doğal afetlerden etkilenen çiftçilere yardım sağlayan hükümet mevzuatı, tarım sigortasına alternatif olarak değerlendirilmiş ve sigortanın yaygınlaşmasını engellemiştir. Yüksek altyapı maliyetleri, düşük prim üretimi ve sektörde güvenilir bir sistemin olmaması, sigorta şirketlerini bu alanda tam anlamıyla faaliyet göstermekten caydırmıştır. Bu durum, çiftçilerin istenmeyen davranışlar sergilemesine yol açabilir. Özellikle sigorta, mali kayıplara karşı bir tür garanti olarak algılandığında, çiftçilerin ürünlerini koruma konusundaki dikkat ve taahhüt seviyelerinde azalma görülebilir (Saltık, 2017). Bu da ürün yönetimi ve çiftçilik uygulamalarının kalitesinin düşmesine neden olabilir. Sonuç olarak, sigorta şirketlerinin tazminat talep etme riski artar. Eğer çiftçiler, hasar riskini azaltmak için gerekli adımları atmazlarsa, bu durum sigorta şirketleri açısından özellikle tazminat ödemeleri anlamında maliyet artışına yol açabilir.

Bu nedenle, sigorta şirketlerinin tarım sigortası sisteminin mali uygulanabilirliğini sürdürebilmek için ahlaki riskleri değerlendirmek ve yönetmek amacıyla etkili mekanizmalar oluşturması büyük önem taşır. Bu mekanizmalar, iyi tarım uygulamalarını teşvik edecek yöntemler, çiftçileri sigortayla ilişkili riskler ve sorumluluklar konusunda bilinçlendirecek ve eğitecek önlemler ile çiftçilerin maruz kaldığı gerçek riskleri yansıtabilecek uygun fiyatlandırma politikalarını içerebilir. Sigorta şirketleri, bu adımları atarak hem tarım sigortası sisteminin sürdürülebilirliğini sağlamakta hem de çiftçiler arasında sorumluluk ve bağlılık kültürünün teşvik edilmesine katkı sunabilir (Ayдын vd., 2016).

3.3. Türkiye'de Tarım Sigortası ile ilgili Olarak Yapılan Çalışmaların Sonuçları

Türkiye'de çiftçilerin ürün sigortası yaptırmasını etkileyen faktörleri değerlendiren çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Konya ilinin Ilgın ilçesinde yapılan bir araştırma, çiftçilerin ürün sigortası yaptırma istekliliğinin çiftçinin eğitim düzeyi, aile büyüklüğü, tarımsal üretimdeki deneyimi ve bu faaliyetten elde ettiği gelir gibi faktörlerle olumlu yönde ilişkili olduğunu, tarım dışı yatırımla ise olumsuz yönde ilişkili olduğunu ortaya koymuştur (İkikat Tümer vd., 2019). Tekirdağ ilinin Hayrabolu, Malkara ve Süleymanpaşa ilçelerinde yapılan bir başka araştırmada, tarım sigortası sistemiyle ilgili başlıca sorunlar arasında eksperlerin hasarı doğru bir şekilde tespit edememesi, bilgi eksikliği, uygunsuz davranışlar ve yüksek primler yer almaktadır (Yazgı & Olhan, 2018). Son olarak, Uşak ilinde yapılan bir araştırmada, tarım sigortası hakkında bilgi sahibi olmanın ve bu konudaki kurslara katılmanın, çiftçilerin kuraklık gibi risklere karşı sigorta yaptırma istekliliğinde belirleyici faktörler olduğu, hayvancılık faaliyetlerine katılımın ve tarım sigortası hakkındaki bilgi düzeyinin de aynı şekilde belirleyici olduğu ortaya çıkmıştır (Naseri & Saner, 2017).

Türkiye'de çiftçilerin tarım sigortasına ilişkin tutum ve uygulamalarını değerlendiren çeşitli çalışmalar da yapılmıştır. Kırklareli ve Edirne illerinde yapılan araştırmalar, çiftçilerin toplam yıllık geliri, tarımsal gelir, arazi büyüklüğü, eğitim düzeyi ve tarımsal deneyim gibi faktörlerin tarım sigortası yaptırma eğilimlerini olumlu yönde etkilediğini, tarım dışı faaliyetlerle uğraşmanın ise olumsuz yönde etkilediğini göstermiştir (Ayдын vd., 2016). Orta ve Doğu Anadolu bölgesinde yapılan bir diğer çalışmada, tarım sigortası yaptıran çiftçi sayısı en yüksek ilin Malatya, en düşük ilin ise Bingöl olduğu tespit edilmiştir (Aslan vd., 2012; Aksoy, 2015). Ayrıca, Elazığ, Bitlis, Van ve Muş gibi bazı illerde sigortalı çiftçi sayısında küçük bir artış gözlemlenmiştir.

Ankara, Çorum ve Kayseri illerinde gerçekleştirilen bir çalışmada, Ankara ve Çorum'da çiftçilerin ürün sigortası yaptırmamalarının temel nedeninin gelir yetersizliği olduğunu, Kayseri'de ise sigortanın gereksiz bir masraf olarak görüldüğü belirlenmiştir. Sigortalı çiftçilerin karşılaştığı başlıca zorluklar Ankara ve Kayseri'de yetersiz ve gecikmeli hasar tespiti, Çorum'da ise yüksek primlerle ilgilidir (Taşçı vd., 2014).

Ertan & Gök (2012) tarafından yapılan çalışmada, Isparta ili Eğirdir ilçesindeki çiftçiler arasında tarım sigortası alımının belirleyicileri analiz edilmiştir. Çalışma, çiftçilerin yaşı ile sigorta yaptırma oranları arasında ters yönlü bir ilişki olduğunu ve devletin tarım sigortası konusundaki bilgilendirmesindeki artışın sigorta yaptırma oranındaki artışla bağlantılı olduğunu ortaya koymuştur. Benzer şekilde, Pezikoğlu vd. (2012), Bursa ilinde, bazı çiftçilerin ortak arazi mülkiyeti veya daha düşük doğal risk gibi faktörler nedeniyle tereddüt etmesine rağmen, hükümet desteği ve farkındalık programlarının ürün sigortasını teşvik etmede önemli olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Son olarak, İkikat Tümer (2006)'ın Tokat ili Turhal ilçesinde yaptığı çalışma, çiftçilerin yasayı

bilmelerine rağmen tarım sigortası yaptırmaya isteklerinin düşük olduğunu ortaya koymuş, bu durumu sigortalı çiftçinin sorumluluklarının anlaşılmasına ve sigorta şirketlerine duyulan güvensizliğe bağlamıştır.

4. Sonuç

Türkiye'de tarım sigortaları üzerine yapılan bu çalışma, çiftçileri doğal tehlikelere karşı korumaya yönelik politikaların uygulanmasında önemli ilerlemeler kaydedildiğini ortaya koymaktadır. Devlet destekli tarım sigortasının 2005 yılında uygulanmaya başlanmasından bu yana sektör, yaptırılan poliçe sayısında, sigortalanan toplam tutarda, prim üretiminde ve ödenen hasarlarda artış kaydederek önemli bir büyüme göstermiştir. Bu ilerleme, çiftçilerin ve geçim kaynaklarının korunmasına verilen önemin arttığını yansıtmaktadır.

Ancak bu ilerlemelere rağmen, tarım sigortasının teşvik edilmesinde zorluklar devam etmektedir. Araştırmalar, çiftçilerin yaşı, eğitim düzeyi ve çiftçilik deneyimi gibi faktörlerin sigorta yaptırmaya eğilimlerini etkilediğini göstermektedir. Buna ek olarak, özellikle sigorta primlerinin seviyesi ve sigorta şirketlerinin hasarı doğru bir şekilde değerlendirebilme kabiliyeti açısından sistemin mali açıdan uygulanabilirliği konusunda endişeler devam etmektedir. Bu zorluklar, tarım sigortasını tüm çiftçiler için daha erişilebilir ve uygun hale getirmek için devam eden politikalara duyulan ihtiyacın altını çizmektedir.

Çalışmaların sonuçları, tarım sigortasını teşvik etmek için devlet desteğinin ve farkındalık programlarının önemini de vurgulamaktadır. Sigortanın faydalarının daha iyi anlatılması ve sigortalı çiftçilerin sorumluluklarının daha net anlaşılması, sisteme olan güvenin artmasına yardımcı olabilir ve daha geniş bir katılımı teşvik edebilir.

Buna ek olarak, hasar tespitlerinin kalitesini artırmaya ve tarım sigortasını yönetmekten sorumlu personelin becerilerini geliştirmeye yönelik girişimler, sistemin inandırıcılığını ve güvenilirliğini artırmaya yardımcı olabilir. Sigorta şirketleri, teknik engelleri ortadan kaldırarak ve etkin risk yönetimi sağlayarak çiftçilerin ihtiyaçlarını daha iyi karşılayabilir ve bir bütün olarak tarım sektörünün dayanıklılığını güçlendirebilir.

Sonuç olarak, Türkiye'de tarım sigortası alanında önemli ilerlemeler kaydedilmiş olsa da çiftçilerin doğal risklere karşı etkin bir şekilde korunmasını sağlamaya yönelik zorluklar devam etmektedir. Politika yapıcılar, sigorta hizmetlerinin erişilebilirliğini, finansal uygulanabilirliğini ve kalitesini güçlendirmeyi amaçlayan politika ve girişimlere yatırım yaparak, tarım sektörünün sürdürülebilir kalkınmasını teşvik etmede önemli bir rol oynayabilir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

5. Kaynaklar

- Akçaöz, H., Özhan, B., & Kızılay, H. (2006). Antalya ilinde tarımsal üretimde risk yönetimi ve tarım sigortası uygulamaları. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(2), 93-103.
- Ankrah, D., Kwapong, N., Eghan, D., Adarkwah, F., & Boateng-Gyambiby, D. (2021). Agricultural insurance access and acceptability: examining the case of smallholder farmers in Ghana. *Agriculture & Food Security*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40066-021-00292-y>.
- Ataseven, Y., & Sumelius, J. (2014). The evaluation of agri-environmental policies in Turkey and the European Union. *Fresenius Environmental Bulletin*, 23(8A), 2045-2053.
- Aydın, B., Özkan, E., Hurma, H., & Yılmaz, F. (2016). Kırklareli ve Edirne illerinde üreticilerin ürün sigortası uygulamalarına yaklaşımı. *Derim*, 33(2), 249-262.
- Barış, Ö. (2007). *Türkiye'de ve Avrupa Birliği Ülkelerinde Risk Yönetimi ve Tarım Sigortalarının AB'ye Uyumu Açısından Değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Barnett, B. J., & Mahul, O. (2007). Weather index insurance for agriculture and rural areas in lower-income countries. *American Journal of Agricultural Economics*, 89(5), 1241-1247.
- Bulut, E. (2023). Türkiye'de tarımsal destekleme politikalarının bitkisel üretim üzerine etkisi: fark ödemesi desteği, alan bazlı girdi desteği ve doğrudan gelir desteği. *Uluslararası Akademik Birikim Dergisi*, 6(Özel Sayı), 271-282.
- Carter, M. R., de Janvry, A., Sadoulet, E., & Sarris A. (2014). Index-based weather insurance for developing countries: a review of evidence and a set of propositions for up-scaling. *Revue d'Economie du Développement*, 23, 5-57.
- Carter, M. R., De Janvry, A., Sadoulet, E., & Sarris, A. (2015). Index-based weather insurance for developing countries: A review of evidence and a set of propositions for up-scaling. FERDI Working Paper, No. P111, Fondation pour les études et recherches sur le développement international (FERDI), Clermont-Ferrand.
- Demirdöğen, A., Olhan, E., & Hasdemir, M. (2022). Heterogeneous impact of agricultural support policies: evidence from Turkey. *Environment, Development and Sustainability*, 24(10), 12203-12225.
- Díaz-Bonilla, E. (2017). Food Security Stocks and the WTO Legal Framework. In *Agriculture, Development*. (pp. 285-323)
- Dinler, T., Kıymaz, T., Saner, G., & Akçaöz, H. (2002). Agricultural Insurance in Turkey. Risk Management in Mediterranean Agriculture: Agricultural Insurance. *Seminar*. 21-25 November Zaragoza, Spain.
- Dinler, T., Yaltırık, A., Çetin, B., Özkan, B., Gülçubuk, B., Sürmeli, E., Ekmen, E., Saner, G., Akçaöz, H., Uysal Ö. K., Karaaslan, S., & Kıymaz, T. (2005). Tarımda Risk Yönetimi ve Tarım Sigortaları. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi*. Ocak 03-07, Ankara, 1-25.
- Doğan, Z., Arslan, S., & Berkman, A. N. (2015). Türkiye'de tarım sektörünün iktisadi gelişimi ve sorunları: tarihsel bir bakış. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(1), 29-41.
- Durgut, İ., & Dumanoglu, P. (2016). Türkiye'de tarım sigortalarına devlet desteğinin etkileri. *International Journal of Social and Economic Sciences*, 6(1), 94-99.
- Elitaş, C., Eleren, A., Yıldız, F., & Doğan, M. (2012). Gri İlişkisel Analiz ile Sigorta Şirketlerinin Performanslarının Belirlenmesi. *16. Finans Sempozyumu*. Ekim 10-13, Erzurum, 521-530.
- Ertan, A., & Gök, M. (2012). Eğirdir ilçesi tarım üreticilerinin tarım sigortası yaptırmaya karar verme sürecinde etkili olan faktörlerin analizi. *ODÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 3(5), 66-76.
- Gaytancıoğlu, O. (2009). *Türkiye ve Dünyada Tarımsal Destekleme Politikası*. İstanbul: İTO.
- Güngör, M. (2006). *Türkiye'de Tarım Sigortası Uygulamaları ve Devlet Destekli Tarım Sigortası*. (Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü)
- Hou, D., & Wang, X. (2022). Inhibition or promotion? The effect of agricultural insurance on agricultural green development. *Frontiers in Public Health*, 10, 910534. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.910534>.
- Indra, I., Ula, N., & Nugroho, A. (2023). Implementation of agricultural insurance for sustainable food crop in mutiara timur and suka makmur sub districts. *Iop Conference Series Earth and*

- Environmental Science*, 1183(1), 012095. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1183/1/012095>.
- İkikat Tümer, E. (2006). Bitkisel ürün sigortası yapma isteğinin belirlenmesi: Tokat ili örneği. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42(2), 153-157.
- İkikat Tümer, E., Ağır, H. B., & Uslu, Z. (2006). Çiftçilerin tarım sigortası yapma isteği: Konya ili Ilgın ilçesi örneği. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(4), 571-576.
- İnan, İ. H. (2006). *Tarım Ekonomisi ve İşletmeciliği*. Tekirdağ.
- İsel, M. (2010). *AB Ortaklık Sürecinde Türkiye'nin Tarım Politikaları ve Buna Bağlı Olarak Değişen Tarım Sigortalarının (TARSİM) İncelenip Değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Johnson, L. (2021). Rescaling index insurance for climate and development in Africa. *Economy and Society*, 50(2), 248-274.
- Kazgan, G. (1977). *Tarım ve Gelişme*. İstanbul Üniversitesi Yayınları No:2261, Fakülteler Matbaası, İstanbul.
- Li, S., & Yu, W. (2022). The dual-driven impact of "internet+ agricultural insurance" on the agricultural carbon welfare performance in China. *Polish Journal of Environmental Studies*, 31(3), 2183-2196. <https://doi.org/10.15244/pjoes/141803>
- Miranda, M. J., & Farin, K. (2012). Index insurance for developing countries. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 34(3), 391-427.
- Moschini, G., & Hennessy, D. A. (2001). Uncertainty, risk aversion, and risk management for agricultural producers. *Handbook of Agricultural Economics*, 1, 87-153.
- Mu, L., Wang, Y., & Mao, H. (2022). Does agricultural insurance drive variations in carbon emissions in china? Evidence from a quasi-experiment. *Polish Journal of Environmental Studies*, 32(1), 653-665. <https://doi.org/10.15244/pjoes/155869>
- Mumcu, İ. (2009). *Tarımı Gelişmiş Ülkelerde ve Türkiye'de Tarımsal Destekleme Uygulamalarında Tarım Sigortalarının Yeri*. (Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Naseri, Z., & Saner, G. (2017). Uşak ilinde buğday üreticilerinin olası kuraklık sigortasını benimsemesinde etkili olan faktörlerin analizi. *Balkan ve Yakın Doğu Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(2), 169-180.
- Okpukpara, B., Adebayo, O., & Ukwuaba, I. (2021). Smallholder farmers' access to agricultural insurance schemes: An analysis of the inhibitors in kogi state, nigeria. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(12), 2159-2165. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i12.2159-2165.4381>
- Olubiyo, S., Hill, G., & Webster, J. (2009). Econometric analysis of the impact of agricultural insurance of farming systems in the middle belt, Nigeria. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*, 9(6). <https://doi.org/10.4314/ajfand.v9i6.46266>
- Özgür, R. Ö. (2019). Türkiye'de tarım sektörü sigorta sistemi: problemler ve çözüm önerileri. *Muhasebe ve Finans İncelemeleri Dergisi*, 2(2), 104-117.
- Perçin, E. (2011). *Geleneksel Tarım Sigortaları ile Devlet Destekli Tarım Sigortaları Uygulamalarının Karşılaştırılması Üzerine Bir Araştırma*. (Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Pezikoğlu, F., Ergun, M. E., Öztürk, M., Altıntaş, A., & Uçar, M. (2012). Bursa İlinde Bitkisel Ürün Sigortası Uygulamalarına Yönelik Çiftçi Yaklaşımı. *10. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi*. Eylül 05-07, Konya, 1098-1102.
- Saltık, M. G. (2017). *Türkiye'de Tarım Sigortalarının Tarım Kesimi Üzerine Etkisi 2000-2016*. (Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü)
- Smith, V. H., & Watts, M. (2019). Index based agricultural insurance in developing countries: Feasibility, scalability and sustainability. *Gates Open Research*, 3(65), 65.
- Şenses, F. (2012). Turkey's experience with neoliberal policies since 1980 in retrospect and prospect. *New Perspectives on Turkey*, 47, 11-31.
- TARSİM (2023). Tarım Sigortaları Havuzu (TARSİM) Genel Müdürlüğü faaliyet raporları. <https://www.tarsim.gov.tr/subPage/faaliyet-raporlari> (Son erişim tarihi: 18 Şubat 2025)
- Taşçı, R., Karabak, S., Demirtaş, R., & Gülçubuk, B. (2014). Ankara, Çorum ve Kayseri İllerinde Çiftçilerin Risk Yönetimi ve Tarım Sigortası Uygulamaları. *12. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi*. Eylül 03-05, Samsun, 1035-1041.
- Tekin, M. K. (2015). AB, ABD ve Türkiye'de tarım sigortacılığı uygulamalarının karşılaştırılması. https://www.tarimorman.gov.tr/ABDGM/Belgeler/%C4%B0DAR%C4%B0%20%C4%B0%C5%9ELER/Uzmanl%C4%B1k%20Tez%20Eyl%C3%BCl%202015/Mehmet%20Kerem%20Tekin.pdf?utm_source=chatgpt.com (Son erişim tarihi: 04 Şubat 2025)
- Uralcan, G. Ş. (2004). *Temel Sigorta Bilgileri ve Sigorta Sektörünün Yapısal Analizi*. Hiperlink Yayınları, İstanbul.
- Wang, M., Shi, P., Tao, Y., Liu, M., & Zhou, M. (2011). Agriculture insurance in china: history, experience, and lessons learned. *International Journal of Disaster Risk Science*, 2(2), 10-22. <https://doi.org/10.1007/s13753-011-0007-6>.
- Weber, A. (2015). Implementing EU co-financed agri-environmental schemes: Effects on administrative transaction costs in a regional grassland extensification scheme. *Land Use Policy*, 42, 183-193.
- Yazgı, F. E., & Olhan, E. (2018). Türkiye tarım sigortası sisteminde görülen sorunlar ve alternatif model arayışı. *ADÜ Ziraat Dergisi*, 15(1), 39-45.
- Yılmaz, H., Demircan, V., & Dernek, Z. (2007). Isparta ilinde doğrudan gelir desteğinin harcama yönünün belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1), 65-72.
- Yılmaz, H., Merkez, M., & Unlu, N. (2017). An empirical analysis on the determinants of government-subsidised crop insurance purchase in grape production in Turkey. *Erwerbs-Obstbau*, 59(1), 51-60.
- Yüceer, S. E., & Demiryürek, K. (2020). Factors effecting rural women's entrepreneurship in local markets: The case of Samsun province, Turkey. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(2), 301-307.



Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

Bazı Yulaf Genotiplerinin Tohum Verimi ve Verim Öğelerinin Belirlenmesi

İlknur Akgün¹, Cengiz Türkay^{1*}

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, – Isparta-Türkiye

*Sorumlu yazar: cengizturkay@isparta.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 27/02/2025

Kabul tarihi: 22/05/2025

Anahtar Kelimeler: Genotip, Verim, Verim öğeleri, Yulaf (*Avena sativa* L.)

DOI: 10.55979/tjse.1647996

ÖZET

Isparta koşullarına uygun yulaf genotiplerinin belirlenmesi amacıyla, 2022 ve 2024 yıllarında farklı çeşit, ileri generasyon hatları ve yerel popülasyonlardan oluşan 12 yulaf genotipi deneme alınmıştır. Çalışma, Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre 3 tekerrürlü olacak şekilde kurulmuştur. Araştırmada dekara 8 kg azot ve 5 kg fosfor uygulanmış, m²'ye 500 adet tohum ekilmiştir. Araştırmada salkım çıkarma süresi, metrekaresindeki salkım sayısı, bitki boyu, salkım uzunluğu, salkımda tane sayısı, tane verimi, biyolojik verim ve hasat indeksi özellikleri incelenmiştir. İki yıllık ortalamalara göre tüm özellikler yönünden genotipler arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar belirlenmiştir. İki yıllık ortalamaya göre metrekaresindeki salkım sayısı 349.17–540.83 adet, tane verimi 183.39–284.29 kg da⁻¹, biyolojik verim 701.09–940.80 kg da⁻¹ ve hasat indeksi %25.60–31.52 arasında değişmiştir. Temel bileşenler analizi, özellikle tane verimi, biyolojik verim ve hasat indeksi bakımından genotipler arasında önemli varyasyonlar olduğunu ortaya koymuştur. Ortalama tane verim değerlerine göre YBDU-4, YBDU-9, Küçükyayla, YP-1 ve Kahraman genotiplerinin Isparta koşullarına daha iyi uyum sağladığı belirlenmiştir. Bu genotiplerin, bölgeye uygun yüksek verimli çeşitlerin geliştirilmesinde genetik kaynak olarak değerlendirilebileceği sonucuna varılmıştır.

Determination of Seed Yield and Yield Components of Some Oat Genotypes

ARTICLE INFO

Received: 27/02/2025

Accepted: 22/05/2025

Keywords: Genotype, Yield, Yield components, Oat (*Avena sativa* L.)

DOI: 10.55979/tjse.1647996

ABSTRACT

To identify oat genotypes suitable for Isparta ecological conditions, a field experiment was conducted in 2022 and 2024 with 12 genotypes including different varieties, advanced generation lines, and local populations. The trial was conducted using a randomized block design with three replications. In the study, 8 kg of nitrogen and 5 kg of phosphorus were applied per decare, and 500 seeds were sown per square meter. In the study, panicle emergence time, number of panicles per square meter, plant height, panicle length, number of grains per panicle, grain yield, biological yield, and harvest index were examined. Based on two-year averages, all traits showed statistically significant differences among genotypes. Panicle number ranged from 349.17 to 540.83 m², grain yield from 183.39 to 284.29 kg da⁻¹, biological yield from 701.09 to 940.80 kg da⁻¹, and harvest index from 25.60% to 31.52%. Principal component analysis revealed considerable variation among genotypes, particularly in grain yield, biological yield, and harvest index. According to grain yield averages, YBDU-4, YBDU-9, Küçükyayla, YP-1, and Kahraman genotypes showed better adaptation to Isparta conditions. These genotypes may serve as potential genetic resources for breeding programs aiming to develop high-yielding oat varieties suitable for the region.

1. Giriş

Yulaf (*Avena sativa* L.) dünyanın farklı bölgelerinde hayvan yemi ve insan gıdası olarak kullanılan bir tahıl ürünüdür. Poaceae familyasına ait olan yulaf, ılıman iklime sahip serin ve nemli bölgelerinde, düşük verimli topraklar gibi marjinal alanlarda yetişebilmektedir (Hoffmann, 1995, Kebede vd., 2024). Dünya tahıl üretimi ve ekim alanı bakımından mısır, çeltik, buğday, arpa ve sorgumdan sonra altıncı sırada (üretim miktarı 800 milyon ton, ekim alanı 8 milyon hektar) yer almaktadır (FAO, 2023). Türkiye’de ise yulaf üretimi 2024 yılında bir önceki yıla (2023: 410 bin ton) göre %4.9 oranında azalarak 390 bin ton olarak gerçekleşmiş ve tahıl

üretiminde (buğday, mısır, arpa ve çeltik) beşinci sıradadır (TÜİK, 2024).

Yulaf, protein (%10-12), lif ve mineraller bakımında zengin olduğundan; gıda, yem (yeşil yem, saman ve silajlık), kozmetik ürünleri ve diğer ticari uygulamalarda kullanılmaktadır (Loskutov & Rines, 2011; Halima vd., 2015). Yulaf tanesinin kümes hayvanları, koyunlar ve diğer büyükbaş hayvanlar için rasyonda iyi dengelenmiş bir karışım oluşturabildiği bildirilmiştir (Tessem & Getinet, 2020). Günümüzde insan sağlığını olumlu yönde etkileyebilen β -glukan, avenanthramidler, steroller, fitik asit ve avenakosidler gibi çeşitli biyoaktif bileşikler nedeniyle sağlıklı bir gıda olarak da değerlendirilmektedir (Peñas, 2017). Yine E vitamini ve fenolik bileşikler gibi

antioksidanlar yönünden de zengindir (Van den Broeck vd., 2016). Yulaf tüketimi, kan şekerini ve kolesterolü dengeleyici etkisi ile tip II diyabetin kontrolüne yardımcı olabilmektedir (Boffetta vd., 2014; Hou vd., 2015). Ayrıca yulaf çim suyunun, içerdiği allelopatik etkiye sahip maddelerden (hidroksamik asit, L-triptofan, saponin (avenacins), skopoletin) dolayı tohumların çimlenmesini engellediği bildirilmiştir (Karaman vd., 2021). Son yıllarda, insan ve hayvanlar için çok amaçlı kullanımı nedeniyle yulaf ürünlerine olan talep artarken, Avrupa ülkeleri de dahil olmak üzere, birçok ülkede yulaf ekiliş alanı ve üretiminin azaldığı görülmektedir (Buerstmayr vd., 2007).

Yulafın gıda olarak kullanımının artması, kaliteyle ilgili ek seçim kriterlerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Değirmenciler, kabuğu kolayca soyulan, tadı iyi, unu beyaz ve yüksek besin içeriğine sahip yulaf çeşitlerini tercih etmektedirler (Ganssmann & Vorwerck, 1995). Bu nedenle yeni geliştirilen hatların/çeşitlerin verim ve kalite özellikleri yönünden değerlendirilmesi önemlidir. Farklı iklim koşullarına uygun, yüksek verimli yulaf genotiplerinin araştırılması, çiftçilerimize tanıtılması yulaf üretiminin artmasına yardımcı olacaktır. Bu çalışmanın amacı, farklı yulaf çeşitlerini, ileri generasyon hatlarını ve yerel popülasyonları bazı tarımsal özellikler yönünden karşılaştırarak, Isparta koşulları için uygun genetik çeşitliliğin artırılmasıdır.

2. Materyal ve Metot

Araştırma, 2022 ve 2024 yıllarında Isparta ekolojik koşullarında yürütülmüştür. Geçit kuşağında yer alan Isparta, 1035 m rakım ile İç Anadolu ve Akdeniz Bölgeleri iklim özelliklerine sahiptir. Çalışmada, 6 adet yulaf çeşidi (Diriliş, Halkalı, Kahraman, Kırklar, Küçükyayla ve Yeniçeri), Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından ıslah edilen 3 adet ileri generasyon hattı (YBDU-4, YBDU-9 ve YBDU-18) ve 3 adet yerel popülasyon [Isparta (YP-1), Afyonkarahisar (YP-2) ve Kütahya (YP-3) illerinde yulaf yetiştiriciliği yapan çiftçilerden temin edilmiştir] materyal olarak kullanılmıştır.

Çalışma, 27 Mart 2022 ve 25 Mart 2024 tarihlerinde Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Ekim öncesi yulaf genotiplerinin bin tane ağırlığı belirlenerek, m²'de 500 adet tohum (Sönmez & Karaduman, 2020) olacak şekilde ekim yapılmıştır. Araştırmada parsel boyutları 4.8 m² (4 m x 1.2 m) ve her parselde 6 sıra yer almıştır. Dekara 8 kg azot, 5 kg fosfor hesabıyla gübreleme yapılmıştır. Fosforun tamamı ve azotun yarısı ekimle birlikte, geri kalanı ise sapa kalkma döneminde verilmiştir. Yabancı ot mücadelesi için 2.4-D terkipli herbisit kullanılmıştır. Hasat işlemi genotiplere göre, salkımların olgunluğa ulaştığı dönemlerde, her parselde 2.4 m²'lik alan orakla biçilerek yapılmış ve harman makinesiyle tohumlar çıkarılmıştır.

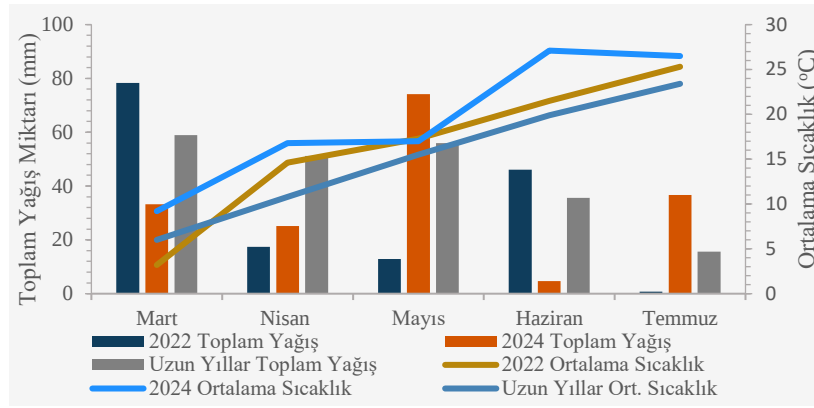
Araştırmada genotiplere ait salkım çıkarma süresi, çıkış tarihinden salkımların çıktığı tarihe kadar geçen gün sayısı sayılarak belirlenmiştir. Metrekaredeki salkım sayısı, parsellerin orta kısmındaki 4 sırada 1'er metrelik

alandaki salkımlar sayılarak tespit edilmiştir. Bitki boyu rastgele seçilen 20 bitkide ana sapın toprak seviyesi ile en üst başakçığın ucu arasındaki mesafe ölçülerek saptanmıştır. Salkım uzunluğu, rastgele seçilen 20 bitkide ana sapın salkım eksenindeki en alt boğum ile en üst boğum ucu (kılçıklar hariç) ölçülerek belirlenmiştir. Salkımda tane sayısı ise 20 bitkide ana saptaki salkımlardaki tane sayısı sayılarak tespit edilmiştir. Tane verimi, hasat edilen bitkilerden elde edilen parsel verimlerinin kg da⁻¹ çevrilmesiyle belirlenmiştir. Biyolojik verim, parsellerden hasat edilen ürünler 3 gün süreyle kurumaya bırakıldıktan sonra, tartılmış ve kg da⁻¹ çevrilmiştir. Hasat indeksi ise tane veriminin, biyolojik verime oranlanması ve 100 ile çarpılmasıyla tespit edilmiştir (Peltonen-Sainio & Järvinen, 1995; Dumlapınar, 2010).

Çalışmanın yürütüldüğü ve uzun yıllara ait toplam yağış ve ortalama sıcaklık değerleri Şekil 1'de verilmiştir. Bölgede uzun yıllar (1929-2021) yağış ortalaması 217.2 mm iken, denemenin yürütüldüğü 2022 yılında 155.5 mm, 2024 yılında ise 173.9 mm yağış düşmüştür. Ortalama sıcaklık değerleri 2022 yılında 16.4°C, 2024 yılında 19.3°C, aynı döneme ait uzun yıllar ortalamasında 15.1°C olarak tespit edilmiştir. Çalışmanın yürütüldüğü vejetasyon dönemlerinde uzun yıllar ortalamasından toplam yağış miktarı daha düşük, sıcaklık ortalama değerleri ise daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Deneme alanı topraklarının 0-25 cm'lik derinliğinden alınan örneklerde, gerekli analizler yapılmıştır. Deneme alanı toprakları yıllara göre (2022 ve 2024) tekstür bakımından tınlı ve killi-tınlı, pH'sı 8.35 ve 7.66 olarak belirlenmiştir. Organik madde miktarı %1.41-1.54, potasyum 274-193 kg da⁻¹, fosfor ise 2.38-4.88 kg da⁻¹ arasında değişmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü toprakların organik madde miktarı düşük, potasyum içeriği yönünden yeterli, fosfor içeriği ise az bulunmuştur.

Deneme yıllarına ait veriler, Bartlett homojenite testi (Bartlett, 1950) uygulanarak analiz edilmiş ve incelenen özellikler bakımından yılların homojen olduğu tespit edildikten sonra, deneme planına uygun olarak yıllar SAS paket programında birleştirilmiş ve varyans analizine tabi tutulmuştur (SAS Institute, 1999). Özelliklere ilişkin ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testiyle karşılaştırılmıştır. Yulaf genotiplerindeki genotip-özellik arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla, R paket programından (version 4.3.2; "FactoMineR, factoextra, pca3d, corrplot") yararlanılarak temel bileşenler analizi yapılmış ve değişkenlerin bileşenlerdeki önemini gösteren (biplot) Cos2 değerlerine göre birinci ve ikinci boyutlarını temsil eden biplot grafiği oluşturulmuştur (Kassambara, 2017).



*Isparta Meteoroloji İstasyonu iklim verileri

Şekil 1. Çalışmanın yapıldığı yıllara ve uzun yıllara (1929-2021) ait iklim verileri*
Figure 1. Climatic data for the years of the study and long years (1929-2021)*

3. Bulgular ve Tartışma

Araştırmada salkım çıkarma süresi, bitki boyu, salkım uzunluğu, salkımda tane sayısı, metrekaresindeki salkım sayısı, tane verimi, biyolojik verim ve hasat indeksi yönünden yulaf genotipleri arasındaki varyasyon istatistiksel olarak önemli ($P \leq 0.01$) bulunmuştur (Tablo 1 ve 2).

Salkım çıkarma süresine ait ortalama değerler Tablo 1’de verilmiştir. En uzun salkım çıkarma süresi YP-2 (84.33 gün), YP-3 (84.33 gün) ve YP-1 (83.33 gün) yulaf genotiplerinde belirlenmiş ve bu genotipler istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. En kısa süre ise Kırklar çeşidinde (64.67 gün) tespit edilmiştir. Yerel popülasyonların (YP-1, YP-2 ve YP-3) ortalama salkım çıkarma süresi, hatlardan ve çeşitlerden daha uzun olduğu belirlenmiştir. Genel olarak bitki boyu uzun olan genotiplerde, salkım çıkarma süresinin de daha uzun olduğu söylenebilir.

Salkım çıkarma süresi diğer tahıl cinslerinde olduğu gibi yulafta da erkencilik ve geççiliğin belirlenmesinde önemli bir kriterdir. Erkencilik farklı ekolojik şartlara adaptasyonun bir göstergesi olduğundan, yulaf ıslah programlarında ıslah amacı olarak yer almaktadır (Buerstmayr vd., 2007). Yulaf genotiplerinde salkım oluşumuna kadar geçen gün sayısındaki farklılık, genetik ve adaptasyon yeteneklerine bağlı olabileceği bildirilmiştir (Nawaz vd., 2004). Kısa vejetasyon süresine sahip erkenci genotiplerin, tane doldurma döneminde kuraklık riskinden daha az etkilendiği (Iannucci vd., 2011) ve ikinci ürün yetiştiriciliğine de imkan sağlayabildiği ileri sürülmüştür (Ercan, 2018).

Bu konuda yapılan çalışmalar incelendiğinde salkım çıkarma süresinin, genetik yapıdan ve çevre şartlarından etkilendiğini göstermektedir. Salkım çıkarma süresi kullanılan genotiplere göre; Erbaş (2012), Yozgat koşullarında 54.0-76.0 gün, Çeri (2019) Konya koşullarında 68-85 gün, Kantar (2022), Kırşehir koşullarında 97.3-117.3 gün arasında değişim gösterdiğini

çeşidin Kahraman çeşidi (126 gün) olduğunu tespit etmişlerdir. Yazlık ekim yapılan çalışmamızda ise Kahraman çeşidinin salkım çıkarma süresi 67.50 gün olarak belirlenmiştir. Bu veriler kışlık ekimlerde salkım çıkarma süresinin daha uzun, yazlık ekimlerde ise daha kısa olduğunu göstermektedir.

Yulaf genotiplerinde bitki boyu yönünden önemli varyasyon belirlenmiştir (Tablo 1). En uzun bitki boyu Kütahya’dan (YP-3) temin edilen yulaf genotipinde (93.19 cm) belirlenmiş ve diğer genotipler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En kısa bitki boyu ise Küçükayla (56.77 cm) çeşidinde belirlenmiş, ancak bu çeşit ile YBDU-9 (60.44 cm), Kahraman (59.64 cm), Kırklar (57.95 cm) ve YBDU-4 (56.72 cm) genotipleri istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır.

Bitki boyu çevre faktörlere ve kültürel uygulamalara bağlı olarak değişim gösterse de, daha çok genetik yapıdan etkilenebilir (Gebremedhn vd., 2015; Tessema & Getinet, 2020). Yulaf sapının ince ve kök sisteminin yüzlek olmasından dolayı, uzun boylu genotiplerde yatma sorunu ortaya çıkabilmekte ve verimde kayıplar meydana gelebilmektedir (Sarı & İmamoğlu, 2011; Ercan vd., 2016). Bu nedenle son yıllarda yapılan ıslah çalışmalarında kısa boylu ve yatmaya dayanıklı yulaf çeşitlerinin geliştirilmesi hedeflenmektedir.

Farklı yulaf genotiplerinin kullanıldığı diğer çalışmalarda da bitki boyunun genotipe ve ekolojik koşullara göre değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir (Avcı, 2017; Topkara, 2019; Us, 2023). Aynı yulaf çeşitlerin kullanıldığı yazlık ekimde (Sobayoğlu & Topal, 2016) bitki boyu ortalamalarının (Kahraman 57.1 cm, Yeniçeri 55.2 cm, Kırklar 54.7 cm) çalışmamızda elde edilen değerlerden farklı olduğu görülmektedir. Yine kışlık ekimin yapıldığı (Sabandüzen & Akçura, 2017) çalışmada, Yeniçeri çeşidinde bitki boyu 108.0 cm olarak belirlenmiştir. Bu durum bitki boyun genetik yapıdan ve çevre şartlarından etkilendiğini göstermektedir.

belirlemişlerdir. Sönmez & Karaduman (2020), Eskişehir koşullarında kışlık ekimde en erken salkım çıkaran

Çizelge 1. Farklı yulaf genotiplerinde salkım çıkarma süresi, bitki boyu, salkım uzunluğu, salkımda tane sayısı ve metrekaresindeki salkım sayısına ait ortalamalar

Table 1. Means of panicle emergence time, plant height, panicle length, panicle length, number of grains per panicle and number of panicles per square meter in different oat genotypes

Genotipler	Salkım çıkarma süresi (gün)	Bitki Boyu (cm)	Salkım uzunluğu (cm)	Salkımda tane sayısı (adet)	m ² 'deki salkım sayısı (adet)
Kahraman	70.50 e ¹	59.64 e-g	16.59 de	52.35 de	349.17 g
Küçükyayla	69.50 ef	56.77 g	17.08 de	41.80 g	493.33 cd
Halkalı	73.67 c	63.91 de	17.15 de	51.83 d-f	540.83 a
Yeniçeri	72.00 d	61.69 ef	18.51 cd	57.38 b	526.67 ab
Diriliş	80.50 b	67.09 d	19.74 c	62.98 a	455.83 e
Kırklar	64.67 g	57.95 fg	16.93 de	52.57 de	474.17 de
YP-1	83.33 a	73.83 c	24.47 b	50.53 ef	500.83 b-d
YP-2	84.33 a	79.87 b	24.09 b	54.77 b-d	469.17 de
YP-3	84.33 a	93.19 a	26.95 a	57.37 b	389.17 f
YBDU-4	72.17 d	56.72 g	15.61 e	55.69 bc	501.67 b-d
YBDU-9	70.17 ef	60.44 e-g	19.12 c	53.72 cd	491.67 cd
YBDU-18	69.17 f	63.19 de	16.09 e	48.99 f	518.33 a-c
Ortalama	74.57	66.19	19.36	53.33	475.90
F Değeri	306.12**	53.92**	37.35**	28.49**	28.91**
AÖF	1.32	5.07	2.08	3.30	35.24
CV(%)	1.28	5.55	7.78	4.47	5.36

** : P≤0.01; ¹Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir.

Yulaf genotiplerinde salkım uzunluğu 15.61-26.95 cm arasında değişmiş ve bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P≤0.01). Bitki boyu uzun olan genotiplerde salkım uzunluğunun da fazla olduğu belirlenmiştir. Farklı illerden temin edilen yerel popülasyonların [YP-3 (26.95 cm), YP-1 (24.47 cm) ve YP-2 (24.09 cm)] salkım uzunluğu, ileri generasyon ıslah hatlarından ve çeşitlerden daha uzun olduğu belirlenmiştir.

Yulafta salkım uzunluğundaki artış, salkımdaki fotosentetik kapasiteyi ve tane sayısını arttırdığından, yüksek tane verimi için salkım uzunluğu önemli bir parametredir. Farklı araştırmacılar, salkım uzunluğu ile salkımda dal sayısı, tane sayısı, tane ağırlığı ve başakçık sayısı arasında olumlu ilişki bulunduğunu bildirmişlerdir (Erbaş, 2012; Yaşar, 2021; Kantar, 2022). Salkım uzunluğunun genotipe göre değiştiği farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Erbaş & Mut, 2013; Sobayoğlu, 2017; Yaşar, 2021). Çalışmamızda kullanılan çeşitlerin yer aldığı farklı bir yazlık ekim çalışmasında, salkım boyu ortalamaları Kahraman 16.1 cm, Yeniçeri 17.5 cm ve Kırklar 16.7 cm olarak tespit edilmiştir (Sobayoğlu & Topal, 2016). Yine farklı bir çalışmada, yulaf çeşitlerinde salkım boyu uygulanan potasyum dozlarına bağlı olarak değişkenlik göstermiştir (Çotaoğlu & Koca, 2020). Bu sonuçlar salkım uzunluğuna çevre şartları ve kültürel uygulamalarının da etkili olduğunu göstermektedir.

Salkımda tane sayısı yönünden genotipler arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur (P≤0.01). En yüksek salkımda tane sayısı Diriliş, en düşük ise Küçükyayla çeşitlerinde belirlenmiş ve istatistiksel olarak diğer genotipler ile farklı grupta yer almışlardır. Yerel popülasyonlarda 50.53-57.37 adet, ileri ıslah hatlarında 48.99-55.69 adet, kontrol olarak kullanılan çeşitlerde ise 41.80-62.98 adet arasında değişmiştir.

Salkımda tane sayısı, tohum verimini etkileyen önemli bir verim ögesi olup fertil başakçık sayısı ile doğrudan ilişkilidir (Sarı, 2012, Sabandüzen & Akçura, 2017). Yine tane verimi ile m²'deki tane sayısı arasında önemli, tane boyutu ve tek tane ağırlığı arasında ise korelasyonun zayıf olduğu bildirilmiştir (Howarth vd., 2021). Salkımda tane sayısı, diğer verim bileşenleri gibi kültürel uygulamalardan ve çevre koşullarından etkilenmektedir. Nitekim Çotaoğlu & Koca (2020) tarafından yapılan çalışmada iki yulaf çeşidine farklı potasyum dozları (0, 4, 8, 12, 16 ve 20 kg da⁻¹) uygulanmış ve salkımda tane sayısı 61.1 - 102.1 adet arasında değişmiştir. Ayrıca çeşitlerin de potasyuma tepkilerinin farklı olduğu bildirilmiştir. Yine farklı çevre koşullarında yapılan çalışmada yulaf varyetelerinde ortalama verim 4.84-10.49 ton ha⁻¹ arasında değişmiş ve çevrenin etkisi istatistiksel olarak önemli iken, genotipler arasındaki farklılık önemli bulunmamıştır. Diğer taraftan Naneli & Sakin (2017), yulafta tane sayısının çevrenin yanında, genotipe göre de önemli seviyede değiştiğini bildirmiştir. İncelenen diğer çalışmalarda salkımda tane sayısının genotiplere göre Çiçek (2019), 50.3-140.6 adet, Halil & Uzun (2019), 63.13-92.72 adet, Düzme (2020), 42.0-100.0 adet arasında değiştiği bildirmişlerdir. Çalışmada genotiplere göre salkımda tane sayısı değerleri 41.80-62.98 adet arasında değişmiş, incelenen diğer araştırma sonuçları ile benzerlik ve farklılıklar belirlenmiştir. Sonuçların farklı olmasının nedenleri arasında, çalışmalarda kullanılan genotiplerin, çevre koşullarının ve tane dökmeye karşı hassasiyetlerinin de farklı olması sayılabilir.

Yulaf genotiplerine ait ortalama metrekaresindeki salkım sayısı 349.17-540.83 adet arasında değişim göstermiştir. En fazla metrekaresindeki salkım sayısı Halkalı çeşidinden belirlenmiş, ancak bu çeşit ile Yeniçeri çeşidi (526.67 adet) ve YBDU-18 hatları arasında istatistiksel olarak

aynı grupta yer almışlardır. En az metrekaredeki salkım sayısı ise Kahraman çeşidinde belirlenmiştir (Tablo 1).

Yulafta m²'deki salkım sayısı kardeşlenme yeteneğinin de bir ölçüsü olup, tane verimini doğrudan etkilemektedir. Yulaf tohumlarının kavuzlu olmasından dolayı çimlenme oranı diğer tahıllara göre daha düşük ve daha uzun zaman alabilmektedir (Peltonen-Sainio & Järvinen, 1995). Bu nedenle tohumların çimlenme oranı da m²'deki salkım sayısını etkileyen önemli faktörlerden birisidir (Çiçek, 2019).

Birim alanda salkım oluşturabilen kardeş sayısının fazlalığı, kuraklığa karşı savunma mekanizmasını desteklemekte ve ıslah programlarında seleksiyon kriteri olarak değerlendirilmektedir (Kantar, 2022). Diğer taraftan Sobayoğlu & Topal (2016) birim alandaki salkım sayısı fazlalığının tane verimine önemli bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar m²'deki salkım sayısı üzerine genotipin etkisinin önemli olduğunu ve m²'deki salkım sayısının 430- 532.5 adet arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Bu konuda yapılan çalışmalar incelendiğinde; Çiçek (2019), Aydın koşullarında 61.1-209.3 adet, Kantar (2022), Kırşehir ekolojik koşullarında 188.3-443.3 adet arasında değiştiğini ve en yüksek metrekarede fertil salkım sayısını Yeniçeri çeşidinde tespit etmiştir. Çalışmamızda da Yeniçeri çeşidinde metrekarede fertil salkım sayısını yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlar m²'deki salkım sayısı üzerine genetik faktörlerin ve çevre koşullarının etkili olduğunu göstermektedir.

Yulaf genotiplerinde en yüksek tane verimi YBDU-4 hattında (284.29 kg da⁻¹) belirlenmiş olmakla birlikte, YBDU-9 (277.99 kg da⁻¹), Küçükyayla (269.52 kg da⁻¹), YP-1 (268.07 kg da⁻¹) ve Kahraman (263.85 kg da⁻¹) genotipleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. En düşük tane verimi Diriliş (183.39 kg da⁻¹) çeşidinde belirlenmiştir (Tablo 2). Araştırmada Halkalı ve Yeniçeri çeşitlerinde m²'deki salkım sayısı fazla olmasına rağmen (Tablo 1) tane verimi düşük bulunmuştur. YP-1 genotipinin tane verimi yüksek olmasına rağmen, salkımda tane sayısı daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durum, YP-1 genotipinin birim alanda daha fazla salkım oluşturabilme yeteneğine (500.83 adet m² salkım sayısı) ve dolayısıyla toplam tane sayısını artırarak verimi artırıcı bir etkiye sahip olduğunu düşündürmektedir. Buna karşılık, Diriliş çeşidinde salkımda tane sayısı en yüksek olmasına rağmen, tane veriminin düşük seviyede (183.39 kg da⁻¹) bulunması, bu çeşidin düşük m²'deki salkım sayısı (455.83 adet), olası tane dökme eğilimi veya kardeşlerin yeterince tane oluşturamaması gibi fizyolojik sınırlamalardan etkilenmiş olabileceğini göstermektedir. Bu bulgular, tane veriminin sadece salkımda tane sayısı ile değil, aynı zamanda m²'deki salkım sayısı, tane tutma oranı ve fizyolojik dayanıklılık gibi çoklu verim bileşenlerinin bütünsel etkileşimiyle belirlendiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte Peltonen-Sainio & Järvinen (1995) kardeşlerin verime katkısının olmadığı veya çok düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, kavuzlu yulaflarda çeşide ve çevre şartlarına bağlı olarak bir başakçıkta tane sayısı 1-3 adet arasında değişebildiğinden (Kün, 1988), başakçık

içerisinde gelişen tane sayısı da verimi etkileyebilmektedir.

Yulafta tane verimi, diğer tahıllarda olduğu gibi farklı verim unsurlarının bileşeni olup, genotiple ilgili bu kantitatif özellikler çevre ile etkileşim içerisindedir. Bu çalışmada yulaf genotiplerinde tohum verimi yönünden ortaya çıkan varyasyonda, genotiplerin genetik potansiyeli ve çevreye adaptasyonunun etkili olduğu görülmektedir. Isparta'dan temin edilen yerel popülasyon ıslah edilen çeşit/hatlara eşdeğer verim sağlamıştır. Farklı yulaf genotiplerinin karşılaştırıldığı çalışmalarda tane veriminin; Aydın koşullarında 77.7-469.1 kg da⁻¹ (Çiçek, 2019), Eskişehir koşullarında 353.7-622.9 kg da⁻¹ (Yaşar, 2021), Samsun koşullarında 128.7 - 572.4 kg da⁻¹ ve Kırşehir koşullarında 156.6-354.2 kg da⁻¹ (Mut vd., 2021a) arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Yulaf genotiplerinde biyolojik verim 701.09-940.80 kg da⁻¹ arasında değişmiştir. YBDU-9 ve YBDU-4 ileri generasyon hatlarında, diğer genotiplerden daha yüksek biyomas elde edilmiştir. Küçükyayla (886.42 kg da⁻¹), YP-1 (872.92 kg da⁻¹), Kahraman (837.59 kg da⁻¹) ve Yeniçeri (803.42 kg da⁻¹) genotiplerinde ise biyolojik verim genel ortalamanın üzerindedir (Tablo 2).

Serin iklim tahılları içerisinde yer alan yulaf tanesi kadar, yeşil otu ve samanı da değerli kaba yem kaynağı olduğundan (Mut vd., 2021b), ıslah programlarında seleksiyon kriterleri arasında yer almaktadır. Özellikle biyolojik verimi yüksek genotipler ot elde etmek amacıyla yetiştirildiğinde, ikinci ürüne de daha uzun yetiştirme süresi sağlayacaktır (Sabandüzen & Akçura, 2017). Yüksek yağış alan bölgelerde veya sulı koşullarda yetiştirilen yulaf çeşitlerinden daha yüksek verim alınmaktadır. Nitekim Küçükyayla (1485.21 kg da⁻¹), Kahraman (1861.84 kg da⁻¹), Yeniçeri (1866.12 kg da⁻¹) ve Diriliş (1689.22 kg da⁻¹) çeşitlerinin kışlık olarak ekildiği çalışmada (Hocaoğlu vd., 2022), biyolojik verim değerleri araştırmada elde ettiğimiz biyolojik verimden daha yüksek bulunmuştur. Farklı yulaf genotiplerinde biyolojik verim ortalamaları; Yozgat koşullarında 345.0-1195.0 kg da⁻¹ (Erbaş, 2012), Çanakkale koşullarında 1038-3156 kg da⁻¹ (Sabandüzen & Akçura, 2017), Eskişehir koşullarında 790-1340 kg da⁻¹ (Sönmez, 2020) arasında değiştiği belirlenmiştir. Yulafın biyolojik verimi, genotipe, çevre koşulları ve kültürel uygulamalara göre değişebildiği farklı araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Mut vd., 2015; Tessema & Getinet, 2020; Karakuzu, 2022).

Araştırmada tane ve biyolojik verim yönünden çevresel etmenlerden kaynaklı varyasyonları karşılaştırmak zor olsa da aynı çalışma içerisinde yeni geliştirilen çeşit/hatların verim değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir (Hocaoğlu vd., 2022). Araştırmalarda biyolojik verim yönünden genotipler arasındaki farklılıklar, verimi etkileyen bitki boyu ve kardeşlenme kapasitesi gibi özelliklerin, genotip x çevre x kültürel uygulamalar etkileşiminden kaynaklanabilir.

Çizelge 2. Farklı yulaf genotiplerinde tane verimi, biyolojik verim ve hasat indeksine ait ortalamalar
Table 2. Means of grain yield, biological yield and harvest index of different oat genotypes

Genotipler	Tane Verimi (kg da ⁻¹)	Biyolojik Verim (kg da ⁻¹)	Hasat İndeksi (%)
Kahraman	263.85 a ¹	837.59 de	31.52 a
Küçükyayla	269.52 a	886.42 bc	30.39 ab
Halkalı	231.74 b	749.46 f	30.92 ab
Yeniçeri	222.26 b	803.42 e	27.60 cd
Diriliş	183.39 d	701.42 g	26.15 de
Kırklar	211.65 bc	680.75 g	31.10 ab
YP-1	268.07 a	872.92 cd	30.71 ab
YP-2	182.63 d	714.00 fg	25.60 e
YP-3	221.66 b	750.17 f	29.57 ab
YBDU-4	284.29 a	919.63 ab	29.26 bc
YBDU-9	277.99 a	940.80 a	29.58 ab
YBDU-18	192.61 cd	701.09 g	27.43 d
Ortalama	234.14	796.47	29.15
F Değeri	26.60**	44.07**	11.04**
AÖF	24.63	47.23	2.03
CV (%)	7.61	4.29	5.05

** : P<0.01; ¹Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir.

Yulaf genotiplerinin ortalama hasat indeksi değerleri % 25.60-31.52 arasında değişmiş ve en yüksek hasat indeksi Kahraman çeşidinde belirlenmiştir. Bu çeşit ile Kırklar (%31.10), Halkalı (%30.92), Küçükyayla (%30.39), YP-1 (%30.71), YP-3 (%29.57) ve YBDU-9 (%29.58) genotipleri istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük hasat indeksi ise YP-2 yerel popülasyonunda tespit edilmiştir (Tablo 2).

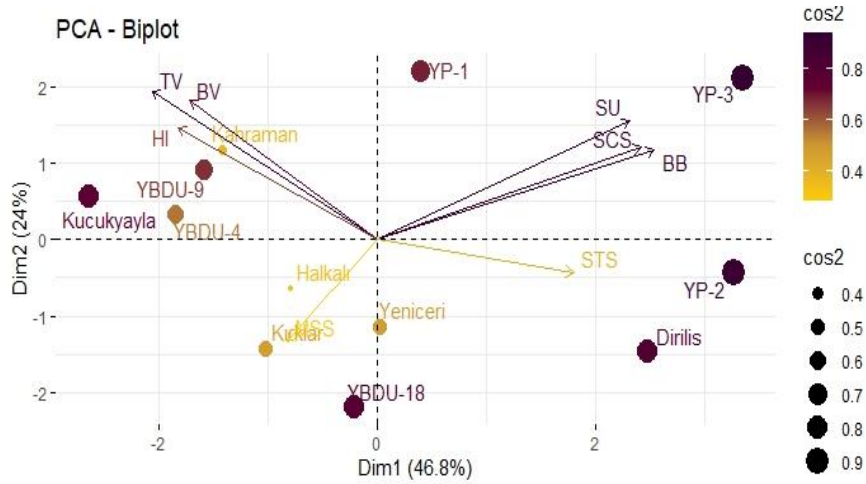
Hasat indeksi değerinin yüksekliği serin iklim tahıllarında önemlidir. Islahçıların hedefi bu değeri %50'ye kadar yükseltmektir. Son yıllarda ıslah edilen çeşitlerde bu oran, yaklaşık %35-40 arasındadır (Sarı & İmamoğlu, 2011; Sobayoğlu, 2017). Hasat indeksinin yüksekliği, birim alandan daha çok tane verimi elde edildiğini göstermektedir. Diğer taraftan özellikle kaba yem amacıyla kullanılacak genotiplerde, hasat indeksinin düşük, bitki boyunun uzun, bitkinin yapraklı olması istenmektedir (Iannucci vd., 2011, Sarı & İmamoğlu, 2011). Hasat indeksi yönünden çeşitler arasındaki farklılıkların bitki boyundan (Hışır vd., 2012), toplam kuru madde ve asimilatların dağılımındaki farklılıklardan kaynaklanabileceği ileri sürülmüştür (Dreccer vd., 2009).

Farklı yulaf genotipleri kullanılarak yapılan çalışmalarda hasat indeksi değerleri genotiplere ve çevre koşullarına göre değiştiği belirlenmiştir. Nitekim hasat indeksi değerleri; Kahramanmaraş'ta %18.60-27.13 (Hışır vd., 2012), Karaman'da %22.0-28.0 (Sobayoğlu, 2017), Çanakkale'de % 17.24-46.52 (Sabandüzen & Akçura, 2017) ve Eskişehir'de %19.9-29.0 (Yaşar, 2021) arasında değişim göstermiştir. Çalışmada yulaf genotiplerinin ortalama hasat indeksi değerleri diğer araştırmaların sonuçlarıyla benzerlik ve

farklılıklar göstermektedir. Bu durum, çalışmada kullanılan genotiplerin ve çevre şartlarının farklı olmasının yanında, genotiplerin tane dökmeye hassasiyetlerinin de etkili olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada kavuzlu yulaf genotiplerinde incelenen özellikler arasındaki ilişkiler temel bileşen analizi ile değerlendirilmiştir (Şekil 2). Grafiğin iki ekseninde yer alan ve verileri açıklayan ilk iki bileşen, toplam varyasyonun %70.8 oluşturmıştır. Bu grafikte incelenen özellikler vektör, genotipler ise yuvarlaklar simgeleri ile gösterilmiştir. İncelenen özellikler arasındaki ilişkiler birbirlerine ve orijin noktasına göre açıklanmaktadır. Salkım uzunluğu, salkım çıkarma süresi ve bitki boyu arasında olumlu ve yakın ilişki olduğu görülmektedir. Yine tane verimi, biyolojik verim ve hasat indeksi arasında olumlu ve yakın ilişki, salkımda tane sayısı ve metrekaresindeki salkım sayısı arasında ise orijin noktasının ters tarafında yer aldığından olumsuz bir ilişki vardır.

PCA-Biplot grafiğinde orijine yakın olan genotiplerde incelenen özellikler yönünden varyasyonun az olduğu söylenebilir. YP-2, YP-1, YP-3 yerel popülasyonları ile YBDU-18, Diriliş, Küçükyayla, YBDU-9 ve Kırklar genotipleri orijinden en uzak genotiplerdir. Bu genotiplerin incelenen özellikler yönünden daha fazla varyasyon gösterdiği anlaşılmaktadır (Şekil 2). Varyasyonun fazla olduğu genotipler ıslah çalışmalarında önemli olup, yeni çeşitlerin geliştirilmesinde kaynak oluşturabilirler. Yine tane verimi, salkım çıkarma süresi, bitki boyu, biyolojik verim ve salkım uzunluğu yönünden genotipler arasında varyasyonun fazla olduğu görülmektedir (Şekil 2).



SCS: Salkım Çıkarma Süresi, BB: Bitki Boyu, SU: Salkım Uzunluğu, STS: Salkımda Tane Sayısı, MSS: Metrekaredeki salkım sayısı, TV: Tane Verimi, BV: Biyolojik Verim, HI: Hasat İndeksi

Şekil 2. Yulaf genotipleri ve incelenen özelliklere ait PCA-Biplot grafiği
Figure 2. PCA-Biplot plot of oat genotypes and studied traits

4. Sonuç

Araştırmada kullanılan genotiplerin genel ortalamaya göre tane verimi YBDU-4 (%21.42) YBDU-9 (%18.60) Küçükyayla (%15.11) YP-1 (%14.49) ve Kahraman (%12.69) yulaf genotiplerinde daha yüksek bulunmuştur. Bu genotiplerin Isparta ekolojik koşullarına daha iyi uyum sağladığı söylenebilir. Ayrıca YBDU-4, YBDU-9, Kahraman, Küçükyayla genotipleri erkenci olup (Tablo 1), ikinci ürün için de bir avantaj oluşturabilmektedir. Temel bileşen grafiğine göre varyasyonun fazla olduğu genotipler belirlenmiş olup, bu genotipler yeni çeşitlerin gelişmesine katkı sağlayabilir.

5. Teşekkür

Bu çalışmanın birinci yıl verileri, Gülsüm GÜNGÖRER' in yüksek lisans tezinden alınmıştır. Materyal temininde destek olan Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne ve Dr. Turhan KAHRAMAN' a teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

6. Kaynaklar

- Avcı, İ. (2017). Yazlık ve Kışlık Ekilen Yulaf (*Avena spp.*) Genotiplerinin Yeşil Ot Verimi ve Silaj Kalite Özellikleri Bakımından Değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Bartlett, M. S. (1950). Tests of significance in factor analysis. *British Journal of Psychology*, 3, 77–85.
- Boffetta, P., Thies, F., & Kris-Etherton, P. (2014). Epidemiological studies of oats consumption and risk of cancer and overall mortality. *British Journal of Nutrition*, 112(2), 14-18. <https://doi.org/10.1017/S0007114514002268>

- Buerstmayr, H., Krenn, N., Stephan, U., Grausgruber, H., & Zechner, E. (2007). Agronomic performance and quality of oat (*Avena sativa* L.) genotypes of worldwide origin produced under Central European growing conditions. *Field Crops Research*, 101(3), 343-351. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.12.011>
- Çeri, S. (2019). Konya Sulu Şartlarında Bazı Yulaf Çeşit ve Hatlarının Ot Verim, Verim Unsurları ve Bazı Ot Kalite Özelliklerinin Araştırılması. (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Çiçek, N. (2019). Aydın Ekolojik Koşullarında Farklı Yulaf (*Avena sativa* L.) Genotiplerinin Verim ve Kalite Bakımından Karşılaştırılması. (Yüksek Lisans Tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Çotaoğlu, A., & Koca, Y. O. (2020). Farklı potasyum dozlarının yulaf çeşitlerinde verim, verim öğeleri ve bazı tane kalite özellikleri ile yağ asitleri dağılımı üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57(4), 537-544. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.677439>
- Dreccer, M. F., Van Herwaarden, A. F., & Chapman, S. C. (2009). Grain number and grain weight in wheat lines contrasting for stem water soluble carbohydrate concentration. *Field Crops Research*, 112(1), 43-54. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.02.006>
- Dumlupınar, Z. (2010). Türkiye Orijinli Yerel Yulaf Genotiplerinin Avenin Proteinleri ile Morfolojik, Fenolojik ve Agronomik Özellikler Yönünden Karakterizasyonu. (Doktora Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Düzme, M. (2020). Şanlıurfa İlave Sulu Koşullarına Uygun Yulaf Çeşitlerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Erbaş, Ö. D. (2012). Yulaf (*Avena sativa* L.) Genotiplerinin Tarımsal Ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi, Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Erbaş, Ö. D., & Mut, Z. (2013). Saf Hat Yulaf Genotiplerinin Tarımsal ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *Türkiye 10. Tarla Bitkileri Kongresi*. 10-13 Eylül, Konya, 821-829.
- Ercan, K., Tekin, A., Herek, S., Kurt, A., Kekeç, E., Dumlupınar, Z., & Akkaya, A. (2016). Yerel yulaf hatlarının Kahramanmaraş koşullarındaki performansı. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 19(4), 438-444.
- Ercan, K. (2018). Yerel Yulaf Genotiplerinin Verim ve Verim Unsurları Yönünden İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- FAO (2023). The State of Food Security and Nutrition in Europe and Central Asia. Food and Agricultural Organization, Budapest.
- Ganssmann, W., & Vorwerck, K. (1995). Oat milling, processing and storage. In *Oat Crop: Production and Utilization*. (pp. 369-408)
- Gebremedhn, B., Araya, A., & Gebremedhn, H. (2015). Evaluation of different oat varieties for fodder yield and yield related traits in Debre Berhan Area, Central Highlands of Ethiopia. *Livestock Research for Rural Development*, 27(9).

- Halil, D. S., & Uzun, A. (2019). Bursa ekolojik koşullarında yetiştirilen yulaf (*Avena sativa* L.) genotiplerinin tane verimi ve bazı kalite özellikleri. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(2), 293-305.
- Halima, N. B., Saad, R. B., Khemakhem, B., Fendri, I., & Abdelkafi, S. (2015). Oat (*Avena sativa* L.) and nutrient compounds valorization for potential use in industrial applications. *Journal of Oleo Science*, 64(9), 915–932. <https://doi.org/10.5650/jos.ess15074>
- Hışır, Y., Kara, R., & Dokuyucu, T. (2012). Evaluation of oat (*Avena sativa* L.) genotypes for grain yield and physiological traits. *Žemdirbystė Agriculture*, 99(1), 55-60.
- Hocaoğlu, O., Akçura, M., & Çeri, S. (2022). Kavuzsuz yulaf genotipleri ile bazı yulaf çeşitlerinin Marmara bölgesindeki tane verimleri ve bazı tarımsal özelliklerinin değerlendirilmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9(3), 771-778. <https://doi.org/10.30910/turkjans.1082295>
- Hoffmann, J. A. (1995). Innate immunity of insects. *Current Opinion in Immunology*, 7(1), 4-10.
- Hou, Q., Li, Y., Li, L., Cheng, G., Sun, X., Li, S., & Tian, H. (2015). The metabolic effects of oats intake in patients with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, 7(12), 10369-10387. <https://doi.org/10.3390/nu7125536>
- Howarth, C. J., Martinez-Martin, P. M., Cowan, A. A., Griffiths, I. M., Sanderson, R., Lister, S. J., & Marshall, A. H. (2021). Genotype and environment affect the grain quality and yield of winter oats (*Avena sativa* L.). *Foods*, 10(10), 2356. <https://doi.org/10.3390/foods10102356>
- Iannucci, A., Codianni, P., & Cattivelli, L. (2011). Evaluation of genotype diversity in oat germplasm and definition of ideotypes adapted to the mediterranean environment. *International Journal of Agronomy*, 2011(1), 870925. <https://doi.org/10.1155/2011/870925>
- Kantar, B. H. (2022). *Kırşehir Ekolojik Koşullarında Bazı Yulaf (Avena sativa L.) Çeşitlerinin Agronomik ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Karakuzu, T. (2022). *Yulafta Farklı Ekim Sıklıkları ve Azot Seviyelerinin Verim Ve Verim Unsurları ile Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Karaman, R., Türkay, C., & Akgün, I. (2021). Effects of oat grass juice on germination and seedling characteristics of certain weeds and cultivated plants. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 18(2), 312-321. <https://doi.org/10.33462/jotaf.791684>
- Kassambara, A. (2017). *Practical guide to principal component methods in R: PCA, M (CA), FAMD, MFA, HCPC, factoextra*. STHDA.
- Kebede, G., Worku, W., Jifar, H., & Feyissa, F. (2024). Grain yield productivity, nutrient uptake and use efficiency and profitability of oat (*Avena sativa* L.) as influenced by variety and levels of nitrogen and phosphorus fertilizers in the central highlands of Ethiopia. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 27(3), 287-312. <https://doi.org/10.1007/s12892-023-00230-3>
- Kün, E. (1988). *Serin İklim Tahulları*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Loskutov, I., & Rines, H. (2011). Avena. In *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources*. (pp. 109–83)
- Mut, Z., Akay, H., & Erbaş, Ö. D. (2015). Hay yield and quality of oat (*Avena sativa* L.) genotypes of worldwide origin. *International Journal of Plant Production*, 9(4), 507-522.
- Mut, Z., Akay, H., Köse, Ö. D. E., & Sezer, İ. (2021a). Orta ve Batı Karadeniz Bölgesinden toplanan yulaf genotiplerinin değerlendirilmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 36(1), 122-131.
- Mut, Z., Demirtaş, N., & Köse, Ö. D. E. (2021b). Evaluation of yield and some physical quality characteristics of different oat (*Avena sativa* L.) genotypes under supplemented irrigation and rainfall conditions. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(1), 197-204.
- Naneli, I., & Sakin, M. A. (2017). Bazı yulaf çeşitlerinin (*Avena sativa* L.) farklı lokasyonlarda verim ve kalite parametrelerinin belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26, 37-44.
- Nawaz, N., Razzaq, A., Ali, Z., Sarwar, G., & Yousaf, M. (2004). Performance of different oat (*Avena sativa* L.) varieties under the agro-climatic conditions of Bahawalpur–Pakistan. *International Journal of Agriculture and Biology*, 6(4), 624–626.
- Peltonen-Sainio, P., & Järvinen, P. (1995). Seeding rate effects on tillering, grain yield, and yield components of oat at high latitude. *Field Crops Research*, 40(1), 49-56.
- Peñas, M. V. (2017). Health benefits of oat: current evidence and molecular mechanisms. *Current Opinion in Food Science*, 14, 26–31. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.01.004>.
- Sabandüzen, B., & Akçura, M. (2017). Bazı yulaf genotiplerinin Çanakkale koşullarında verim ve verim unsurlarının incelenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(2), 101-108.
- Sarı, N., & İmamoğlu, A. (2011). Menemen ekolojik koşullarına uygun ileri yulaf hatlarının belirlenmesi. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 21(1), 16-25.
- Sarı, N. (2012). *Yulafta (Avena sativa L.) Verim ve Verim Komponentleri Arasındaki İlişkiler*. (Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- SAS Institute (1999). INC SAS/STAT User's Guide Release 9.0, SAS Institute: Cary, NC, USA.
- Sobayoğlu, R., & Topal, A. (2016). Karaman şartlarında yazlık ekilen bazı yulaf genotiplerinin (*Avena sativa* L.) verim ve bazı verim unsurları yönünden değerlendirilmesi. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 5(1), 28-34.
- Sobayoğlu, R. (2017). *Karaman Şartlarında Yazlık Ekilen Yulaf Çeşitlerinin Verim ve Kalite Özellikleri Yönünden Değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Sönmez, A. C., & Karaduman, Y. (2020). Yerel yulaf (*Avena sativa* L.) genotiplerinin eskişehir koşullarında tane verimi ve bazı kalite özellikleri. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(8), 1697-1704. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i8.1697-1704.3464>
- Sönmez, A. C. (2020). Kışlık yulaf (*Avena sativa* L.) ıslah materyalinde biyolojik verim ve bazı fizyolojik özelliklerin belirlenmesi. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(4), 3042-3051. <https://doi.org/doi.org/10.21597/jist.687596>
- Tessema, A., & Getinet, K. (2020). Evaluation of oats (*Avena sativa*) genotypes for seed yield and yield components in the highlands of Gamo, Southern Ethiopia. *Ethiopian Journal of Agricultural Sciences*, 30(3), 15-23.
- Topkara, A. (2019). *Yulaf Çeşit ve Genotiplerinin Ordu İli Ekolojik Koşullarında Verim, Verim Öğeleri ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- TÜİK (2024). Tarımsal Ürünler İstatistiği, Türkiye. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- Us, Ö. A. (2023). *Bazı Yulaf Çeşitlerinin Eskişehir Ekolojisinde Ot Verimlerinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Van den Broeck, H. C., Londono, D. M., Timmer, R., Smulders, M. J. M., Gilissen, L. J. W. J., & van der Meer, I. M. (2016). Profiling of nutritional and health-related compounds in oat varieties. *Foods*, 5, 1–11. <https://doi.org/10.3390/foods5010002>
- Yaşar, C. (2021). *Eskişehir Ekolojik Koşullarında Bazı Yulaf Çeşitlerinin Verim ve Verim Unsurlarının Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)



Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

Bazı İnsektisitlerin *Bombus terrestris* L. Kast Gruplarının Besin Tüketimine Etkisinin Belirlenmesi

Yasar Çetin^{1*}, Ozan Demirözer¹

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, – Isparta-Türkiye

*Sorumlu yazar: ozandemirozer@isparta.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 24/03/2025

Kabul tarihi: 24/06/2025

Anahtar Kelimeler: *Bombus* spp., *Flupyradifurone*, *Pestisit*, *Terpenoid*, *Yan etki*

DOI: 10.55979/tjse.1661332

ÖZET

Tarımsal zararlılara karşı kullanılan pestisitlerin hedef canlıların dışında tozlaşma için önemli olan *Bombus terrestris* L. (Apidae: Hymenoptera) gibi canlılara da olumsuz etkileri olabilmektedir. Bu çalışmada, son yıllarda yeni nesil insektisitler olarak sunulan Terpenoid içerikli QRD 460 TBQ 152.3 g/l (Requiem® EC, BAYER) ve Flupyradifurone (Sivanto® SL 200, BAYER)'in tavsiye edilen arazi kullanım dozları, bu dozların yarısı ve iki katının *B. terrestris*'in işçi, ana ve erkek arı kast gruplarının besin tüketimine olan etkileri besin maruziyeti sağlanarak araştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, arı kast grupları arasında flupyradifurone 60 ve 120 mg/l su dozlarına maruz kalan bireylerin kontrol grubuna göre daha az besin tükettikleri, kastlar arasında ana ve erkek arıların, işçi arılara göre daha az ve anlamlı derecede farklı besin tüketimi gerçekleştirdikleri belirlenmiştir. Terpenoid içerikli QRD 460 TBQ'nin farklı dozlarının uygulandığı deneylerde ise kastların besin tüketimleri arasında anlamlı bir farklılık saptanmamasına rağmen, kontrol grubuna göre daha az besin tükettikleri belirlenmiştir. Terpenoid içerikli Requiem'in *B. terrestris*'in tüm kastlarının beslenmesini flupyradifurone içerikli Sivanto'ya göre daha az etkilediği, ana arıların Requiem'in yüksek doz uygulamasından işçi ve erkek bireylere göre daha az besin tükettiği belirlenmiştir. Flupyradifurone'nin genel olarak uygulanan tüm dozlarda işçi, ana ve erkek arı kast gruplarında beslenmede azalmaya neden olduğu saptanmıştır.

Determination of the Effects of Some Insecticides on Food Consumption of *Bombus terrestris* L. Caste Groups

ARTICLE INFO

Received: 24/03/2025

Accepted: 24/06/2025

Keywords: *Bombus* spp., *Flupyradifurone*, *Pesticide*, *Terpenoid*, *Side effect*

DOI: 10.55979/tjse.1661332

ABSTRACT

Pesticides can have negatively effect on pollinating organisms such as *Bombus terrestris* L. (Apidae: Hymenoptera). This study was conducted to determine the effects of terpenoid-containing QRD 460 TBQ 152.3 g/l (Requiem® EC, BAYER) and flupyradifurone (Sivanto® SL 200, BAYER) at the recommended field application dose, half the dose, and double the dose on food consumption of *B. terrestris* queen, worker, and male caste groups through dietary exposure. The results showed that individuals exposed to flupyradifurone at doses of 60 and 120 ml/100 l water consumed less food in the bee caste groups compared to the control. Also, queen and male bees consumed significantly less food than workers. In experiments where different doses of QRD 460 TBQ containing terpenoids were applied, it was found that although there was no significant difference in the food consumption of the castes, they consumed less food compared to the control group. Consequently, it was observed that at elevated doses of both insecticides, food consumption among queen bees was less impacted compared to that of male and worker bees. The application of Requiem, at a particular dosage, exerted minimal influence on food consumption among queen bees. The findings indicated that Sivanto induced a decline in feeding behaviour among *B. terrestris* caste groups at all doses administered, in contrast to the effects of Requiem.

1. Giriş

Tarımsal ürünlerin yaklaşık %85'inin üretiminin devamlılığı böceklerin tozlaşmaya olan katkıları sayesinde gerçekleşmektedir (Klein vd., 2007; Hristov vd., 2020). Bunlar içerisinde Hymenoptera, en önemli tozlayıcı böcek türlerini bünyesinde barındıran bir gruptur. Bu grupta yer alan böceklerden birisi olan *Bombus terrestris* L. (Apidae), örtü altı yetiştiriciliğinde doğal yollarla tozlaşmayı sağlamanın yanı sıra, bu üretim alanlarındaki varlığıyla hastalık ve zararlı kontrolünde iyi tarım uygulamalarının yaygınlaşmasına katkıları sağlayan önemli bir türdür. Günümüzde Türkiye'de örtü altı üretim alanlarında bombus arısı kullanımı oldukça yaygın bir hal almış ve yıllık kullanılan

koloni sayısı ortalama 300 bin adet civarındadır (Gösterit & Gürel, 2010, 2018). *Bombus* arısı kolonileri 1 ana arı, işçi ve erkek arılardan meydana gelmektedir. Çiftçilik faaliyeti ile uğraşanların üretim alanlarında zararlıları az ya da hiç olarak görme istekleri yoğun ve yüksek doz pestisit kullanımına yol açmaktadır (Shojaei vd., 2013; Nafiu vd., 2014). Yapılan çalışmalar, kimyasal mücadelede kullanılan pestisitlerin zararlı türleri etkilemesinin yanı sıra doğal döngüde önemli roller üstlenen arılar gibi diğer hedef dışı canlılar için de büyük tehdit oluşturduklarını göstermiştir (Carreck, 2014; Karahan vd., 2017; Borum, 2020). Son yıllarda sıklıkla kullanımda olan insektisit gruplarından başta neonikotinoidler olmak üzere farklı birçok insektisit ve

akarasit grubunun bombus ve bal arılarında ölüm, koloni yıkımı, öğrenme geriliği, beslenme isteksizliği, uyuşukluk, tarlacılık faaliyetlerinde gerileme, ana arılarda yumurtlamanın azalması, beyin morfolojisiyle bağışıklık sisteminde bozulmalar ve hafıza kaybı gibi farklı yan etkilere neden oldukları da bilinmektedir (Mommaerts & Smagghe, 2011; Gill vd., 2012; Goulson, 2013; Simon-Delso vd., 2015; Williams vd., 2015; Wu-Smart & Spivak, 2016; Çakıcı vd., 2023a,b). Pestisitlerin ispatlanan yan etkileri nedeniyle doğa dostu olduğu düşünülen etken maddelerin geliştirilmesi ve de üretim alanlarında kullanılması söz konusu olmuştur. Ancak, 'doğa dostu' olarak kullanıma sunulan terpenoid, azadirachtin gibi botanik kökenli ya da farklı yararlı bakteriler ve funguslardan üretilen biyolojik kökenli insektisitlerin de arılar üzerinde doğrudan ya da dolaylı yan etkilere sebep olabildikleri bilinmektedir (Barbosa vd., 2015; Demirözer vd., 2022; Farder-Gomes vd., 2022; Luo vd., 2023).

Bu çalışmada ülkemizde ve dünyada kullanımda olan yeni nesil insektisitler olarak bilinen Terpenoid QRD 460 TBQ içerikli (Requiem EC, 153 g/l Bayer®) ve Flupyradifurone (Sivanto SL 200g/l Bayer®)'nin farklı dozlarının *Bombus terrestris* L.'un ana, erkek ve işçi arılarının besin tüketimleri üzerine olan etkileri ortaya çıkarılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Araştırma materyalleri

Çalışmanın insektisit materyallerini, bitkisel kökenli bir insektisit Terpenoid QRD 460 TBQ (Requiem EC, 153 g/l BAYER®)'in 500 ml/100 L su (tavsiye edilen arazi kullanım dozu), 250 ml/100 L su (yarı doz) ve 1000 ml/100 L su (iki kat doz) ve böceklerde nikotinik asetilkolin reseptörünün rekabetçi modulatorü olarak etki gösteren Flupyradifurone (Sivanto SL 200g/l BAYER®)'nin 60 ml/100 L su (arazi tavsiye dozu), 30 ml/100 L su (yarı doz) ve 120 ml/100 L su (iki kat doz) dozları oluşturmaktadır.

Deneylerin yürütüldüğü arı örnekleri ise *Bombus terrestris* L.'un fiziksel olarak birbirine yakın olarak seçilmiş işçi arıları, diyapoz sonrası çiftleşmiş ana arıları ve 8-12 gün yaşındaki erkek arılarıdır. *Bombus terrestris* bireyleri Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootehni Bölümü bünyesinde yer alan Arıcılık Araştırma ve Uygulama Laboratuvarı'nda 27±1°C ve %60 nispi nemde şekerli su karışımı (50 briks) ile beslenerek çoğaltılmış ve deney grupları için belirtilen bireyler elde edilmiştir.

Deneylerde *B. terrestris* yetiştiriciliğine uygun olarak özel tasarlanmış sök-tak özellikli ve ucunda şekerli suyu arılara ulaştıran bir fitil bulunan beslenme haznelerine sahip, mikro koloni yetiştirme kutuları (17x16x7cm) kullanılmıştır.

Beslenme haznelerinde eksilen besinin belirlenmesi amacıyla ağırlık ölçümleri hassas terazi (0.01 hassasiyet derecesi) kullanılarak yapılmıştır. İnsektisit dozlarının

şekerli suya uygulanmasında mikro pipet'ten yararlanılmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. İnsektisitlerin arı kast gruplarına oral yolla maruziyetinin sağlanarak gözlemlerin yapılması

İnsektisitlere ait farklı dozlar şekerli su karışımına mikropipet yardımıyla eklenmiş ve arı gruplarının insektisitlerin farklı dozlarına oral yoldan maruz kalmaları sağlanmıştır. Kontrol deneylerinde yer alan bireyler sadece şekerli su (50 briks) karışımı ile beslenmiştir. Bütün kast gruplarındaki deneyler, tesadüf parseli deneme düzeninde ve her bir tekrarda 10 birey olacak şekilde 5 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir (n=50).

Uygulamalardan sonraki 1., 4., 7., 11. ve 15. günlerde her bir gözlem zamanında bir önceki ölçüm gününe göre eksilen şeker şurubu hassas terazi ile ölçülerek kaydedilmiştir. Gözlemlerin 7. gününde ölçüm ve kayıt işlemlerinin ardından her bir deney grubuna ait olduğu insektisit dozu ile hazırlanmış yeni şeker şurubu (50 briks) verilmiştir.

2.2.2. Veri analizi

Verilere ilk önce tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) uygulanmış, daha sonra farklılıkların kaynağını belirlemek için ise Tukey'in çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır. İstatistiksel analizler SPSS® Statistics (Versiyon 20.0, Ağustos 2011, SPSS Inc., Chicago, Illinois, A.B.D) paket programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. İnsektisitlerin ana arı besin tüketimine etkisi

Her iki insektisitin farklı dozlarıyla muamele edilen şekerli su ile beslenen ana arılarda 1., 4. ve 7. gün gözlemlerinde tüm dozlarda birey başına tüketilen ortalama besin miktarının kontrole göre anlamlı farklı ve daha az düzeyde olduğu gözlenmiştir ($P < 0.05$). Gözlemlerin 11. gününde tüm ortalama tüketim miktarları kontrole göre anlamlı derecede farklılık gösterirken, en düşük tüketim Terpenoid'in 1000 ml/ 100 L su dozunda 0.49 ± 0.15 ml/ birey ($df = 6$; $F = 2.472$; $P = 0.258$) olarak gerçekleşmiştir. Flupyradifurone'nin 30, 60, 120 ml/ 100 L su ve Terpenoid'in 250 ve 500 ml/ 100 L su dozlarında ölçülen ortalama besin tüketiminin kontrol'den daha düşük ancak, Requiem 1000 ml/ 100 L su dozundan daha yüksek olduğu, fakat kendi aralarında anlamlı bir farklılığa sahip olmadıkları saptanmıştır ($P > 0.05$) (Çizelge 1). Son gözlem günü olan 15. günde ortalama besin tüketiminin Terpenoid'in 250 ml/ 100 L su dozu ve kontrolün diğer dozlardan anlamlı derecede farklı olduğu ve tüketimin diğer dozlara göre daha yüksek gerçekleştiği saptanmıştır. Çalışmada, 15 gün boyunca Terpenoid 250 ml/ 100 L su dozu ile muamele edilmiş şekerli su ile beslenen ana arılar ile kontrol grubundaki bireylerin ortalama tüketimleri arasında anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir ($P > 0.05$).

Çizelge 1. İnsektisitlerin ana arı besin tüketimine etkisi

Table 1. The effects of insecticides on queen bee food consumption

İnsektisitler ve dozları (ml/100 L su)		Gözlem Zamanları (Gün) ve Birey Başına Besin Tüketim Ortalama Değerleri (ml) ± S. H.				
		1	4	7	11	15
Terpenoid QRD 460 TBQ	30	0.69±0.22 b	1.02±0.39 a	1.03±0.34 a	0.99±0.11 ab	0.60±0.15 ab
	60	0.34±0.08 b	1.37±0.42 a	0.58±0.12 a	0.74±0.14 ab	0.47±0.13 ab
	120	0.69±0.21 b	1.24±0.88 a	0.67±0.29 a	0.73±0.21 ab	0.45±0.12 ab
	250	0.64±0.14 b	1.69±0.70 a	1.78±0.26 a	1.37±0.30 ab	1.31±0.52 a
	500	1.21±0.30 b	2.13±1.03 a	0.96±0.24 a	0.83±0.29 ab	0.88±0.24 ab
	1000	0.85±0.39 b	2.00±1.00 a	1.08±0.33 a	0.49±0.15 b	0.73±0.18 ab
	Kontrol	3.00±0.65 a	1.81±0.39 a	1.57±0.31 a	1.69±0.47 a	1.40±0.37 a

a, b: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P < 0.05$)

3.2. İnsektisitlerin işçi arı besin tüketimine etkisi

Elde edilen sonuçlara göre insektisitlerin farklı dozlarının karıştırıldığı şekerli suyu tüketen tüm uygulamalardaki birey başına tüketilen ortalama besin miktarları kontrole göre anlamlı ölçüde azalarak farklılık göstermiştir ($P < 0.05$). Gözlemlerin 4. gününde tüm uygulamalarda yine kontrole göre anlamlı farklılık bulunurken, en düşük tüketim miktarı Flupyradifurone 120 ml/100 L su dozunda 0.10 ± 0.04 ml olarak gerçekleşmiştir ($df = 6$; $F = 10.378$; $P = 0.126$). Gözlemlerin 7. günü ise en yüksek tüketim Terpenoid'in 250 ml/ 100L su dozunda gerçekleşmiştir (1.99 ± 0.63 ml/ birey). En düşük tüketim ise yine Flupyradifurone'nin 120 ml/100 L su dozunda 0.15 ± 0.04 ml/ birey olarak kaydedilmiştir ($df = 6$; $F = 15.023$; $P = 0.089$). Çalışmanın 11. gün gözlemlerinde, en düşük besin tüketimi Flupyradifurone 60 ve 120 ml/100 L su dozunda ($0.10-0.35$ ml/birey), en yüksek tüketim ise Terpenoid 250 ml/ 100L su dozunda gerçekleşmiştir (2.24 ± 0.79 ml/ birey). Son gözlem günü olan 15. günde elde edilen veriye göre tüm uygulamalarda kontrole göre anlamlı şekilde düşük tüketim miktarları saptanmıştır. Muamelelerde yer alan işçiler arasında en düşük tüketim miktarları Flupyradifurone'nin tüm dozlarında ve ayrıca, Terpenoid'in 1000 ml/ 100 L su dozunda $0.64-0.8$ ml/ birey şeklinde gerçekleşmiştir (Çizelge 2).

3.3. İnsektisitlerin erkek arı besin tüketimine etkisi

Diğer arı kastlarının aksine, erkek arıların 7. güne kadar insektisit uygulanmış erkek arıların besin tüketimleri ile kontrol grubu arasında anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir ($P > 0.05$). 7. gününde elde edilen veriye göre Flupyradifurone 120 ml/ 100 L su dozunda yer alan tüm erkek bireylerin yaşamı sona ermiştir. Aynı günde yapılan gözlemlere göre, kontrol ve Terpenoid 1000 ml/ 100 L su dozunda gerçekleşen tüketim kendi aralarında

farksız iken ($P > 0.05$), diğer tüm dozlardaki tüketim değerleri bu iki uygulamadan daha düşük gerçekleşmiştir. Çalışmanın 11. gününde yapılan ölçümlerde elde edilen veri ile Flupyradifurone 60 ve 120 ml/ 100 L su dozunda bulunan tüm bireylerin öldüğü, 30 ml/ 100 L su dozunun en az besin tüketilen muamale olduğu 0.19 ± 0.09 ml/ birey ($df = 6$; $F = 10.214$; $P = 0.998$), yine bu ölçüm gününde de kontrol ve Terpenoid'in 1000 ml/ 100 L su dozunda gerçekleşen tüketimin kendi aralarında istatistiki olarak farklılık içermediği belirlenmiştir ($P > 0.05$). Araştırmanın 15. gününde de diğer ölçüm günlerinde olduğu gibi kontrol ve Terpenoid 1000 ml/ 100 L su dozunda gerçekleşen tüketim kendi aralarında farksız, Flupyradifurone 30, Terpenoid 250 ve 500 ml/ 100 L su dozlarından ise anlamlı olarak farklı ve yüksek bulunmuştur ($P < 0.05$) (Çizelge 3).

İnsektisitlerin farklı dozlarını 15 gün süreyle tüketen kastların ortalama besin tüketimleri pestisitlere ve dozlarına göre incelendiğinde; Flupyradifurone 30 ve 60 ml/ 100 L su dozlarında işçi arıların, ana ve erkekler göre, ana arıların ise erkek arılara göre anlamlı ölçüde fazla tüketim gerçekleştirdikleri saptanmıştır ($P < 0.05$). Flupyradifurone 120 ml/ 100 L su dozunda ise en yüksek besin tüketimi ana arılarda kaydedilmiştir (10.84 ± 1.67 ml/ birey). Terpenoid'in farklı dozlarının uygulandığı deneylerde ise kastların besin tüketimleri arasında anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($P > 0.05$). Ana arıların besin tüketimlerini en az etkileyen uygulamanın Terpenoid 250 ml/ 100 L su dozu olduğu, işçi arıların Terpenoid 250 ve 500 ml/ 100 L su dozlarında kontrol'den sonraki en yüksek tüketim miktarlarına ulaştıkları, erkek arıların Terpenoid 1000 ml/ 100 L su dozunda dahi besin tüketimlerinin kontrol ile farksız olduğu ($P > 0.05$) belirlenmiştir (Çizelge 4). Sonuç olarak, yüksek doz uygulamalarından ana arıların besin tüketimlerinin erkek ve işçilere göre daha az etkilendiği belirlenmiştir.

Çizelge 2. İnsektisitlerin işçi arı besin tüketimine etkisi

Table 2. The effects of insecticides on worker bee food consumption

İnsektisitler ve dozlar (ml/100 L su)		Gözlem Zamanları (Gün) ve Birey Başına Besin Tüketim Ortalama Değerleri (ml) ± S. H.				
		1	4	7	11	15
Terpenoid QRD 460 TBQ	30	1.75±0.19 b	1.13±0.18 bc	1.17±0.17 bcd	1.16±0.16 bc	0.79±0.12 b
	60	1.31±0.37 b	0.70±0.16 bc	0.48±0.15 cd	0.35±0.13 c	0.64±0.49 b
	120	1.11±0.12 b	0.36±0.10 c	0.15±0.04 d	0.10±0.04 c	0.00±0.00
	250	2.66±0.65 ab	2.19±0.83 b	1.99±0.63 b	2.24±0.79 b	1.32±0.48 ab
	500	2.34±0.21 ab	2.00±0.21 b	1.72±0.24 bc	1.45±0.42 bc	1.28±0.51 ab
	1000	2.45±0.43 ab	1.75±0.33 bc	1.37±0.29 bcd	1.59±0.31 bc	0.78±0.15 b
	Kontrol	3.68±0.45 a	3.84±0.08 a	3.66±0.17 a	4.19±0.10 a	2.76±0.25 a

a, b, c: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P<0.05)

Çizelge 3. İnsektisitlerin erkek arı besin tüketimine etkisi

Table 3. The effects of insecticides on male bee food consumption

İnsektisitler ve dozlar (ml/100 L su)		Gözlem Zamanları (Gün) ve Birey Başına Besin Tüketim Ortalama Değerleri (ml) ± S. H.				
		1	4	7	11	15
Terpenoid QRD 460 TBQ	30	1.27±0.44 a	0.63±0.09 bcd	0.35±0.04 bc	0.19±0.09 bc	0.49±0.43 ab
	60	1.19±0.17 a	0.43±0.15 cd	0.521±0.380 bc	0.00±0.00	0.00±0.00
	120	1.83±0.58 a	0.17±0.17 d	0.000±0.000	0.00±0.00	0.00±0.00
	250	2.68±0.74 a	2.04±0.26 ab	1.84±0.33 ab	1.21±0.15 ab	0.92±0.27 ab
	500	1.89±0.67 a	1.85±0.34 abc	1.79±0.55 ab	1.24±0.37 ab	0.78±0.21 ab
	1000	1.80±0.85 a	2.34±0.75 a	2.34±0.49 a	1.65±0.48 a	1.70±0.69 a
	Kontrol	2.21±0.93 a	2.46±0.16 a	2.57±0.27 a	1.97±0.26 a	1.70±0.39 a

a, b, c: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P< 0.05).

Çizelge 4. İnsektisitlerin tüm kast gruplarının besin tüketimine etkisi

Table 4. The effects of insecticides on all caste group food consumption

İnsektisitler ve dozlar (ml/100 L su)		Kastlar (ana, işçi ve erkek) ve Ortalama Besin Tüketim ± S. H.		
		Ana	İşçi	Erkek
Terpenoid QRD 460 TBQ	30	16.44±3.68 ab AB	22.15±1.95 a B	8.45±1.91 b AB
	60	10.61±1.34 ab AB	14.04±2.08 a B	7.04±1.14 b C
	120	10.84±1.67 a AB	8.46±1.40 ab B	4.33±0.71 b C
	250	20.42±3.24 a A	34.68±9.34 a AB	26.14±1.87 a AB
	500	19.17±1.51 a AB	30.72±2.71 a AB	23.14±5.80 a AB
	1000	15.87±2.80 a AB	29.91±3.72 a B	30.26±6.95 a A
	Kontrol	21.97±3.51 a A	55.97±1.14 a A	35.60±3.62 a A

a, b: Aynı satırda farklı küçük harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P< 0.05)

A, B: Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P< 0.05)

Flupyradifurone etken maddesinin dünya genelinde yakın bir geçmişte kullanıma girmesi nedeniyle bu etken maddenin *Bombus* spp. üzerindeki lethal ve sub-lethal etkileri üzerindeki etkiler tam olarak bilinmemektedir. Bu nedenle, Flupyradifurone'nin farklı arı türlerine olan etkilerine ait diğer çalışmalar, bu çalışmada elde edilen verinin anlaşılmasında yol gösterici olmuştur. Flupyradifurone'nin *Heriades truncorum* (Hymenoptera: Megachilidae)'un erkek ve dişilerine 0.38 µg/l dozunda uygulandığında beslenme açısından kontrole göre önemli bir fark oluşturmadığı bildirilmiştir (Boff & Ayasse, 2024). Diğer bir çalışmada ise Flupyradifurone içeren şekerli su ile beslenen *Apis mellifera* L. işçi arılarının hayatta kalma oranlarında (-%14) ve besin tüketimlerinde anlamlı düşüşlerin (-%14) olduğu bildirilmektedir (Tong vd., 2019; Chakrabarti vd., 2020). Flupyradifurone ile aynı etki mekanizmasına sahip (4) diğer etken maddelerin de arılar üzerindeki sub-lethal etkilerinin benzer şekilde farklı sonuçlarının olduğu gözlenmektedir. Imidacloprid ve Clothianidin etken maddesi (yüksek doz 10 µg/l, düşük doz 0.1 µg/l) ile kontamine edilen şekerli su ile beslenen *B. terrestris* işçi arılarında yüksek dozda (10 µg/l) beslenmede önemli ölçüde azalma olurken, düşük dozlarda (1 µg/l) kontrol grubuna göre herhangi bir farklılığın gerçekleşmediği bildirilmiştir (Thompson vd., 2015). Thiamethoxam içeren şekerli su (düşük 1 ppb, yüksek 4 ppb) ile beslenen *B. terrestris* ana arılarında ise tüketilen şekerli su miktarında kontrol grubuna göre herhangi bir farklılığın gerçekleşmediği belirlenmiştir (Baron vd., 2017). Önceki çalışmalarda elde edilen veri ile bu çalışmada ulaşılan bilgiler kıyaslandığında Flupyradifurone'nin genel olarak işçi, ana ve erkek arı kastlarında beslenmede azalmaya neden olduğu belirlenmiştir.

Araştırmada yer alan diğer bir insektisit olan Terpenoid'in de Flupyradifurone'de olduğu gibi dünya genelinde yeni kullanıma girmesi sebebiyle bu etken maddenin *Bombus* spp. üzerindeki lethal ve sub-lethal etkilerine dair bilgiler sınırlıdır. Zhang vd. (2018), Terpenoid içerikli şekerli su ile *Apis cerana* işçi arılarının beslenmesini sağlamış ve arıların yüksek yoğunluktaki terpenoid (10 µg Terpenoid/15 µl 2 mol l-1 l) uygulamasında, kontrol grubuna göre daha az besin tükettiklerini saptamıştır. Paspati vd. (2023), *B. terrestris*'in işçi arılarını Terpenoid'in aynı ticari versiyonunun (Requiem) arazi kullanım dozu (6 ml/l) ve bu dozun üç katını (18 ml/l) içeren şekerli su ile beslemiş ve en düşük besin tüketiminin arazi kullanım dozunun üç katında gerçekleştiğini bulmuştur. Bu çalışmada da işçi arılarda Requiem'in arazi kullanım dozunun iki katında en düşük tüketim miktarı belirlenmiştir. Benzer şekilde Zhang vd. (2018), çalışmalarında Terpenoid içerikli şekerli su ile beslenen *A. cerana* işçi arılarının yüksek doz (10 µg /Tepenoid) uygulananlarda kontrol grubuna göre önemi ölçüde daha az besin tüketimi saptamıştır.

4. Sonuç

Yapılan bu çalışma sonucunda, *B. terrestris*'in farklı kast gruplarının Flupyradifurone ve Terpenoid adlı etken maddelerin farklı dozlarına maruz kalmalarının bu türün beslenmesini olumsuz etkilediği sonucuna varılmıştır. Özellikle, tarımsal üretimde sıklıkla yararlanılan *Bombus* spp. gibi faydalı canlıların üretim faaliyetleri esnasında yapılan yetiştirme ve bitki koruma uygulamaları sonucunda beslenme, çiftleşme ve tarlacılık gibi onlar için hayati önem taşıyan yaşamsal faaliyetlerinde ne gibi değişikliklerin meydana geldiğini belirlemek son derece önem arz etmektedir. Polinatör türler, beslenme faaliyetlerinde doğrudan pestisit maruziyeti veya dolaylı olarak pestisit kalıntısı içeren ürünleri (polen, nektar) tüketerek çeşitli lethal ve sub-lethal etkilere maruz kalabilmektedir. Araştırmada yer verilen *B. terrestris* çoğaltım ve üzerinde çalışma kolaylığı nedeniyle insektisitlerin arı türlerine sub-lethal etkilerinin belirlenmesi amacıyla bir model organizma olarak kullanılmıştır. Elde edilen verinin pestisitlerin arı türlerine olan yan etkilerinin anlaşılması açısından aydınlatıcı olacağı düşünülmektedir. Çalışmada yer verilen Terpenoid içerikli Requiem'in *B. terrestris*'in beslenmesini Flupyradifurone içerikli Sivanto'ya göre daha az etkilediği belirlenmiştir. Flupyradifurone'nin genel olarak uygulanan tüm dozlarda işçi, ana ve erkek arı kast gruplarında beslenmede azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Ancak, yeni nesil bitki koruma ürünlerinin tarımsal üretimde sürdürülebilir kullanımlarının sağlanabilmesi için *B. terrestris* gibi hedef dışı canlılara olan etkilerinin açık alan koşullarında ve daha detaylı olarak araştırılmasının gerektiği düşünülmektedir.

5. Teşekkür

Bu çalışma Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalında Yaşar Çetin tarafından sunulan Yüksek Lisans tezinin tamamından üretilmiştir. Çalışma, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından '2023-YL1-0193 no'lu proje ile desteklenmiştir. Makale yazarları Prof. Dr. Ali Kemal BİRGÜCÜ (Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü)'ye araştırmaya katkılarından dolayı teşekkür etmektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

6. Kaynaklar

- Barbosa, W. F., De Meyer, L., Guedes, R. N. C., & Smaghe, G. (2015). Lethal and sublethal effects of azadirachtin on the bumblebee *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae). *Ecotoxicology*, 24, 130-142.

- Baron, G. L., Raine, N. E., & Brown, M. J. (2017). General and species-specific impacts of a neonicotinoid insecticide on the ovary development and feeding of wild bumblebee queens. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1854), 20170123. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.0123>
- Boff, S., & Ayasse, M. (2024). Exposure to sublethal concentration of flupyradifurone alters sexual behavior and cuticular hydrocarbon profile in *Heriades truncorum*, an oligolectic solitary bee. *Insect Science*, 31(3), 859-869. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.13268>
- Borum, A. E. (2020). Bal arılarında sosyal ve bireysel bağıklık. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 20(2), 232-256.
- Carreck, N. (2014). Are we beginning to understand worldwide colony losses? *Bee World*, 91(1), 20-21. <https://doi.org/10.1080/0005772X.2014.11417581>
- Chakrabarti, P., Carlson, E. A., Lucas, H. M., Melathopoulos, A. P., & Sagili, R. R. (2020). Field rates of Sivanto™ (flupyradifurone) and Transform® (sulfoxaflor) increase oxidative stress and induce apoptosis in honey bees (*Apis mellifera* L.). *Plos One*, 15(5), e0233033.
- Çakıcı, Ö., Uysal, M., Demirözer, O., & Gösterit, A. (2023a). Effects of thiamethoxam on brain structure of *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) workers. *Chemosphere*, 338, 139595.
- Demirözer, O., Uzun, A., & Gösterit, A. (2022). Lethal and sublethal effects of different biopesticides on *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae). *Apidologie*, 53(2), 24. <https://doi.org/10.1007/s13592-022-00933-6>
- Çakıcı, Ö., Uysal, M., Demirözer, O., & Gösterit, A. (2023b). Sublethal effects of thiamethoxam on immune system cells in the workers of *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae). *Environmental Science and Pollution Research*, 30(37), 87424-87432. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28654-y>
- Farder-Gomes, C. F., Saravanan, M., Martinez, L. C., Plata-Rueda, A., Zanuncio, J. C., & Serrão, J. E. (2022). Azadirachtin-based biopesticide affects the respiration and digestion in *Anticarsia gemmatilis* caterpillars. *Toxin Reviews*, 41(2), 466-475. <https://doi.org/10.1080/15569543.2021.1892764>
- Gill, R. J., Ramos-Rodríguez, O., & Raine, N. E. (2012). Combined pesticide exposure severely affects individual-and colony-level traits in bees. *Nature*, 491(7422), 105-108. <https://doi.org/10.1038/nature11585>
- Goulson, D. (2013). An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *Journal of Applied Ecology*, 50(4), 977-987. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12111>
- Gösterit, A., & Gürel, F. (2010). *Bombus* arıları ve bitkisel üretim açısından önemleri. *Arıcılık Araştırma Dergisi*, 4, 9-12.
- Gösterit, A., & Gürel, F. (2018). The role of commercially produced bumblebees in good agricultural practices. *Animal Science*, 61(1), 201-204.
- Hristov, P., Neov, B., Shumkova, R., & Palova, N. (2020). Significance of apoidea as main pollinators. ecological and economic impact and implications for human nutrition. *Diversity*, 12(7), 280.
- Karahan, A., Gül, A., Kutlu, M. A., & Karaca, İ. (2017). Thiamethoxam'ın yaban arısı (*Vespa* sp.) üzerine etkisi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(Ek 1), 221-227.
- Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), 303-313.
- Luo, P., Qin, D., Wu, H., Zheng, Q., Zhao, W., Ye, C., Shen, S., Huang, S., Cheng, D., & Zhang, Z. (2023). Azadirachtin affected the intestinal structure and microbiota of adult *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) while controlling *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Pest Science*, 96(3), 973-988. <https://doi.org/10.1007/s10340-023-01597-6>
- Mommaerts, V., & Smagghe, G. (2011). Side-effects of pesticides on the pollinator *Bombus*: an overview. In *Pesticides in the Modern World – Pests Control and Pesticides Exposure and Toxicity Assessment*. (pp. 507-552)
- Nafiu, B., Dong, H., & Mustapha, S. (2014). Biological control of insect pests in West Africa: a review. *International Journal of Applied Research and Technology*, 3(9), 39-45.
- Paspati, A., Karakosta, E., Balanza, V., Rodríguez-Gómez, A., Grávalos, C., Cifuentes, D., Koukaki, A., Stavrakaki, M., Roditakis, E., & Bielza, P. (2023). Effects of novel and commercial phytochemicals on beneficial arthropods. *Crop Protection*, 174, 106381. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106381>
- Shojaei, S. H., Hosseini, S. J. F., Mirdamadi, M., & Zamanizadeh, H. R. (2013). Investigating barriers to adoption of integrated pest management technologies in Iran. *Annals of Biological Research*, 4(1), 39-42.
- Simon-Delso, N., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L. P., Bonmatin, J.-M., Chagnon, M., Downs, C., Furlan, L., Gibbons, D. W., Giorio, C., & Girolami, V. (2015). Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 5-34. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3470-y>
- Thompson, H. M., Wilkins, S., Harkin, S., Milner, S., & Walters, K. F. (2015). Neonicotinoids and bumblebees (*Bombus terrestris*): effects on nectar consumption in individual workers. *Pest Management Science*, 71(7), 946-950.
- Tong, L., Nieh, J. C., & Tosi, S. (2019). Combined nutritional stress and a new systemic pesticide (flupyradifurone, Sivanto®) reduce bee survival, food consumption, flight success, and thermoregulation. *Chemosphere*, 237, 124408. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124408>
- Williams, G. R., Troxler, A., Retschnig, G., Roth, K., Yañez, O., Shutler, D., Neumann, P., & Gauthier, L. (2015). Neonicotinoid pesticides severely affect honey bee queens. *Scientific Reports*, 5(1), 14621.
- Wu-Smart, J., & Spivak, M. (2016). Sub-lethal effects of dietary neonicotinoid insecticide exposure on honey bee queen fecundity and colony development. *Scientific Reports*, 6(1), 32108. <https://doi.org/10.1038/srep32108>
- Zhang, J., Wang, Z., Wen, P., Qu, Y., Tan, K., & Nieh, J. C. (2018). The reluctant visitor: A terpenoid in toxic nectar can reduce olfactory learning and memory in Asian honey bees. *Journal of Experimental Biology*, 221(5), jeb168344. <https://doi.org/10.1242/jeb.168344>



Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

Günümüz Tekstil Teknolojisinde Doğal Ekolojik Malzeme Kullanımının Sürdürülebilirlik Analizi

İdris Oğurlu¹, Sema Hatun Türker^{2*}

¹İstanbul Ticaret Üniversitesi, Çevre ve Doğa Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi – İstanbul-Türkiye

²İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Tekstil ve Moda Tasarımı Bölümü – İstanbul-Türkiye

*Sorumlu yazar: sgurcay@ticaret.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 09/04/2025

Kabul tarihi: 25/06/2025

Anahtar Kelimeler: Doğal tekstil malzemeleri, Ekolojik tekstil, Sürdürülebilir tekstil, Sürdürülebilir tekstil teknolojisi

DOI: 10.55979/tjse.1672116

ÖZET

Bu çalışma ile modern tekstil teknolojisinde ekolojiye yer verme bağlamında, başlıca doğal tekstil malzemeleri olan pamuk, yün ve keten/kenevir'in sürdürülebilirliği analiz edilmektedir. Tekstil endüstrisi; yüksek su tüketimi, toksik kimyasal kullanımı ve iş gücü sömürsü gibi pek çok çevresel ve sosyal sorunla ilişkilendirilirken, doğal-ekolojik malzemelerin sürdürülebilirlik temelinde analiz edilmesi artık zaruret haline gelmiştir. Sürdürülebilir tekstil anlayışı, yalnızca üretim süreçleriyle değil; aynı zamanda malzeme seçimi, ürünün kullanım ömrü ve atık yönetimiyle doğrudan ilgilidir. Bu bağlamda doğal-ekolojik tekstil malzemeleri; karbon ayak izinin azaltılması, yenilenebilir kaynakların kullanımı, toksik maddelerden arındırılmış içerik benzeri ekolojik yaklaşımların somut bir yansımaları temsil etmektedir. Modern tekstil teknolojileriyle birlikte, bu malzemeler; yeşil kimya uygulamaları, geri dönüşüm teknikleri ve düşük enerji tüketimi gibi yenilikçi yöntemlerle desteklenerek sektörde sürdürülebilir bir yapının oluşmasına katkı sağlamaktadır. Bu çalışmada, doğal-ekolojik tekstil malzemelerinden pamuk, yün ve keten/kenevir 'in sürdürülebilirlik açısından taşıdığı önem çok boyutlu olarak ele alınarak analiz edilmiş ve bu örnekler üzerinden bunların modern tekstil teknolojilerinde ekolojik ilkelerin uygulanabilirliği ve etkisi tartışılmıştır. Böylece sürdürülebilir tekstil için hem çevresel hem de toplumsal düzeyde yol gösterici bir perspektif sunulması hedeflenmiştir. Çalışmanın bir amacı da tekstil sanayinin mevcut durumuna sürdürülebilirlik yönüyle temas ederek onu daha yeşil hale getirmeye yönelik farkındalığı artırmaktır.

Sustainability Analysis of the Use of Natural Ecological Materials in Today's Textile Technology

ARTICLE INFO

Received: 09/04/2025

Accepted: 25/06/2025

Keywords: Natural textile materials, Ecological textile, Sustainable textile, Sustainable textile technology

DOI: 10.55979/tjse.1672116

ABSTRACT

This study analyses the sustainability of cotton, wool and flax/hemp, which are the main natural textile materials, in the context of including ecology in modern textile technology. While the textile industry is associated with many environmental and social problems such as high-water consumption, toxic chemical use and labour exploitation, it has become a necessity to analyze natural-ecological materials on the basis of sustainability. Sustainable textile understanding is directly related not only to production processes but also to material selection, product lifetime and waste management. In this context, natural-ecological textile materials represent a concrete reflection of ecological approaches such as reduction of carbon footprint, use of renewable resources, content free from toxic substances. Together with modern textile technologies, these materials contribute to the formation of a sustainable structure in the sector by supporting innovative methods such as green chemistry applications, recycling techniques and low energy consumption. In this study, the importance of cotton, wool and flax/hemp, which are natural-ecological textile materials, in terms of sustainability has been analyzed in a multi-dimensional manner and the applicability and impact of ecological principles in modern textile technologies have been discussed through these examples. Thus, it is aimed to provide a guiding perspective for sustainable textiles at both environmental and social level. Another aim of the study is to increase the awareness of the textile industry to make it greener by touching on the current situation of the textile industry in terms of sustainability.

1. Giriş

Günümüzde artan çevresel krizler, iklim değişikliği ve doğal kaynakların tükenme riski, pek çok sektörde olduğu gibi tekstil alanında da sürdürülebilirlik kavramını ön plana çıkarmıştır. Bu sebeple tüketiciler artık tekstil ürünlerini çevre dostu etiketlerle tanımak istemektedirler. Yeşil tekstilin, hammaddenin tasarıma, üretime ve lojistiğe ve bertarafına kadar yaşam döngüsü malzemelerine dayanarak uygulanabileceği ifade edilmekle birlikte

endüstriyi yeşillendirmek için temel noktaların ve parametrelerin ortaya konması gerekmektedir.

Sürdürülebilirlik; ekolojik, ekonomik ve sosyal olmak üzere üç temel kategori veya boyutuyla ele alındığında, tekstil sektöründe kritik bir dönüşüm sürecine ihtiyaç olduğuna işaret etmektedir (Muthu & Gardetti, 2020). Bu dönüşüm, sadece üretim tekniklerinde değil; aynı zamanda kullanılan malzemelerin yapısında, tedarik

zincirinde ve tüketim alışkanlıklarında da köklü değişiklikleri zorunlu kılmaktadır.

Doğal-ekolojik tekstil malzemelerini değerlendirirken de yine bu üç ana sürdürülebilirlik kategorisi üzerinden analiz yapılabilir: Her bir kategori, malzemenin yaşam döngüsüne yönelik farklı risk ve fırsatları ortaya koyar (Oğurlu, 2024; Kaya & Öner, 2020).

Tekstil sektöründe sürdürülebilirlik, üretim sürecinin çevresel, ekonomik ve sosyal etkilerini azaltmak için uygulanan uygulamaları ifade eder. Bu uygulamalar; ekolojik/ organik malzeme ve geri dönüştürülmüş ürün kullanma uygulamalar; ekolojik dayanmaktadır. Mesela çevre konusunda genellikle kötü örnek olarak verilen denim imalatı için bile üretim sürecinde ozon ve lazerle ağartma doğal kaynakla yıkama, amilaz enzimiyle haşıl sökme, merserizasyon ve su indirgeme teknolojileri gibi sürdürülebilir alternatifler söz konusu olabilmektedir (Eroğlu, 2023).

Tekstil sektöründe sürdürülebilirliği sağlamak, yalnızca malzeme seçimleriyle sınırlı kalmamakta; üretim teknolojilerinin yeniden yapılandırılmasını da gerektirmektedir. Modern tekstil teknolojilerinde ekolojik ilkelerin entegrasyonu, çevresel etkilerin azaltılması, enerji ve kaynak verimliliğinin artırılması ve toksik bileşenlerin kullanımının sınırlandırılması açısından temel bir adımdır (Muthu vd., 2012; Colombo vd., 2024).

Özellikle doğal ve ekolojik tekstil malzemelerinin ekolojik, ekonomik ve sosyoloji temel boyutlarında değerlendirilmesi hem üreticiler hem de tüketicilerin daha bilinçli ve etik tercihler yapmasını mümkün kılmaktadır. Bu tür bir değerlendirme; doğa üzerindeki etkiyi azaltmak, kaynakları daha verimli kullanmak ve sosyal refahı artırmak gibi sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle doğrudan ilişkilidir (Shalini vd., 2021). Tekstil sektörünün, doğal kaynakların yoğun kullanımı, kimyasal atık üretimi ve sosyal adaletsizlik gibi pek çok çevresel ve toplumsal sorunun merkezinde yer aldığı düşünüldüğünde, doğal-ekolojik malzemelerin sürdürülebilirlik temelinde analiz edilmesi artık bir tercih değil, zorunluluk hâline gelmiştir (Bouazizi, 2021).

Sürdürülebilir tekstil anlayışının temeli, yalnızca üretim süreçlerinde değil; malzeme seçiminden tüketim alışkanlıklarına kadar uzanan bütüncül bir perspektife dayanır. Bu bağlamda doğal-ekolojik tekstil malzemeleri; karbon ayak izinin azaltılması, yenilenebilir kaynak kullanımı, toksik madde içermeme gibi çevreye duyarlı yaklaşımların somut göstergeleri olarak öne çıkmaktadır (Kalkancı, 2017). Aynı zamanda modern tekstil teknolojilerinde ekolojiye yer verilmesi, yeşil kimya, geri dönüşüm teknikleri ve düşük enerji tüketimi gibi yenilikçi uygulamalarla desteklenerek sektörün sürdürülebilirlik ekseninde yeniden yapılandırılmasına katkı sağlar.

Doğal-ekolojik tekstil malzemeleri, yalnızca çevresel etkileri azaltmakla kalmayıp; aynı zamanda sosyal adalet, tüketici sağlığı ve ekonomik verimlilik gibi sürdürülebilirliğin farklı boyutlarına da olumlu katkılar sunmaktadır (Oğurlu, 2024). Pamuk, yün, keten ve

kenevir gibi doğal liflerin ekolojik, ekonomik ve sosyal açılardan çok boyutlu olarak değerlendirilmesi; üretimden tüketime kadar olan süreçlerin doğa dostu ve insan odaklı bir yapıya kavuşturulmasına hizmet etmektedir (Shalini vd., 2021). Bu lifler, biyolojik parçalanabilirlik, geri dönüştürülebilirlik ve yerel üretim şartlarına uyumları sayesinde, sentetik elyafa kıyasla daha sürdürülebilir karakterdedirler (Can & Ayvaz, 2017; Başbuğ, 2024). Ancak bu potansiyelin tam olarak hayata geçirilebilmesi için üretim altyapısından tüketici bilincine kadar uzanan bütüncül bir dönüşüm gerekmektedir.

Tekstil endüstrisinde kullanılan yeşil teknolojiyi oluşturan tekniklerin, çevresel sürdürülebilirliği sağlayabileceği bildirilmektedir (Bouazizi, 2021). Yeşil tekstilin, hammaddeden tasarıma, üretime ve lojistiğe ve bertarafı kadar yaşam döngüsü malzemelerine dayanarak uygulanabileceği ifade edilmekle birlikte endüstriyi yeşillendirmek için temel noktaların ve parametrelerin ortaya konması gerekmektedir. Mesela çevre dostu veya ekolojik ürünün tanımı ve kriterlerin belirlenmiş olmasına ihtiyaç vardır.

Genel olarak, tüm giysilerin liflerin büyümesi için suya ve kumaşı ve bitmiş giysiyi yapmak için enerjiye ihtiyaç duyduğu için %100 çevre dostu giysi diye bir giysi yoktur, denilebilir. Bununla birlikte doğal elyaftan yapılmış, doğal boyalarla organik olarak boyanmış çok az su, enerji veya kimyasal kullanan kumaşlardan yapılmış ve çevre üzerinde etkisi olumlu nitelikte olan bir giysi çevre dostu giysi olarak adlandırılabilir. Doğal lifler, mekanik dayanıklılık, hafiflik ve kullanıcı güvenliği gibi benzersiz özellikleri dolayısıyla özellikle çekicidir (Shalini vd., 2021). Elyaftan kumaş aşamasına kadar olan giysinin geliştirilmesi; insan ve çevre için zararlı karakterde birçok işlem gerektirdiği için halihazırda tekstil endüstrisinin birçok operasyonunu sürdürülemez kılmakta ve bu da ve şirketleri, çevrecileri ve tüketicileri tekstillerin karbon ayak izini azaltmak için stratejiler aramaya yöneltmektedir. Bu sebeptendir ki son zamanlarda, doğa ve çevreyi kimyasalların tehlikeli etkilerinden kurtarmak ve özellikle toprağı korumak için tekstil üretimi alanında çeşitli teknolojiler ve yenilikler geliştirilmiştir.

Ekolojik tekstilin ana malzemesi olan doğal lifler, mekanik dayanıklılık, hafiflik ve kullanıcı güvenliği gibi benzersiz özellikleri yönüyle özellikle çekicidir (Shalini vd., 2021). Doğal lif takviyeli kompozitler, ekolojik dengeyi koruyan, yenilenebilir kaynaklardan üretilen ve yüksek performanslı malzeme çözümleri sunan geleceğin malzemeleridir. Bu malzemeler, sürdürülebilir gelişmeyi destekleyerek konvansiyonel malzemelere çevreci bir alternatif oluşturur (Başbuğ, 2024).

Sürdürülebilir tekstil, pestisit ve gübre kullanmadan yetiştirilebilen pamuk, kenevir veya bambu lifleri gibi yenilenebilir kaynakları kullanarak gerçekleştirilir. Ayrıca sürdürülebilir tekstil ürünleri genellikle organik boyalar veya susuz baskı gibi çevreye zararı düşük işlemlerle imal edilirler. Bugün için sürdürülebilir tekstillerin kullanımı moda endüstrisinde büyüme trendindedir (UIB, 2023).

“Sürdürülebilir Moda”; “Eko Moda” ya da en genel tanımıyla çevreci, geri dönüştürülebilir, yüksek kaliteli ürünlerin yer aldığı moda akımı olarak tanımlanmaktadır. Moda’da sürdürülebilirlik yaklaşımının bir diğer amacı da üretilen ürünlerde yüksek kalite ve düşük üretim rakamları sağlanarak çevre dostu yeşil ürünler tedarik edilmesini sağlamak suretiyle günümüzde korkunç bir hızla tüketim çılgınlığını körükleyen moda endüstrisini yavaşlatmak olarak ifade edilebilir. Tekstil sahasında, sürdürülebilirliğin üç boyutundan Ekoloji boyutunda; antitoksik, ekoetkin, dönüştürülebilir sıfatlarla üretilen moda ürünleri; Ekonomi boyutunda; tüketici ve üreticiye değer katan ürünler; sosyal boyutunda ise ölçülü üretim ve insan sağlığına zarar vermeyen giysiler gibi modanın hayata kalite katan ürünleri üzerinde çokça durulmaktadır. (Yüksel & Gürcüm, 2011).

Doğal-ekolojik tekstil malzemelerinin sürdürülebilirlik açısından sunduğu avantajlar, günümüz tekstil sektörünün geleceğine yönelik önemli sinyaller vermektedir. Pamuk, yün, keten ve kenevir gibi liflerin ekolojik, ekonomik ve sosyal boyutlarda değerlendirilmesi; üretimden tüketime kadar olan sürecin doğa dostu hale getirilmesine katkı sağlar (Shalini vd., 2021; Oğurlu, 2024).

Bu malzemeler; biyolojik parçalanabilirlikleri, düşük kimyasal ihtiyacı, geri dönüştürülebilirlikleri ve yerel ekonomilere katkı sağlama kapasiteleri ile sentetik malzemelere kıyasla çevre dostu bir alternatif oluşturur (Can & Ayvaz, 2017; Başbuğ, 2024). Ancak, bu avantajların sürdürülebilir bir dönüşüme katkı sunabilmesi için üretim süreçleri, tedarik zincirleri, tüketici bilinci ve mevzuat açısından kapsamlı adımlar atılması gerekir. Yerel üretim ve tedarik zincirlerini destekleyerek nakliye kaynaklı emisyonları azaltılması, tüketici farkındalığını artırmaya yönelik eğitim ve bilgilendirme çalışmaları bunlardan bazılarıdır.

Doğal-ekolojik tekstil malzemelerinin ekolojik, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliğini analiz etmek, daha sürdürülebilir bir geleceğe doğru ilerlemek için önemlidir. Böyle bir analiz, bize bu malzemelerin çevre üzerindeki etkilerini, ekonomik faydalarını ve toplumsal sonuçlarını anlama imkânı sunar. Bu üç boyutun her biri, doğal-ekolojik tekstil malzemelerinin sürdürülebilirlik açısından nasıl bir potansiyel taşıdığına dair farklı açılardan bilgi verir. Ancak bunun için bu boyutların ayrı ayrı ele alınması gerekir.

Doğal-ekolojik tekstil malzemelerinden pamuk, yün ve keten veya kenevirin sürdürülebilirliğini değerlendirmede kullanılacak ölçütler, kategori ve göstergeler geliştirmek ve bunların ışığında bu üç malzemenin sürdürülebilirliklerini analiz etmek mümkündür. Bu malzemelerin sürdürülebilirliğini değerlendirmek için bir çerçeve oluşturmak istendiğinde bu; ölçütler (kriterler), kategoriler ve göstergeler üzerinden yapılandırılabilir (Oğurlu, 2024).

Sürdürülebilirliği objektif biçimde değerlendirebilmek için her kategori altında ölçütler (kriterler) ve bu ölçütleri sayısallaştıran göstergeler belirlenmiş olmalıdır (Oğurlu, 2024). Bu yaklaşım hem akademik çalışmalar hem de sanayi uygulamaları için karşılaştırılabilir veriler temin eder. Bu göstergelerin kullanımı sayesinde tekstil malzemelerinin çevreye olan etkileri ölçülebilir ve sürdürülebilirlik stratejileri somut verilere dayalı olarak geliştirilebilir (Dündar, 2008; Erdem & Kurtuldu, 2019).

2. Materyal ve Metot

Araştırma; konuyla ilgili literatürün taranması, elde edilen bilgi ve bulguların analizi ve yorumlanması, ulaşılan sonuçların ifade edilmesi ve nihayet konuyla ilgili önerilerin getirilmesinden ibaret bir derleme makalenin kaleme alınması aşamalarından oluşmaktadır.

Araştırmanın dayandığı sürdürülebilir değişim parametreleri, nitel araştırma yöntemlerine göre sıralanmıştır. Araştırmanın objesi olan doğal-ekolojik tekstil malzemelerinden yün, pamuk, keten ve kenevirin, taranan kaynaklardan elde edilen nitel değerleri tablolara işlenerek bunların değerlendirmeleri yoluna gidilmiştir.

Araştırma konusu olan tekstil malzemeleri için basılı kaynaklardan fiziki taramalar yapılmıştır. Bu amaçla başlık, özet/abstractları veya anahtar kelimelerinde “Doğal Tekstil Malzeme”, “Ekolojik Tekstil”, “Sürdürülebilir Tekstil”, “Sürdürülebilir Tekstil Teknolojisi” terimleri geçen tüm kaynaklar gözden geçirilmiştir. Keza, aynı yöntem araştırmanın temel objesi olan yün, pamuk, keten ve kenevir için de yapılarak detaylı analizler yapılmıştır.

Çizelge 1. Online veri tabanları üzerinden taranan anahtar kelimeler ve sonuçları
Table 1. Keywords and results searched through online databases

Veri Tabanı	Anahtar Kelimelerde	Tüm Alanlarda	Başlıklarda	Konu Terimlerinde	Sonuç
Web of Science	Doğal ekolojik Tekstil Malzemeleri	372	-	113	485
	Sürdürülebilir Tekstil Keten, Yün, Kenevir	661	449	78	1188
	Ekolojik tekstil Kenevir VEYA yün VEYA pamuk VEYA Keten	543	5	351	899
	Sürdürülebilir Tekstil Teknolojisi	***	20	***	
EKUAL	Doğal ekolojik Tekstil Malzemeleri	3	-	10	13

Sürdürülebilir Tekstil Keten, Yün, Kenevir	4	9	31	44
Ekolojik Kenevir VEYA yün VEYA pamuk VEYA Keten	12	2	24	38
Sürdürülebilir Tekstil Teknolojisi	551			551

Doğal ve ekolojik tekstil malzemelerinin sosyal, ekonomik ve ekolojik temel sürdürülebilirlik boyutunda ele alınması hem üreticiler hem de tüketiciler açısından daha bilinçli ve etik tercihler yapılmasını mümkün kılmaktadır. Bu tür bir yaklaşım, doğa üzerindeki etkiyi azaltmak, kaynakları daha verimli kullanmak ve toplumsal refahı artırmak gibi sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle doğrudan bağlantılıdır (Shalini vd., 2021).

Araştırmanın sonucuna doğru bir şekilde ulaşılabilmesi için aşağıdaki temel sorulara cevaplar aranmıştır:

1. Yün, pamuk, keten ve kenevirin sürdürülebilirliğine ilişkin parametreler hangileridir?
2. Yün, pamuk, keten ve kenevirin sürdürülebilirliği hangi kategorilerde ele alınıp hangi göstergeler ile ölçülebilir?
3. Yün, pamuk, keten ve kenevirin tekstil üretim malzemesi olarak genel karakteri nedir?
4. Yün, pamuk, keten ve kenevirin hangi özellikleri dolayısıyla giyimde tercih edilmektedir?
5. Yün, pamuk, keten ve kenevirin ekolojik özellikleri ve sürdürülebilir tekstile uygunluğu nedir?
6. Yün, pamuk, keten ve kenevirin ekolojik sürdürülebilirliği nedir? Bunun artması için neler yapılabilir?
7. Yün, pamuk, keten ve kenevir tekstil malzemesinin ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliği nedir? Bunun artması için neler yapılabilir?
8. Yün, pamuk, keten ve kenevirin sürdürülebilirliğini engelleyen sorunlar nelerdir?
9. Yün, pamuk, keten ve kenevirin tekstil sektöründe sürdürülebilirliğine yönelik çözüm önerileri?

3. Sürdürülebilirlik Kategori Ölçüt ve Göstergeleri

Yukarıda ifade edildiği gibi sürdürülebilirliğin; ekolojik, ekonomik ve sosyal boyutlar olmak üzere üç ana boyutu vardır. Bu sebeple, doğal ekolojik malzeme ve süreçlere dayalı bir tekstil faaliyetini de sürdürülebilirlik açısından

değerlendirirken üç ana boyut veya kategoride ele almak gerekecektir (Oğurlu, 2024).

Bu kategorileri, ölçütler ve göstergelerin belirlenmesindeki amaç, bunları puanlandırarak veya ağırlıklandırarak bir *Sürdürülebilirlik Skoru* veya *Sürdürülebilirlik Katsayısı* oluşturmak ve böylece ilgili malzemenin sürdürülebilirliğini nümerik olarak ifade edebilmektir.

3.1. Sürdürülebilirlik kategorileri

Doğal-ekolojik tekstil malzemelerinin değerlendirilmesinde öne çıkan üç ana sürdürülebilirlik kategorisi olan çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik kategorileri, malzemenin yaşam döngüsüne ilişkin farklı risk ve fırsat alanlarını kapsamlı bir biçimde ele almaya yarar (Kaya & Öner, 2020; Oğurlu, 2024).

- ❖ *Ekolojik Sürdürülebilirlik:* Doğal kaynakların korunması, ekosistem dengesinin sürdürülebilmesi ve biyolojik çeşitliliğin desteklenmesi gibi unsurları içerir (Başbuğ, 2024). (Ekosistemi, doğayı ve doğal kaynakları koruma alanında odaklanır.
- ❖ *Ekonomik Sürdürülebilirlik:* Kaynakların verimli kullanımı, maliyet etkinliği, teknolojiye entegrasyon ve pazarlanabilirlik ve pazar erişilebilirliği gibi faktörlerle analiz edilir (Muthu & Gardetti, 2020). Teknik fizibilite, kitle üretimine /kullanıma uygunluk gibi noktalara odaklanır.
- ❖ *Sosyal Sürdürülebilirlik:* İş güvencesi, adil ücretlendirme, iş sağlığı ve güvenliği, tüketici sağlığı gibi sosyal refahı doğrudan etkileyen etmenleri kapsar (Yüksel, 2011; Demirek & Bulut, 2021). Toplum ve Kullanıcı sağlık -güvenlik -konforu alanında yoğunlaşır. Adil çalışma şartları, iş güvenliği, tüketici sağlığı, toplumsal refah ve etik üretim pratikleri bu boyutta değerlendirilir.



Şekil 1. Tekstil Endüstrisinin sosyal ve çevresel sonuçları için Çekilen Belgesel (URL1)
Figure 1. Documentary on the social and environmental consequences of Textile Industry (URL1)



Şekil 2. Hızlı modanın sosyal ve çevresel sonuçları (URL2)
Figure 2. Social and environmental consequences of fast fashion (URL2)

2015 yılında ABD'de çekilen ve insan hakları ve çevresel etkilere odaklanan “Gerçek Maliyet (The True Cost)” belgeselidir. Belgesel, Bangladeşli bir işçinin hayatını takip etmekte ve bu işçilerin giyim fabrikalarının sağladığı asgari ücreti alabilmek için yaptıkları fedakârlıkları göstermektedir (Şekil 1 ve Şekil 2) (Peeva, 2017).

3.2. Sürdürülebilirlik ölçüt ve göstergeleri

Sürdürülebilirlik kategorilerinin objektif bir şekilde değerlendirilebilmesi için, bunlardan her biri için ölçütler (kriterler) ve bunlara bağlı nicel göstergeler tanımlanmıştır. Bu yaklaşım gerek akademik araştırmalar gerekse endüstriyel uygulamalar açısından karşılaştırılabilir verilerin elde edilmesine imkân verecektir. (Oğurlu, 2024).

3.2.1. Sürdürülebilirliğin ekolojik ölçüt ve göstergeleri

Tekstil malzemelerinin Çevresel Etki boyutunda şu hususlar öne çıkmaktadır:

- ❖ *Su tüketimi:* Üretim sürecinde kullanılan su miktarını (sulama, işleme vb.) ifade eder.
- ❖ *Toprak sağlığı:* Toprak erozyonu, toprak kirliliği, biyoçeşitlilik üzerindeki etkilerle ilgilidir.
- ❖ *Enerji tüketimi ve sera gazı emisyonları:* Üretim, işleme ve nakliye süreçlerinde harcanan enerji ve salınan sera gazlarıyla ilgilidir.
- ❖ *Kimyasal kullanımı:* Pestisitler, gübreler, boyalar ve diğer kimyasalların kullanımı ve bunların etkilerini ifade eder.

Atık yönetimi: Üretimden kaynaklanan atıkların miktarı ve geri dönüşüm oranlarıyla ifade edilir. Greenpeace'in Detox My Fashion kampanyası, Çin'in Tianjin kentindeki bir tesiste dahil olmak üzere tekstil üretiminde kullanılan

boya ve diğer kimyasalların yarattığı kirliliğe ve sağlık risklerine dikkat çeker (Şekil 3).



Şekil 3. Greenpeace'in Detox My Fashion kampanyası (URL3)
Figure 3. Greenpeace's Detox My Fashion campaign (URL3)

Çizelge 2. Sürdürülebilirliğin Ekolojik Ölçüt ve Göstergeleri
Table 2. Ecological Criteria and Indicators of Sustainability

Ölçüt	Gösterge
Kaynak Kullanımı	Su tüketimi (L/kg kumaş), arazi kullanımı (m ² /kg kumaş)
Kimyasal Kullanımı	Pestisit, gübre ve işlem kimyasallarının kullanımı (Pestisit miktarı, sentetik boya kullanımı, toksik madde içeriği)
Karbon Ayak İzi	CO ₂ salınımı (kg CO ₂ /kg kumaş) veya Üretim ve taşıma sürecinde CO ₂ emisyonları (kg CO ₂ /kg)
Biyçeşitliliğe Etki	Tarım veya tekstil üretim süreçlerinin habitatlar ve ekosistemlere etkisi

Bu göstergeler, tekstil malzemelerinin çevresel etkilerinin nicel olarak ölçülmesini ve bu sayede sürdürülebilirlik stratejilerinin daha etkili bir biçimde geliştirilmesini mümkün kılmaktadır (Dündar, 2008, Erdem & Kurtuldu, 2019).

4. Tekstil Teknolojisinde Doğal-Ekolojik Malzeme Kullanımının Sürdürülebilirliği

4.1 Doğal-ekolojik tekstil malzemelerinin ekolojik sürdürülebilirliği

Doğal-ekolojik tekstil malzemelerinin çevresel sürdürülebilirliği, üretim süreçlerinin doğaya zarar vermemesi, doğal kaynakların verimli kullanılması ve atıkların azaltılmasıyla doğrudan ilgilidir. Doğal-ekolojik tekstil malzemelerinin ekolojik sürdürülebilirliği, şu faktörlere bağlıdır:

- ❖ **Kaynak Kullanımı:** Doğal malzemeler (pamuk, yün, keneyir vb. gibi) biyolojik olarak yenilenebilir kaynaklardır ve bu malzemelerin ekolojik ayak izi genellikle sentetik malzemelere göre daha düşüktür (Kaya & Öner, 2020). Ancak, bazı doğal malzemeler

(özellikle pamuk) su ve pestisit gibi kaynakları yoğun şekilde kullanabilir. Ekolojik tekstil malzemeleri ise organik tarım yöntemleriyle yetiştirilen ham maddeler kullanılarak üretilir ve bu da çevresel etkileri azaltır.

- ❖ **Karbon Ayak İzi:** Ekolojik tekstil ürünleri genellikle daha az enerji ve su tüketimiyle üretilir, dolayısıyla karbon ayak izleri de düşer. Bununla birlikte, doğal malzemelerin işlenmesi, taşınması ve nihai ürüne dönüştürülmesi sırasında hâlâ bazı karbon emisyonları olabilir. Doğal-ekolojik tekstil malzemelerinin üretimi, genellikle sentetik malzemelere göre daha düşük karbon ayak izine sahiptir.
- ❖ **Biyolojik Çözünürlük:** Doğal tekstil malzemeleri, özellikle organik malzemeler (pamuk, bambu, yün, vb.), biyolojik olarak çözünebilen ve geri dönüştürülebilir oldukları için ekosistemler üzerinde daha az kalıcı etki bırakır. Mesela, doğal lifler, sentetik liflere göre biyolojik olarak daha kolay parçalanır ki bu da atık miktarını ve çevre kirliliğini azaltır (Erkan Dündar, 2008). Bununla beraber, Doğal lif takviyeli bazı kompozitlerin de ekolojik dengeyi koruma yönüyle sürdürülebilirliğe bir ölçüde hizmet ettiği bildirilmektedir (Başbuğ, 2024)
- ❖ **Hammadde üretimi:** Organik pamuk, keneyir, keten gibi doğal liflerin üretimi, konvansiyonel tekniklere göre daha az su ve kimyasal kullanımı gerektirir. Bu da toprak ve su kaynaklarının korunmasına yardımcı olur (Kaya & Öner, 2020)
- ❖ **Üretim süreçleri:** Doğal boyalar ve çevre dostu üretim teknikleri kullanılarak su ve enerji tüketimi azaltılabilir, atık miktarı düşürülebilir.

4.2 Doğal-ekolojik tekstil malzemelerinin ekonomik sürdürülebilirliği

Ekonomik sürdürülebilirlik, doğal-ekolojik tekstil malzemelerinin pazara sunulma biçimi, üretim maliyetleri ve uzun vadeli ekonomik faydalarını içerir. Tekstil

malzemelerinin üretimde ekonomik boyut şu noktalarla şekillenmektedir:

- ❖ Hammadde tedarik malzeme üretim ve uygulama potansiyeli (Oğurlu, 2024)
- ❖ Kaynak verimliliği: Hammaddelerin ve enerjinin verimli kullanımı.
- ❖ Uzun ömürlülük ve dayanıklılık: Ürünlerin kullanım ömrü ve kalitesi.
- ❖ Malzeme yaşam döngüsü
- ❖ Yenilikçilik ve teknoloji: Sürdürülebilir üretim yöntemleri ve teknolojilerinin kullanımı.

Şu hâlde ekonomik sürdürülebildiğin ölçüt ve göstergeleri Çizelge 3'deki gibi gösterilebilir:

Çizelge 3. Ekonomik sürdürülebildiğin ölçüt ve göstergeleri

Table 3. Criteria and indicators of economic sustainability

Ölçüt	Göstergeler
Üretim Maliyeti	Ham madde maliyeti (TL/kg), işleme maliyetleri
Enerji Verimliliği	Üretimde kullanılan enerji miktarı (kWh/kg)
Pazar Talebi ve Rekabetçilik	Malzemenin tekstil sektöründeki talebi
Yaşam Döngüsü Maliyeti	Kullanım ömrü, bakım gereksinimi

Doğal-ekolojik tekstil malzemelerinin ekonomik sürdürülebilirliği şu faktörlere bağlıdır:

- ❖ *Maliyet:* Doğal-ekolojik malzemelerin üretimi, konvansiyonel malzemelere göre daha maliyetli olabilir. Ancak, artan talep ve teknolojik gelişmelerle birlikte maliyetlerin düşmesi beklenmektedir.
- ❖ *Üretim Maliyetleri:* Doğal ve ekolojik tekstil malzemelerinin üretim süreci bazen konvansiyonel malzemelere kıyasla daha pahalı olabilir. Mesela, organik pamuk yetiştiriciliği, kimyasal gübre ve ilaç kullanımının yasaklanması dolayısıyla daha fazla emek ve bakım gerektirebilir. Ancak, bu maliyet artışı, daha düşük çevresel etkiler ve daha az su tüketimi gibi faydalarla dengelenebilir.
- ❖ *Pazar Talebi ve Fiyatlar:* Ekolojik tekstil ürünlerine yönelik artan talep, bu tür malzemelerin ekonomik

sürdürülebilirliğini destekler. Tüketiciler arasında çevre dostu ve etik üretim tercihleri arttıkça, ekolojik malzemelerle üretilen ürünlerin pazar payı da büyümektedir. Bu, daha geniş çapta üretim ve inovasyon ile maliyetlerin zamanla düşmesine yardımcı olabilir. Tüketicilerin çevre bilincinin artmasıyla birlikte, doğal-ekolojik tekstil ürünlerine olan talep de artmaktadır. Bu da üreticiler için yeni pazarlar ve fırsatlar yaratmaktadır (URL1).

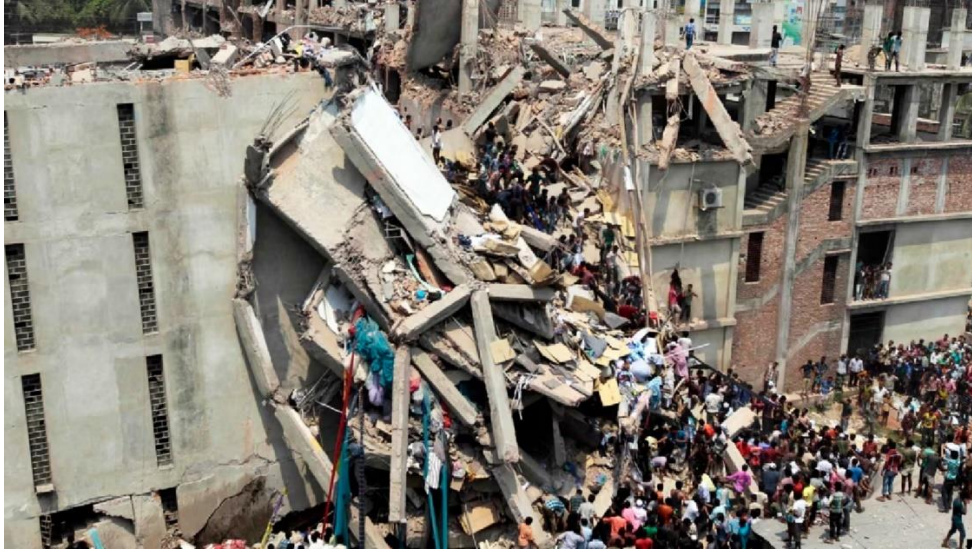
- ❖ *İstihdam Yaratma:* Ekolojik tekstil üretimi, özellikle organik tarım ve geri dönüşüm gibi alanlarda daha fazla iş gücü gerektirir. Bu da yerel ekonomi ve istihdam için olumlu bir etki yaratabilir. Ayrıca, çevre dostu üretim yöntemlerinin benimsenmesi, sürdürülebilir teknoloji ve yeniliklere yönelik yatırımları teşvik eder.
- ❖ *Yerel ekonomi:* Doğal-ekolojik tekstil üretimi, yerel ekonomilere katkıda bulunabilir, özellikle kırsal bölgelerde istihdam yaratabilir.

4.3. Doğal-ekolojik tekstil malzemelerinin sosyal sürdürülebilirliği

Sosyal sürdürülebilirlik, doğal-ekolojik tekstil malzemelerinin toplum üzerindeki etkileri, işçi hakları, adil ticaret ve toplum sağlığı gibi konuları içerir. Tekstil malzemelerinin üretim ve sürecine ait sosyal boyutunu gösterebilmek için şu noktalar üzerinde durmak gerekmektedir:

- ❖ *Çalışma şartları:* Adil ücretler, güvenli çalışma ortamları, çocuk işçiliği gibi konular.
- ❖ *Yerel topluluklar üzerindeki etkiler:* Toprak hakları, su kaynaklarının paylaşımı, yerel ekonomik kalkınma.
- ❖ *Tedarik zinciri şeffaflığı:* Üretim sürecinin her aşamasının izlenebilirliği.

2013 yılında Bangladeş'te bir fabrika çöktü ve 1,125 kişi hayatını kaybetti. Bu, tekstil hazır giyim tarihindeki en ölümcül fabrika kazasıdır (Şekil 4). Sektör içinde ve sektör hakkında büyük bir tartışmaya neden olur. Politikacılar, insan hakları aktivistleri ve örgütleri fabrika işçilerinin haklarını koruyan politikalar oluşturmak için bir araya gelir ancak bunun etkileri sınırlı kalır (Yardley, 2013).



Şekil 4. Bangladeş'te Çöken Tekstil ve Hazır Giyim Fabrikası (URL2)

Figure 4. Collapsed Textile and Garment Factory in Bangladesh (URL2)

Şu hâlde, ihtiyaç duyulan ölçüt ve göstergeleri Çizelge 3'teki şekliyle göstermek mümkündür.

Çizelge 4. Doğal-ekolojik tekstil malzemelerinin sosyal sürdürülebilirlik ölçüt ve göstergeleri

Table 4. Social sustainability criteria and indicators of natural-ecological textile materials

Ölçüt	Göstergeler
Çalışma Şartları	İşçilerin ücret ve çalışma şartları
Yerel Ekonomiye Katkı	Küçük çiftçilerin desteklenmesi, adil ticaret oranı
Sağlık ve Güvenlik	Çalışanlar ve tüketiciler üzerindeki sağlık etkileri
Tüketici Tercihleri	Organik sertifikalar, etik tüketim oranı

Doğal-ekolojik tekstil malzemelerinin sosyal sürdürülebilirliği, şu faktörlere bağlıdır:

- ❖ **Çalışma şartları:** Doğal-ekolojik tekstil üretiminde, adil çalışma şartları ve işçi haklarına saygı gösterilmesi önemlidir.
- ❖ **Toplumsal etkiler:** Doğal-ekolojik tekstil üretimi, yerel toplulukların refahını artırabilir, özellikle kadınların ve dezavantajlı grupların ekonomik güçlenmesine katkıda bulunabilir.
- ❖ **Tüketici bilinci:** Tüketicilerin çevre ve sosyal sorumluluk konularında bilinçlenmesi, doğal-ekolojik tekstil ürünlerine olan talebi artırarak sosyal sürdürülebilirliğe katkıda bulunur.
- ❖ **Adil Ticaret ve İşçi Hakları:** Doğal-ekolojik tekstil malzemelerinin üretimi, adil ticaret ilkelerine dayalı olabilir. Özellikle organik tarımda, işçi haklarına ve güvenliğine özen gösterilmesi, düşük ücretli işçi emeklerinin sömürülmesinin engellenmesi hedeflenir. Bu, toplumda daha adil bir gelir dağılımı sağlanmasına katkı sunar.
- ❖ **Sağlık ve Güvenlik:** Doğal malzemeler, genellikle kimyasal boyalar, pestisitler ve diğer zararlı maddeler içermez. Bu hem üretim aşamasındaki işçiler hem de

nihai tüketiciler için daha sağlıklı bir seçenek sunar. Organik kumaşlar, alerjenlere karşı duyarlı olan bireyler için de güvenli olabilir.

- ❖ **Toplumun Çevre Bilinci:** Ekolojik tekstil ürünleri, toplumda çevre bilincinin artmasına yardımcı olabilir. Tüketiciler, sürdürülebilir malzemelere yönelerek, çevreye olan etkilerini azaltmaya çalışır. Bu da sosyal sorumluluk bilincinin yaygınlaşmasına ve daha yeşil bir toplum yapısının oluşmasına katkı sağlar.

5. Pamuk, Yün ve Keten/Kenevir 'in Karşılaştırmalı Sürdürülebilirlik Analizi

Doğal liflerin sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi, yaşam döngüsü analizi (LCA) yöntemleriyle yapılmakta ve bu yaklaşım gün geçtikçe daha fazla önem kazanmaktadır. Söz konusu analizler, çevresel, ekonomik ve sosyal etkileri bir arada ele alarak, tekstil sektöründe kullanılan doğal liflerin doğa ve toplum üzerindeki etkilerini ölçmeyi ve böylece çevresel, ekonomik ve sosyal etkiler açısından pamuk, yün, keten ve kenevir gibi yaygın doğal liflerin üretim süreçlerini ve kullanım potansiyellerini kapsamlı şekilde değerlendirmeyi mümkün kılmaktadır (Muthu vd., 2012; Colombo vd., 2024).

Pamuk, yün, keten ve keneviri ekolojik göstergelere göre karşılaştırmak mümkündür. Mesela Pamuk: Yüksek su tüketimi ve pestisit kullanımı sebebiyle çevresel açıdan sorunlu olabilir, ancak organik üretim yöntemleriyle daha sürdürülebilir hale getirilebilir. Yün, uzun ömürlü ve biyolojik olarak parçalanabilir, ancak hayvancılığın karbon ayak izi yüksektir. Keten ve Kenevir ise daha az su ve kimyasal gerektirir, dayanıklıdır ve biyolojik olarak parçalanabilir (biyo bozunur). Ancak işleme maliyetleri ve pazardaki erişilebilirlikleri farklıdır.

5.1. Pamuk

Pamuk, dünya tekstil sektöründe en yaygın kullanılan doğal liflerden biridir. Ancak konvansiyonel pamuk üretimi; su tüketimi, yoğun kimyasal kullanımı ve toprak bozulması gibi önemli çevresel sorunları beraberinde getirmektedir. Özellikle su tüketimi ve pestisit kullanımı pamuk tarımının en büyük çevresel sorunları arasındadır.

- ❖ *Yüksek Su Tüketimi:* 1 kilogram pamuk üretimi için yaklaşık 10.000 litre suya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu rakam, özellikle su kaynakları sınırlı olan bölgelerde üretim baskısını artırmaktadır (Kalkancı, 2017; La Rosa & Grammatikos, 2019).
- ❖ *Pestisit ve Gübre Kullanımı:* Küresel pestisit kullanımının yaklaşık %10'unun pamuk tarımına ait olduğu bildirilmektedir. Bu durum hem toprak hem de yeraltı su kaynaklarının kirlenmesine yol açmaktadır (Erdem & Kurtuldu, 2019).
- ❖ *Toprak Bozulması:* Sürekli aynı arazide pamuk tarımı yapılması, monokültür uygulamaları yüzünden toprak kalitesini düşürmekte ve biyolojik çeşitliliği tehdit etmektedir (Yıldırım, 2011). Konvansiyonel pamuk üretiminin yüksek su tüketimi, pestisit kullanımı ve toprak erozyonuna neden olduğu bilinmektedir. Organik pamuk üretimi ise daha sürdürülebilir bir alternatif sunmaktadır.
- ❖ *Geri dönüştürülmüş pamuk kullanımı da sürdürülebilirlik yönünden faydalı bir seçenektir.*

Ancak, organik pamuk üretimi bu etkilerin azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Kimyasal gübre ve sentetik pestisit kullanımının engellenmesi sayesinde çevresel ayak izi ciddi oranda düşmektedir (Muthu & Gardetti, 2020). Aynı şekilde geri dönüştürülmüş pamuk, atık yönetimi ve döngüsel ekonomi hedefleri açısından sürdürülebilir bir alternatiftir (Colombo vd., 2024). Aynı zamanda geri dönüştürülmüş pamuk ürünleri, döngüsel ekonomi prensipleri doğrultusunda atıkların yeniden değerlendirilmesine de imkân vermektedir (Colombo vd., 2024).

5.2. Yün

Yün, doğal olarak biyolojik olarak çözünebilen, uzun ömürlü ve yüksek yalıtım değerlerine sahip bir lifdir. Ancak üretimi sırasında sera gazı salımı, özellikle metan gazı dolayısıyla çevresel anlamda dikkatle değerlendirilmelidir.

- ❖ *Biyolojik Parçalanabilirlik:* Doğal ortamda, yün lifleri 3-4 ay içerisinde tamamen parçalanabilmektedir (Başbuğ, 2024).
- ❖ *Yenilenebilirlik:* Koyunlardan yılda bir ya da iki kez kırılarak elde edilen yün, kendini sürekli yenileyebilen bir kaynaktır.

- ❖ *Karbon Ayak İzi:* Yün üretimi hayvancılığa dayandığından, özellikle metan gazı salımı sebebiyle karbon ayak izi yüksektir (Cardoso, 2013). Yün, doğal ve yenilenebilir bir kaynak olmasına rağmen, bazı üretim yöntemleri (aşırı otlatma, kimyasal işleme) çevresel sorunlara yol açabilir.
- ❖ *Sertifikalı sürdürülebilir yün üretimi:* hayvan refahını ve çevresel etkileri dikkate almaktadır. Sürdürülebilir yün tedarikini teşvik etmek amacıyla geliştirilen RWS gibi uluslararası sertifikalar hem hayvan refahı hem de çevresel kriterlerin karşılanmasını amaçlamaktadır.

5.3. Keten ve kenevir

Keten (flaks) ve kenevir, son yıllarda tekstil sektöründe sürdürülebilirlik arayışlarının odak noktasına yerleşen doğal liflerdir. Bu liflerin yetiştirme süreçleri, pamuk ve yüne kıyasla çok daha az çevresel etkiye sahiptir (Van der Werf & Turunen, 2008; Colombo vd., 2024).

Özellikle kimyasal gübre ve pestisit gerektiren diğer liflerin aksine kenevir lifi doğal olarak böceklerle direnir ve toprağı havalandırır. Temiz büyümesi ve biyolojik olarak parçalanabilir olması sayesinde kenevir lifleri ekolojik açıdan önemli avantajlara sahiptir (Demirbek & Bulut, 2021).

- ❖ *Düşük Su Tüketimi:* Keten ve kenevir; düşük su tüketimi ve pestisit ihtiyacı dolayısıyla genellikle daha sürdürülebilir malzeme olarak kabul edilir. Pamukla karşılaştırıldığında keten ve özellikle kenevir çok daha az suya ihtiyaç duyar. Kenevir, yarı kurak iklim şartlarında dahi yüksek verimle yetiştirilebilir (La Rosa & Grammatikos, 2019).
- ❖ *Düşük Kimyasal Kullanımı:* Kenevir bitkisi doğal olarak haşerelere karşı dayanıklıdır ve bu nedenle pestisit kullanımını en aza indirir (Van Dam & Bos, 2004). Ancak, işleme süreçlerindeki enerji tüketimi ve kimyasal kullanımı değerlendirilmelidir.
- ❖ *Toprak Kalitesi Üzerindeki Etkisi:* Kenevir, yetiştığı toprağı iyileştirme özelliğine sahiptir. Derin kök yapısı sayesinde toprak havalanmasını sağlar ve erozyonu önler (Mariz vd., 2024).
- ❖ *Yüksek Verim ve Geri Dönüşüm:* Kenevirin hektar başına ürettiği lif miktarı pamuktan 2-3 kat fazladır. Ayrıca işlenmesi için daha az enerjiye ihtiyaç duyar (González-García vd., 2010).

5.4. Karşılaştırmalı Sürdürülebilirlik Değerlendirmesi

Doğal ekolojik başlıca tekstil malzemelerinin mukayeseli değerlendirmesi Çizelge 4'de gösterilmektedir.

Çizelge 5. Karşılaştırmalı Sürdürülebilirlik Değerlendirme Tablosu

Table 5. Comparative Sustainability Assessment Table

Malzeme	Su Tüketimi	Kimyasal Kullanımı	Karbon Ayak İzi	Dayanıklılık	Biyolojik Parçalanabilirlik
Pamuk	Yüksek	Yüksek (organik hariç)	Orta	Orta	Yüksek
Yün	Düşük	Düşük	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Keten	Düşük	Düşük	Düşük	Yüksek	Yüksek
Kenevir	Çok Düşük	Çok Düşük	Düşük	Yüksek	Yüksek

6. Modern Tekstil Teknolojisinde Ekolojiye Yer Vermek (Ekolojik Tekstil Yaklaşımlarının Modern Tekstil Teknolojilerine Entegrasyonu)

Konvansiyonel tekstil ürünleri ekolojik malzeme ile yapılmaktaydı. Ekolojik malzemelere modern tekstil üretim tekniklerinde de neden yer vermeyelim, sorusu akla gelmektedir.

Modern üretim teknikleriyle faaliyet gösteren tekstil sektöründe ekolojiye yer verilmesi; ekolojik malzeme, ekolojik boya ve kumaş terbiye işlemlerinde ekolojik maddelerin kullanılmasıyla başarılabılır. Bununla birlikte, üretimin istenen ölçüde ve boyutta ekolojik olması önünde genellikle ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlikle ilişkili bazı engeller bulunmaktadır. Modern tekstil üretim tekniklerinde ekolojik malzemelere daha fazla yer verilememesinde çeşitli faktörler etkili olmaktadır. Bunları sıralamak gerekirse:

- ❖ **Maliyet ve Verimlilik:** Ekolojik malzemelerin üretimi, sentetik alternatiflere göre daha maliyetli olabilir. Konvansiyonel tekstil ürünlerinde kullanılan bazı ekolojik malzemeler, modern sentetik malzemelere kıyasla genellikle daha pahalıdır. Ekolojik malzemelerin üretim süreçleri, kimyasal malzemelere kıyasla daha az verimli olabilir ve bu da üretim maliyetlerini artırır. Modern tekstil sanayisi genellikle büyük ölçekli ve düşük maliyetli üretimi hedeflediğinden, bu tür malzemelere daha az yer verilir.
- ❖ **Üretim Kapasitesi, Üretim Hızları ve Ölçek:** Modern tekstil üretimi, hızlı tüketim ve hızlı üretim süreçleriyle tanınır. Ekolojik malzemelerin çoğu, daha uzun üretim süreçlerine ve daha dikkatli işleme ihtiyaç duyabilir. Bu da büyük üretim hacimlerine ulaşmak için gerekli hızda ve düşük maliyetle üretim yapmayı zorlaştırabilir. Ekolojik malzemelerin üretimi için gerekli altyapı ve teknoloji, sentetik malzemeler kadar yaygın değildir.
- ❖ **Performans ve Dayanıklılık:** Bazı ekolojik malzemeler, modern tekstil ürünlerinde kullanılan sentetik malzemelerle karşılaştırıldığında, dayanıklılık ve uzun ömür açısından geride kalabilir. Mesela, ekolojik kumaşlar bazen daha kolay kırışabilir veya aşınabilir. Bu da özellikle performans gerektiren ürünlerde (spor giyim, dış giyim gibi) ekolojik malzemelerin tercih edilmemesine yol açabilir.

- ❖ **Eğitim ve Bilgi Eksikliği:** Modern üretim tekniklerinde kullanılan ekolojik malzemelerin çoğu, konvansiyonel yöntemlere göre farklı üretim bilgisi ve uzmanlık gerektirir. Bu malzemelerin işlenmesi ve işlevsel hale getirilmesi için özel bilgi ve deneyim gereklidir, ancak bu bilgi genellikle sektörde yaygın değildir.
- ❖ **Teknolojik Yetersizlikler:** Ekolojik malzemelerle yapılan üretim, belirli teknolojik alt yapıları gerektirebilir. Mesela, organik pamuk veya bambu gibi malzemelerin işlenmesi, sentetik malzemelere göre farklı teknikler gerektirir. Mevcut makineler ve altyapılar, bu tür malzemeleri işlemek için yeterli olmayabilir veya mevcut makinelerin modifikasyonları maliyetli olabilir.
- ❖ **Tüketici Talebi ve Bilinç:** Modern toplumlarda genellikle tüketicilerin talebi hızlı moda ve düşük fiyatlar üzerine yoğunlaşmıştır. Ekolojik malzemeler genellikle daha pahalı ve özel ürünler olarak görülür, bu yüzden geniş tüketici kitlesi tarafından tercih edilmemesi, üreticilerin bu malzemelere daha az yönelmesine neden olabilir. Ekolojik ürünlere olan talep artsa da, hala konvansiyonel ürünlere göre daha az tercih edilmektedir.
- ❖ **Hammadde Tedarikinde Yaşanan Sorunlar:** Üretim kapasitesinin yeterli olmaması ve tüketici talebinin artmasıyla birlikte hammadde tedarikinde sorunlar yaşanmaktadır.

6.1. Modern tekstil üretiminde kullanılan ekolojik malzemelerin kullanım alanları ve avantajları

6.1.1. Modern tekstil üretiminde kullanılan doğal - ekolojik malzemeler

- ❖ **Organik Pamuk:** Pestisit ve sentetik gübre kullanılmadan yetiştirilen organik pamuk, çevre ve insan sağlığına duyarlı bir seçenektir.
- ❖ **Kenevir:** Hızlı büyüyen ve az su tüketen kenevir, dayanıklı ve çevre dostu bir lif kaynağıdır.
- ❖ **Bambu:** Ülkemize ithal edildiği için ekolojik sayılmayan Bambu, doğal antibakteriyel özelliklere sahip olan bambu, yumuşak ve nefes alabilen bir kumaş üretimi için idealdir.

6.1.2. Modern tekstil üretiminde ekolojik malzeme kullanmanın avantajları

Ekolojik tekstil malzemelerinin, sentetik alternatiflere kıyasla daha az su ve enerji tüketimiyle üretilip, toprak ve su kirliliğine yol açmaması, doğal liflerin, alerjik reaksiyon riskini azaltması ve ciltle uyumlu olduğu için daha sağlıklı bir kullanım sunması ve yenilenebilir kaynaklardan elde edilen ekolojik malzemelerin doğal dengenin korunmasına katkıda bulunmasıdır. Ne var ki sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için yalnızca doğal veya ekolojik tekstil malzemelerinin kullanımı yeterli değildir. Aynı zamanda bu malzemelerin işlenme biçimleri, üretim teknolojileri ve üretim sonrası süreçlerin de çevresel etkiler göz önünde bulundurularak yeniden tasarlanması gerekmektedir (Muthu vd., 2012). Bu noktada “yeşil teknoloji”, “döngüsel ekonomi” ve “ekoverimlilik” yeşil kimya, dijital üretim teknikleri, döngüsel ekonomi prensipleri ve biyobazlı kavramları ve bu yöndeki çözümler öne çıkmaktadır (Bouazizi, 2021).

6.2. Yeşil teknoloji ve uygulamaları

6.2.1. Yeşil kimya ve sürdürülebilir boyama teknikleri

Konvansiyonel tekstil boyama süreçleri, tekstil endüstrisindeki su tüketiminin yaklaşık %20'sini oluşturmakta ve çevreye salınan kimyasal atıkların önemli bir kaynağını meydana getirmektedir (Muthu & Gardetti, 2020).

- ❖ *Bitkisel Boyama*: Doğal bitki bazlı boyar maddeler, toksik kimyasalların kullanımını azaltarak çevre ve insan sağlığı açısından daha güvenli bir üretim imkanı sağlar.
- ❖ *Enzimatik Boyama*: Enzimler ile yapılan düşük sıcaklıklı boyama süreçleri, enerji ve su kullanımını azaltırken aynı zamanda renk sabitleyici katkılara olan ihtiyacı düşürür (Shalini vd., 2021).
- ❖ *Süperkritik CO₂ Teknolojisi*: Bu yöntemde boyama işlemi su yerine süperkritik hâle getirilmiş karbondioksit ile gerçekleştirilir. Böylece hem su kullanımı sıfırlanır hem de atık su oluşmaz (La Rosa & Grammatikos, 2019).

6.2.2. Dijital tekstil baskı teknolojileri

Dijital baskı sistemleri, konvansiyonel rotasyonel baskılara göre hem çevreye hem de üretim maliyetlerine daha az yük bindirir. Özellikle küçük parti üretimlerinde yüksek verimlilik ve düşük atık avantajı sunar.

- ❖ *DTG (Doğrudan Kumaşa Baskı)*: Kumaş üzerine doğrudan dijital baskı yapılması sayesinde su tüketimi %80'e kadar azaltılabilmektedir (Colombo vd., 2024).
- ❖ *Kimyasal Atık Azalımı*: Dijital baskı mürekkeplerinin kontrollü kullanımı, gereksiz kimyasal sarfiyatını önler ve atık miktarını minimize eder.

6.2.3. Geri dönüşüm ve döngüsel ekonomi uygulamaları

Döngüsel ekonomi, kaynakların mümkün olduğunca uzun süre kullanımda kalmasını hedefleyen bir sistemdir. Bu sistemde ürünler, ömrünü tamamladıktan sonra tekrar üretim sürecine dâhil edilerek çevresel etki azaltılır (Eroğlu, 2023).

- ❖ *Tüketim öncesi dönüşüm*: Üretim sırasında ortaya çıkan atık kumaş ve ipliklerin geri kazanılarak yeniden üretime katılması.
- ❖ *Tüketim sonrası dönüştürme*: Tüketim sonrası ürünlerin (Mesela kullanılmış kıyafetlerin) toplanarak ayrıştırılması ve yeniden iplik hâline getirilmesi (Can & Ayvaz, 2017).
- ❖ *Yaşam döngüsünün dikkate alınması*: Ürün tasarımı aşamasından kullanım sonrası bertaraf sürecine kadar tüm çevresel etkilerin hesaplanması esasına dayanır (Muthu vd., 2012).
- ❖ *Örnek*: Adidas & Stella McCartney iş birliğiyle geliştirilen %100 geri dönüştürülebilir spor giyim koleksiyonları, döngüsel ekonomiye dair başarılı örneklerden biridir (Şekil 5).



Şekil 5. Adidas & Stella McCartney Döngüsel Ekonomi İş Birliği
Figure 5: Adidas & Stella McCartney Circular Economy Collaboration

6.2.4. Akıllı ve biyo-temelli elyaf

Yeni nesil tekstil lifleri, yalnızca sürdürülebilirliği değil; aynı zamanda kullanıcı deneyimini de artıran işlevsel özellikler sunmaktadır.

- ❖ *Biyo-bazlı Elyaf:* Mısır nişastası, şeker kamışı gibi kaynaklardan elde edilen PLA ve PHA gibi biyoplastikler doğada çözünebilir ve karbon ayak izi düşüktür (Van der Werf & Turunen, 2008).
- ❖ *Mikrokapsülleme:* Kumaşa entegre edilen mikrokapsüller, UV koruması, anti-bakteriyel özellikler veya nem emici işlevler sunarak tekstil ürünlerini daha işlevsel kılar.
- ❖ *Hibrit Elyaf:* Doğal ve sentetik liflerin harmanlanmasıyla hem dayanıklılık hem de çevresel etki bakımından optimum çözümler sağlanabilir (Bouazizi, 2021).

6.2.5. Tedarik zinciri ve lojistikte karbonsuzlaşma

Sürdürülebilirlik yalnızca üretim süreçlerini değil; aynı zamanda hammadde tedarikinden ürünün nihai kullanıcıya ulaşmasına kadar geçen tüm aşamaları kapsar.

- ❖ *Karbon Ayak İzi Hesaplaması:* Lojistik süreçlerde düşük emisyonlu taşıma yöntemlerinin tercih edilmesi ve karbon dengeleme projeleri ile desteklenmesi (Eroğlu, 2023).
- ❖ *Blok zinciri Tabanlı İzlenebilirlik:* Her ürünün hammaddeden müşteriye kadar izlenebilir olması, çevresel etkiyi azaltırken şeffaf üretim anlayışını da güçlendirir.

Uluslararası Sertifikasyonlar: GOTS, OEKO-TEX, Fair Wear gibi belgelendirme sistemleri; çevre, işçi sağlığı ve tüketici güvenliği açısından önemli standartları tanımlar (Muthu, 2012).

7. Tartışma

Modern tekstil üretiminde ekolojik malzeme kullanmanın avantajları arasında; Ekolojik tekstil malzemelerinin-sentetik alternatiflere kıyasla- daha az su ve enerji harcanarak üretilip toprak ve su kirliliğine yol açmaması, doğal liflerin, alerjik reaksiyon riskini azaltması ve ciltle uyumlu olduğu için daha sağlıklı bir kullanım sunması, yenilenebilir kaynaklardan elde edilen ekolojik malzemelerin doğal dengenin korunmasına katkıda bulunması gibi hususlar öne çıkmaktadır.

Pamuk, tekstil sanayisinde en yaygın kullanılan doğal liflerden biri olmasına karşın, konvansiyonel üretim süreçleri ciddi çevresel yükler oluşturmaktadır. Özellikle su tüketimi ve pestisit kullanımı pamuk tarımının en büyük çevresel sorunları arasındadır.

Yün, biyolojik olarak doğada çözünebilir, uzun ömürlü ve yüksek yalıtım kapasitesine sahip bir doğal lifdir. Ancak üretim sürecinde ortaya çıkan sera gazı emisyonları dikkatle ele alınmalıdır.

Keten (flaks) ve kenevir, sürdürülebilir tekstil arayışında öne çıkan alternatif doğal liflerdir. Düşük çevresel etkileri, verimli yetiştirme özellikleri ve geri dönüşüm

imkanı, bu lifleri pamuk ve yün karşısında avantajlı kılmaktadır (Van der Werf & Turunen, 2008; Muthu vd., 2012). Ancak, kenevirin işlenmesine yönelik teknolojilerin henüz sınırlı seviyede gelişmiş olması, bu lifi yaygınlaştırma konusunda bazı lojistik ve maliyet engelleri oluşturmaktadır.

Ekolojik yaklaşımların modern tekstil teknolojilerine entegrasyonu konusunda *yeşil kimya ve sürdürülebilir boyama teknikleri*'ne ve *dijital tekstil baskı teknolojileri*'ne başvurulabilir. Çünkü, konvansiyonel tekstil boyama işlemleri, su ve kimyasal madde tüketimi açısından en yoğun süreçlerden biridir. Ancak yeşil kimya prensipleri doğrultusunda geliştirilen çevre dostu boyama yöntemleri, bu etkileri önemli ölçüde azaltmaktadır. Keza, dijital baskı sistemleri, konvansiyonel rotasyonel baskı tekniklerine göre çok daha az su, boya ve enerji gerektirmekte, ayrıca baskı sırasında oluşan atık miktarı da minimum seviyede kalmaktadır.

Ekolojinin tekstil sektörüne entegrasyonu konusunda *geri dönüşüm ve döngüsel ekonomi uygulamaları, akıllı ve biyo-temelli elyaflar* da iki diğer çözümü oluşturmaktadır. Döngüsel ekonomi yaklaşımı, tekstil ürünlerinin üretimden tüketime ve yeniden kullanıma kadar olan sürecinin kapalı bir sistemde döndürülmesini, yeni nesil lif teknolojileri, çevresel sürdürülebilirliği ileri işlevsellik ile birleştirmeyi hedeflemektedir. Ayrıca, sürdürülebilirliğin temel taşlarından biri de üretim sürecinin her aşamasında karbon salımının azaltılması olduğu için, bu bağlamda tedarik zinciri ve lojistikte karbonsuzlaşma da önem arz eden çözümler oluşturmaktadır.

Ekolojik tekstil üretiminin yaygınlaşmasının önündeki başlıca engeller arasında; Yüksek maliyetler, teknolojik altyapı eksiklikleri, yetersiz tüketici farkındalığı ve eğitim ve teşvik mekanizmalarının sınırlılığı yer almaktadır (Kalkancı, 2017; Bouazizi, 2021). Ancak bu zorluklara rağmen, artan çevresel farkındalık, karbon ayak izi ölçüm sistemlerinin yaygınlaşması, sürdürülebilir moda hareketleri ve GOTS, OEKO-TEX gibi küresel sertifikasyon sistemlerinin güç kazanması, sektör için önemli dönüşüm fırsatları yaratmaktadır (UIB, 2023).

8. Sonuç ve Öneriler

Geçmişte konvansiyonel tekstil ürünlerinde ekolojik malzemelerin yaygın olarak kullanılması, doğal kaynaklara daha kolay erişim ve sentetik alternatiflerin sınırlı olması sebebiyle idi. Bugün, sürdürülebilirlik şartları sağlandığı takdirde modern tekstil üretiminde de ekolojik malzemelere yer vermek mümkündür.

Ekolojik malzemelerin modern tekstil üretiminde yaygın olarak kullanılmaması, birçok ekonomik, teknik ve tüketici davranışına dayalı zorluklardan kaynaklanmaktadır. Ancak, sürdürülebilirlik ve çevresel farkındalık arttıkça, bu malzemelere yönelik talep ve üretim süreçleri zamanla değişebilir. modern tekstil üretiminde ekolojik malzemelere yer vermek mümkündür ve giderek önem kazanmaktadır. Ancak, bu geçişin sağlanması için tüm paydaşların işbirliği ve çabası gerekmektedir.

Doğal-ekolojik tekstil malzemeleri, ekolojik, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Ancak, bu malzemelerin sürdürülebilirliğini tam olarak sağlamak için, tüm üretim boyunca dikkatli bir şekilde yönetilmesi ve sürekli iyileştirme çabaları gerekmektedir.

Doğal-ekolojik tekstil malzemelerinin ekolojik, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliği, çok boyutlu bir konu olduğu görülmektedir. Çevre dostu üretim yöntemleri, iş gücü ve yerel ekonomiler için olumlu etkiler yaratırken, ürünlerin maliyetleri ve üretim zorlukları gibi bazı zorluklar da bulunmaktadır. Ancak uzun vadede bu malzemelerin çevresel, ekonomik ve toplumsal faydaları, konvansiyonel tekstil üretim yöntemlerine göre çok daha fazla potansiyele sahip görünmektedir.

Doğal-ekolojik tekstil malzemeleri, çevreye duyarlı üretimin ve etik tüketimin önünü açan stratejik bir alandır. Bu alandaki dönüşüm; yalnızca üreticilerin değil, aynı zamanda tüketicilerin, kamu otoritelerinin, akademik çevrelerin ve sivil toplumun birlikte hareket etmesini gerektirmektedir.

Tekstil sektörü, sürdürülebilirlik ilkesini yalnızca bir trend değil; yaşanabilir bir gelecek için bir zorunluluk olarak benimsemelidir. Gerek çevresel krizin derinliği, gerekse sosyal sorumluluk bilincinin artışı; doğal-ekolojik liflerin kullanımını yaygınlaştırmayı hem etik hem de ekonomik bir öncelik hâline getirmiştir.

Her türlü önleyici tedbir alınmalı ve ekosistemin dengesini koruyabilen ve nihai tekstil ürününü toksik etkilere arındıran teknolojiler geliştirilmelidir (Shalini vd., 2021). Ürün tasarım aşamasından başlayarak, hammadde seçimi, işleme ve üretim kararları, nakliye, perakende ve atık yönetimi, tekstil ve giyim üretimini daha çevre dostu hale getirmek için en önemli faktörlerdir. Tekstil endüstrisinde kullanılan teknoloji çerçevesinde, doğal-ekolojik tekstil materyalin, çevre ve insan sağlığını koruyan sürdürülebilir malzemeler olarak kullanılmasının mümkün olduğu sonucuna ulaşılmaktadır (Bouazizi, 2021). Tekstil sektörüyle birlikte sürdürülebilir kalkınmayı esas alan bütün sektörlerde doğal-ekolojik malzemeni daha yaygın kullanılması sağlanmalıdır (Demirbek & Bulut, 2021).

Doğal-ekolojik tekstil malzemeleri, çevresel etkileri azaltmak ve sosyal sorumluluğu güçlendirmek açısından önemli bir geleceği işaret etmektedir. Ancak bu dönüşümün gerçekleşmesi için yalnızca üreticilerin değil, tüketicilerin, kamu otoritelerinin ve akademik kurumların da koordineli bir şekilde hareket etmesi şarttır. Tekstil endüstrisinde sürdürülebilirlik, sadece moda değil, aynı zamanda yaşanabilir bir dünya için stratejik bir zarurettir. Pratiğe yönelik çözüm önerileri olarak şunlar planlanabilir:

a. Tekstil sanayiinde sürdürülebilirlik: Sürdürülebilir Tekstil ilkesi benimsenmelidir. Tekstil sektöründe sürdürülebilirlik ilkelerinin benimsenmesi ve ekolojik üretim tekniklerinin yaygınlaştırılması gerekmektedir.

b. Politika ve Teşvik Mekanizmaları: Ekolojik malzemelerin üretimini teşvik etmek için devlet destekleri ve teşvikler sağlanmalıdır. Ekolojik tekstil üretimi için devlet destekli teşvikler, Ar-Ge hibeleri ve vergi avantajları sunulmalı; küçük ve orta ölçekli üreticilerin erişimi kolaylaştırılmalıdır (Demirbek & Bulut, 2021).

c. Eğitim ve Bilinçlendirme: Tüketicilerin bilinçlendirilmesi ve ekolojik ürünlere olan talebin artırılması için kampanyalar düzenlenmelidir. Hem üreticilere hem de tüketicilere yönelik sürdürülebilirlik eğitimi verilmesi, eko-etiket sistemlerinin işlevi ve anlamı hakkında toplumun bilinçlendirilmesi gerekmektedir (Yüksel, 2011).

d. Tedarik Zinciri Şeffaflığı: Hammaddeden tüketiciye kadar olan sürecin izlenebilirliğini sağlayan sistemler geliştirilerek, şeffaflık ilkesine dayalı güvenli üretim teşvik edilmelidir (Eroğlu, 2023).

e. Teknoloji Transferi ve İş Birliği: Yerli üreticiler, uluslararası sürdürülebilir üretim modelleri ile ortaklıklar geliştirerek yeşil teknolojilere erişimlerini artırmalıdır. Üniversite-sanayi iş birlikleri bu alanda kritik öneme sahiptir (Shalini vd., 2021).

f. Tüketici Talebinin Güçlendirilmesi: Sürdürülebilir moda akımlarının tanıtımı, bilinçli tüketim kampanyaları ve eko-modaya dair etik yönelimler desteklenmelidir. Hızlı tüketime karşı “yavaş moda” (slow fashion) anlayışı yaygınlaştırılmalıdır (Yüksel, 2011; Can & Ayvaz, 2017).

g. Ar-Ge Çalışmaları: Ekolojik malzemelerin üretim maliyetlerini düşürmek için araştırma geliştirme çalışmaları yapılmalıdır. Bu kapsamda Yaşam döngüsü analizi (LCA) kullanarak her bir malzemenin çevresel etkilerini kapsamlı bir şekilde değerlendirilmeli, sürdürülebilirlik sertifikasyonlarını (Mesela, GOTS, Oeko-Tex) dikkate alarak güvenilir ve şeffaf bir değerlendirme yapılmalıdır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

9. Kaynaklar

- Başbuğ, E. (2024). *Doğal Lif Takviyeli Biyopolimer Kompozit Üretimi Ve Aşınma Özelliklerinin İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Boteva Peeva, N. (2017). *Bloomer: A Magazine Promoting Sustainable Fashion*. (Unpublished Master's Thesis, Politecnico di Milano)
- Bouazizi, N. (2021). Green technology in textile industries. *Journal of Textile Science & Fashion Technology*, 8(2), 5-11. <https://doi.org/10.33552/JTSFT.2021.08.000684>
- Can, Ö., & Ayvaz, K. M. (2017). Tekstil ve modada sürdürülebilirlik. *Akademia Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(1), 110-119.
- Cardoso, A. A. M. (2013). *Life Cycle Assessment Of Two Textile Products Wool And Cotton*. (Master's Thesis, Porto University, Portugal)
- Colombo, B., Scuri, A., Dughetti, C., Dotti, S., & Gaiardelli, P. (2024). Evaluation of the environmental sustainability of a flax spinning process through life cycle assessment: an Italian case study. *Summer School Francesco Turco Proceedings*, 28, 1-7.

- Demirbek, D. M., & Bulut, M. O. (2021). Kenevir liflerinin eldesi, özellikleri ve kompozit uygulama alanları. *Bartın Üniversitesi Doğal ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 4(2), 176-191.
- Dündar, E. (2008). *Çeşitli Selülozik İpliklerden Üretilen Örme Kumaşların Performanslarının Karşılaştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Elkateks (2024). Sürdürülebilir tekstil: Çevreye duyarlı kumaş seçimlerinin önemi. <https://elkateks.com/genel-tr/surdurulebilir-tekstil-cevreye-duyarli-kumas-secimlerinin-onemi>
- Erdem, Ö., & Kurtuldu, E. (2019). Sürdürülebilir tekstil üretim ve tasarımında yeniden değer kazanan lif: Kenevir. *SDÜ ART-E*, 12(24), 42-48.
- Eroğlu, N. S. (2023). Sustainability approaches in denim products and production processes. *Tekstil ve Mühendis*, 30(132), 335-350.
- Gürcüm, B. H., & Yüksel, C. (2011). Moda sektörünü "yavaşlatan" eğilim: Eko moda ve moda'da sürdürülebilirlik. *Akdeniz Sanat Dergisi*, 4(8), 48-52.
- İşmal, Ö. E., & Yıldırım, L. (2011). Tekstil tasarımında çevre dostu yaklaşımlar. *Akdeniz Sanat Dergisi*, 4(8), 60-68.
- Kalkancı, M. (2017). Sürdürülebilir tekstil üretiminde "organik pamuk" ve önemi. *Akdeniz Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 2(3), 14-23.
- Kaya, S., & Öner, E. (2020). Kenevir liflerinin eldesi ve tekstil endüstrisindeki uygulamaları. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(1), 108-123. <https://doi.org/10.29048/makufebd.693406>
- La Rosa, A. D., & Grammatikos, S. A. (2019). Comparative life cycle assessment of cotton and other natural fibers. *Fibers*, 7(12), 101.
- Muthu, S. S., & Gardetti, M. A. (2020). *Sustainability in the textile and apparel industries: Production process sustainability*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-38545-3>
- Muthu, S. S., Li, Y., Hu, J. Y., & Mok, P. Y. (2012). Quantification of environmental impact and ecological sustainability for textile fibres. *Ecological Indicators*, 20, 208-213.
- Oğurlu, İ. (2024). Doğal-ekolojik üç yapı malzemesi taş-kerpiç-ağaç için sürdürülebilirlik analiz modeli. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 53, 150-167.
- Şahinkoç, E. M., Aydın, S., & Öncel, K. (2022). Türkiye'de ekolojik moda için marka yaratılması: SWOT analiziyle durum değerlendirilmesi. *International Journal of Social Sciences*, 6(3), 359-377. <https://doi.org/10.30830/tobider.sayi.12.17>
- Tağı, S., & Dağdelen, R. (2024). Tiftik ve pamuk tekstil yüzeylerine ekolojik baskı uygulamalarında farklı rulo hazırlama şekillerinin karşılaştırılması. *İdil*, 113(1), 95-104. <https://doi.org/10.7816/idil-13-113-07>
- UIB (2023). Uludağ Tekstil İhracatçıları Birliği. Ekolojik ve sürdürülebilir tekstiller raporu. <https://uib.org.tr/tr/kbfile/ekolojik-ve-surdurulebilir-tekstil>
- URL1: <https://truecostmovie.com/>
- URL2: <https://www.surfmadame.com/en/surfing-and-dressing-yourself-eco-friendly/>
- URL3: <https://cen.acs.org/business/consumer-products/new-textile-dyeing-methods-make/96/i29>
- Van der Werf, H. M. G., & Turunen, L. (2008). The environmental impacts of the production of hemp and flax textile yarn. *Industrial Crops and Products*, 27(1), 1-10.
- Yardley, J. (2013). Report on deadly factory collapse in Bangladesh finds widespread blame. The New York Times. <https://www.nytimes.com/2013/05/23/world/asia/report-on-bangladesh-building-collapse-finds-widespread-blame.html>



Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi Turkish Journal of Science and Engineering

www.dergipark.org.tr/tjse

A Study on Land Consolidation Practices: The Case of Burdur Gölhisar

Hasan Çevik^{1*}

¹Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Gölhisar Vocational School, Department of Architecture and Urban Planning – Burdur-Türkiye

*Corresponding author: hcevik@mehmetakif.edu.tr

ARTICLE INFO

Received: 05/05/2025

Accepted: 13/06/2025

Keywords: Consolidation rate, Land consolidation, Parcel

DOI: 10.55979/tjse.1691696

ABSTRACT

The present study examines land consolidation projects carried out in the Gölhisar district of Burdur. Land consolidation represents a pivotal agricultural regulatory instrument, with the objective of enhancing the configuration of land parcels and fostering the development of rural infrastructure through the integration of dispersed and fragmented agricultural territories. The project has been shown to engender a number of advantages, including an increase in agricultural productivity, an improvement in the quality of irrigation and road services, and a reduction in production costs. In the study, a comprehensive analysis was conducted of consolidation rates, loss rates, parcel numbers and parcel sizes in different rural areas. In the examples from Gölhisar, Burdur, a decrease in the number of parcels and an increase in the average parcel size were observed in areas where consolidation rates were high. The findings of this study demonstrate that the reduction of fragmented ownership structures and the enhancement of land use efficiency exert a positive influence on agricultural productivity. The findings indicate that consolidation projects have the capacity to enhance agricultural production and make substantial contributions to the development of rural areas. These studies are of great importance in terms of sustainable agriculture and rural development.

Arazi Toplulaştırma Uygulamaları Üzerine Bir İnceleme: Burdur Gölhisar Örneği

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 05/05/2025

Kabul tarihi: 13/06/2025

Anahtar Kelimeler: Arazi toplulaştırması, Toplulaştırma oranı, Parsel

DOI: 10.55979/tjse.1691696

ÖZET

Bu çalışma, Burdur Gölhisar ilçesinde gerçekleştirilen arazi toplulaştırma projelerini incelemektedir. Arazi toplulaştırması, parçalı ve dağınık tarım arazilerini birleştirerek parsel şekillerini iyileştirmeyi ve kırsal altyapıyı geliştirmeyi amaçlayan önemli bir tarımsal düzenleme uygulamasıdır. Proje, tarımsal verimliliği artırmak, sulama ve yol hizmetlerini geliştirmek ve üretim maliyetlerini düşürmek gibi çeşitli avantajlar sağlamaktadır. Çalışmada, farklı kırsal alanlardaki toplulaştırma oranları, zayıf oranları, parsel sayıları ve parsel büyüklükleri analiz edilmiştir. Burdur Gölhisar'daki örneklerde, toplulaştırma oranlarının yüksek olduğu bölgelerde parsel sayısında azalma, ortalama parsel büyüklüğünde ise artış gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, parçalı mülkiyet yapısının azaltılmasının ve arazi kullanımının daha etkin hale getirilmesinin, tarımsal verimliliği olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Sonuçlar, toplulaştırma projelerinin tarımsal üretimi kolaylaştırdığını ve kırsal kalkınmaya önemli katkılar sağladığını ortaya koymaktadır. Bu çalışmalar, sürdürülebilir tarım ve kırsal gelişim açısından büyük önem taşımaktadır.

1. Introduction

Land consolidation is defined as a project that improves parcel shapes by combining scattered and fragmented parcels. It also enables landowners to develop services such as irrigation, drainage and roads. The enhancement of existing parcel shapes is a salient benefit of land consolidation initiatives (Ertunç, 2021). The initiative has been categorised as a village renewal project, incorporating components such as land consolidation, the integration of disparate agricultural lands, the structuring of rural infrastructure, and the development of socio-cultural facilities (Arslan & Değirmenci, 2024). Land consolidation has been identified as the most effective method of land management for the purpose of preventing the degradation of agricultural land. Land consolidation is of great importance in ensuring the economic sustainability of rural areas, in better managing the environment, and in guiding

urban growth in a balanced way (Uyan et al., 2015). Land consolidation projects are a method that has been implemented with the aim of increasing agricultural productivity, improving irrigation infrastructure and preventing erosion. In the context of these projects, the distribution of blocks is of paramount importance. Farmers' satisfaction is a critical factor in the success of the project (İnceyol, 2024). The most efficacious method of rectifying the prevailing deficiencies in the agricultural structure is the undertaking of land consolidation studies. The fragmentation and dispersion of lands have been demonstrated to exert a detrimental effect on yield, thereby complicating the implementation of measures aimed at enhancing productivity (Tanrıvermiş & Seyyar, 2022). Land consolidation has been identified as a key strategy for enhancing the efficacy of investments in rural areas, addressing existing challenges in agricultural

infrastructure, and fostering agricultural development (Köken & Çay, 2019). It has been demonstrated that land consolidation has the capacity to enhance both the financial viability and the operational efficiency of agricultural enterprises. It is evident that these works are of significant importance with regard to the development of agriculture and the assurance of food security (Çay & Satılmış, 2024). It is imperative to acknowledge the potential of land consolidation projects as a pivotal instrument in the pursuit of rural development. Such initiatives have the capacity to enhance agricultural productivity, elevate the standard of rural living, and attain the ambitious goals of sustainable development. In this context, sustainable land management and multi-purpose rural arrangement studies play an important role in protecting agricultural lands and supporting the socio-economic development of rural areas (Akdeniz et al., 2023). The process of land consolidation has been demonstrated to engender a reduction in costs and an enhancement in efficiency within the domain of agricultural production. The harvesting of crops on a large scale has been demonstrated to facilitate the reduction of machine stoppages and restarts, whilst concomitantly decreasing fuel consumption and preventing the loss of time. Consequently, this approach has the dual benefits of accelerating the harvesting process and reducing operating costs. Consequently, land consolidation confers a substantial advantage to producers (Boonchom et al., 2017). The objective of land consolidation projects is to minimise the number of parcels and eradicate land fragmentation by amalgamating dispersed and fragmented parcels. This process serves to enhance agricultural productivity by conserving inputs such as labour, irrigation, and roads (Ertunç & Janus, 2021). The economic benefits provided as a result of land consolidation projects are of great importance for both the agricultural sector and the national economy. In order to disseminate these projects and implement them more extensively across the country, it is essential to comprehensively grasp the economic contributions provided by consolidation (Çay & Satılmış, 2020).

The efficiency and sustainability of agricultural production are influenced by various factors, including access to land, irrigation, drainage systems, and mechanisation. Consequently, it can be posited that land consolidation projects are of significant importance in terms of enhancing agricultural infrastructure and increasing productivity (Eğilmez & Kaman, 2022). It is evident that land fragmentation has a detrimental effect on agricultural productivity, thereby causing difficulties in production processes. Land consolidation projects have been shown to increase mechanisation by combining small and fragmented parcels, thereby improving efficiency and providing significant savings in production costs (Irmaklı & Aydın, 2022). Land fragmentation represents the most

significant impediment to the establishment of sustainable agricultural practices (Uyan et al., 2013).

The objective of this study is to examine the land consolidation projects carried out in Gölhisar district of Burdur province and its surrounding villages. The objective of this study is to analyse whether the outcomes of these projects are commensurate with their intended purpose. To this end, a comprehensive evaluation will be conducted, encompassing the loss and consolidation rates, the alterations in parcel numbers prior to and following consolidation, and the disparities in average parcel sizes within the context of the land consolidation initiative.

The present study examines land consolidation projects in the Gölhisar district of Burdur. The overarching objective of consolidation is twofold: firstly, to enhance the quality of parcel shapes, and secondly, to facilitate the development of rural infrastructure by combining fragmented agricultural lands. In the course of the study, a comprehensive analysis was conducted of consolidation rates, loss rates, parcel numbers and sizes. While the number of parcels decreased in regions characterised by high consolidation rates, the average parcel size increased. This phenomenon has been demonstrated to enhance agricultural productivity and contribute to the development of rural areas.

2. Material and Method

The present study has sought to evaluate data from a variety of settlements in order to analyse the effects of land consolidation practices. The data utilised encompasses consolidation practices across diverse rural regions, including Armutlu neighborhood, Çeşme neighborhood, Hisarardı Village, Karapınar Village and Kargalı Village. These data were obtained from the General Directorate of State Hydraulic Works, 18th Regional Directorate (Isparta). For each area, a comparative analysis was conducted of the loss rate, consolidation rate, old and new parcel numbers, and average parcel sizes in Table 1.

The loss rate in land consolidation works is defined as the ratio of the areas allocated from agricultural lands for public services, such as roads, canals, drainage, water structures, and public facilities to the total land during the consolidation process.

The consolidation rate is defined as the rate of decrease in the total number of parcels in an area as a result of the operations carried out within the scope of a land consolidation project. In summary, the measure in question indicates the extent to which the parcels are combined following consolidation, thereby demonstrating the degree to which fragmentation is reduced.

Table 1. Information on consolidation areas

Tablo 1. Toplulaştırma alanlarına ilişkin bilgiler

Consolidation Areas	Casualty Rate	Consolidation Rate	Old Parcel Number	New Parcel Number	Old Average Parcel Size (da)	New Average Parcel Size (da)
Armutlu Neighbourhood	% 5.6859	% 40.04	2785	1670	2.58 da	4.08 da
Çeşme Neighbourhood	% 4.2196	% 42.87	1712	978	5.30 da	8.87 da
Hisarardı Village	% 3.7302	% 44.63	363	201	6.07 da	10.55 da
Karapınar Village	% 3.1429	% 28.40	817	585	10.35 da	14.00 da
Kargalı Village	% 3.6938	% 29.34	392	277	6.22 da	8.49 da
Konak Neighbourhood	% 5.1122	% 38.11	1270	786	5.68 da	8.66 da
Sorkun Village	% 4.4338	% 28.47	562	402	11.16 da	14.42 da
Ulucami Neighbourhood	% 7.6109	% 13.64	689	595	1.84 da	1.97 da
Uylupınar Village	% 4.6359	% 16.67	426	356	7.61 da	8.73 da
Yamadı Village	% 4.0261	% 31.17	616	424	7.33 da	10.24 da

The consolidation works carried out in the Armutlu neighbourhood of the Gölhisar district in the Burdur province were executed at a rate of 40%, resulting in a loss of 5.7%. The total number of parcels decreased from 2785 to 1670, and the average parcel size increased from 2.58 decare to 4.08 decare. The data demonstrate a substantial reduction in the fragmented ownership structure in Armutlu, resulting in enhanced land productivity.

In the Çeşme neighborhood, a highly effective operation was conducted, resulting in a consolidation rate of 42.8% and a low loss rate of 4.2%. The decrease in the number of parcels and the increase in parcel size (5.30 da - 8.87 da) indicate a significant increase in efficiency in this area as well. It is evident that consolidation engenders convenience and productivity in agricultural activities.

It is evident that Hisarardı Village has one of the highest consolidation rates, with a figure of 44.6%. During the course of the application, a loss of only 3.7% was experienced, and the parcel sizes were increased from 6.07 da to 10.55 da. The high rate of transformation with low loss indicates that the consolidation in this village was quite successful.

Despite the fact that the consolidation rate in Karapınar Village remained relatively low at 28.4%, there was an increase in the average parcel size from 10.35 da to 14.00 da. The fact that the parcels were already sizable permitted considerable increases in yield, even with more limited intervention.

In the case of Kargalı Village, the impact of the application is moderate, with a consolidation rate of 29.3% and a loss rate of 3.6%. The mean parcel size increased from 6.22 days to 8.49 days. This finding suggests that an efficient but limited rearrangement occurred.

In Konak neighborhood, the number of parcels was reduced from 1270 to 786, with a consolidation rate of 38.1%, and the average parcel size increased from 5.68 da to 8.66 da. It is evident that the implementation was executed in a balanced and effective manner, as evidenced by the 5.1% loss.

Despite a relatively low consolidation rate of 28.5%, Sorkun Village has achieved considerable success by increasing the average parcel size from 11.16 da to 14.42 da. This increase indicates that land arrangements have had a substantial impact on enhancing production capacity.

The Ulucami neighbourhood has the lowest consolidation rate of 13.6%, yet also exhibits the highest loss rate of 7.6%. The average parcel size exhibited a marginal increase, rising from 1.84 days to 1.97 days. The findings indicate that the implementation was both constrained and ineffectual.

A similarly low consolidation rate (16.6%) is observed in Uylupınar Village. However, a certain level of success in terms of regulation was achieved by increasing the parcel size from 7.61 da to 8.73 da. This result demonstrates that efficiency can be enhanced through the implementation of more comprehensive applications.

Finally, a 31.2% consolidation was carried out in Yamadı Village, resulting in a reduction of parcels from 616 to 424 and an increase in the average size from 7.33 da to 10.24 da. This application, which exhibited a low loss of 4%, signifies a fruitful and balanced transformation process.

As illustrated in Figure 1, the before-and-after comparison of the land consolidation work in Armutlu neighborhood is presented. Prior to the implementation of the consolidation, the configuration of the parcels exhibited characteristics of irregularity, fragmentation, predominantly narrow and elongated dimensions, and the presence of parcels lacking direct road frontage. Following the consolidation, a discernible regularity in the parcels became evident, manifesting in a geometrical arrangement. It was observed that all of the parcels were frontage-bearing to the road. This situation can be considered a favourable outcome of the land consolidation initiative, which was implemented with the objective of enhancing agricultural production efficiency and optimising the provision of infrastructure services.

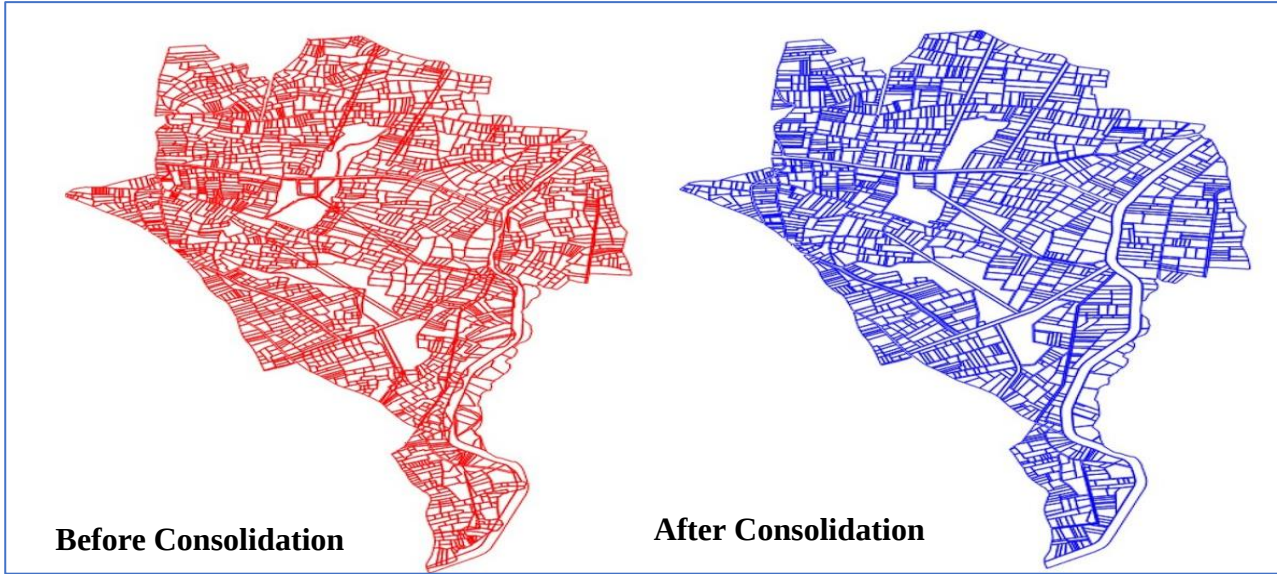


Figure 1. Armutlu neighborhood land consolidation project old and new status
Şekil 1. Armutlu mahallesi arazi toplulaştırma projesi eski ve yeni durumu

As demonstrated in Table 2, the total area subject to regulation in the Armutlu neighbourhood is 7,188,709.62m². A substantial proportion of this area is subdivided into building blocks, with a total surface area of 6,815,821.86m². The area remaining outside the regulation is quite limited, at only 1,952.54m². As indicated by the cadastral data, the total number of parcels is 2,785, and the total number of owners is 3251. The number of blocks is

152, and 1670 new parcels have been created within these blocks. The cadastral parcels exhibit significant variations in size, with the smallest measuring 1.28m² and the largest covering an area of 206,477.12m². Old Average Parcel Size was calculated to be 2.58 decare. New Average Parcel Size was calculated to be 4.08 decare. The data reveal a significant diversity of ownership and parcels in the regulated area.

Table 2. Some information about Armutlu neighborhood land consolidation areas
Tablo 2. Armutlu mahallesi arazi toplulaştırma alanları hakkında bazı bilgiler

Qualifications	Values
Area Subject to Regulation	7,188,709.62 m ²
Non-Regulated Area	1,952.54 m ²
Block Surface Area	6,815,821.86 m ²
Total Number of Cadastre Parcels	2785
Total Number of Owners	3251
Total Number of Blocks	152
Total Number of Parcels in Block	1670
Minimum Cadastral Parsel Size	1.28 m ²
Maximum Cadastral Parcel Size	206,477.12 m ²
Old Average Parcel Size (da)	2.58 da.
New Average Parcel Size (da)	4.08 da.

As illustrated in Figure 2, the land consolidation work in Çeşme neighborhood has resulted in notable changes to the area, both before and after the project's completion. It is evident that the parcels that were irregular and did not face

the road prior to consolidation underwent a transformation, becoming regular and acquiring frontage on the road post-consolidation.

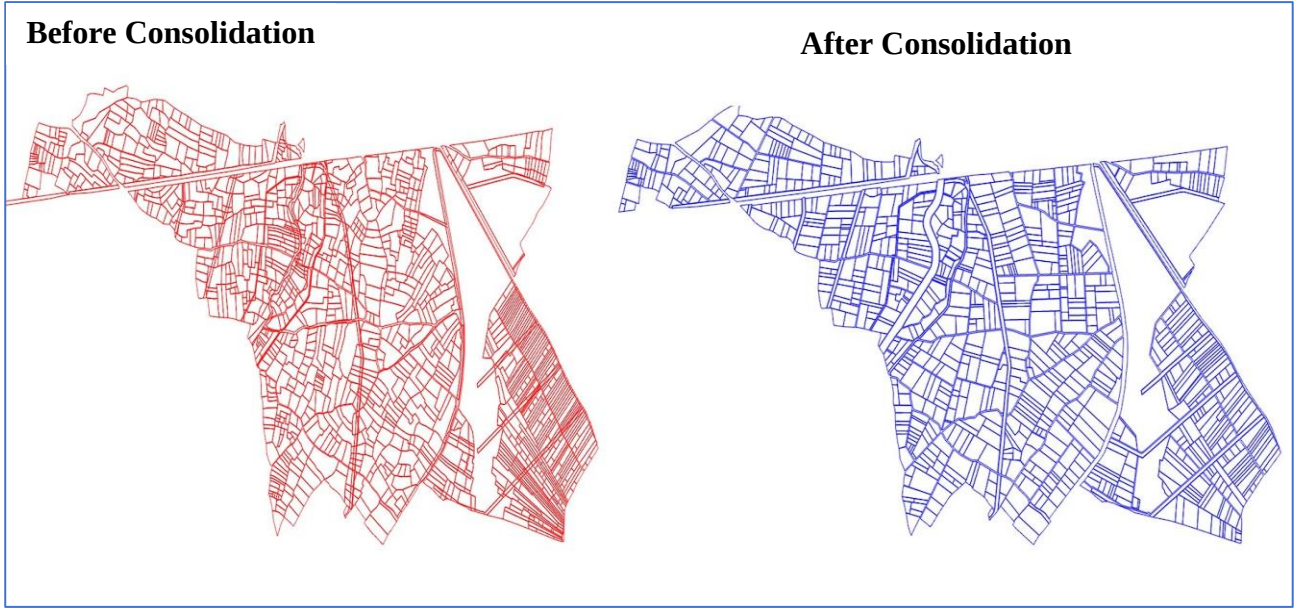


Figure 2. Çeşme neighborhood land consolidation project old and new status

Şekil 2. Çeşme mahallesi arazi toplulaştırma projesi eski ve yeni durumu

As demonstrated in Table 3, a total area of 9,032,192.86 m² was subject to regulation within the scope of land consolidation in Çeşme neighborhood. While 8,674,950.29m² of this area was included in the block surface area, 49,060.80m² was excluded from the regulation. The application area encompasses 1,712 cadastral parcels and 2,175 owners. The total number of

blocks is 101, and the number of new parcels created within these blocks is 978. The range of parcel sizes is from 17.41m² to 708,655.89m². Old Average Parcel Size was calculated to be 5.30 decare. New Average Parcel Size was calculated to be 8.87 decare. The data are significant in demonstrating the fragmented nature of the property in the area and the level of block formation after consolidation.

Table 3. Some information about land consolidation areas in Çeşme neighborhood

Tablo 3. Çeşme mahallesindeki arazi toplulaştırma alanları hakkında bazı bilgiler

Qualifications	Values
Area Subject to Regulation	9,032,192.86 m ²
Non-Regulated Area	49,060.80 m ²
Block Surface Area	8,674,950.29 m ²
Total Number of Cadastre Parcels	1712
Total Number of Owners	2175
Total Number of Blocks	101
Total Number of Parcels in Block	978
Minimum Cadastral Parsel Size	17.41 m ²
Maximum Cadastral Parcel Size	708,655.89 m ²
Old Average Parcel Size (da)	5.30 da.
New Average Parcel Size (da)	8.87 da.

The situation prior to and following the land consolidation work in Hisarardı village is illustrated in Figure 3. It is evident that the irregular parcels devoid of road frontage

prior to consolidation underwent a transformation into a regular configuration with road frontage following the process of consolidation

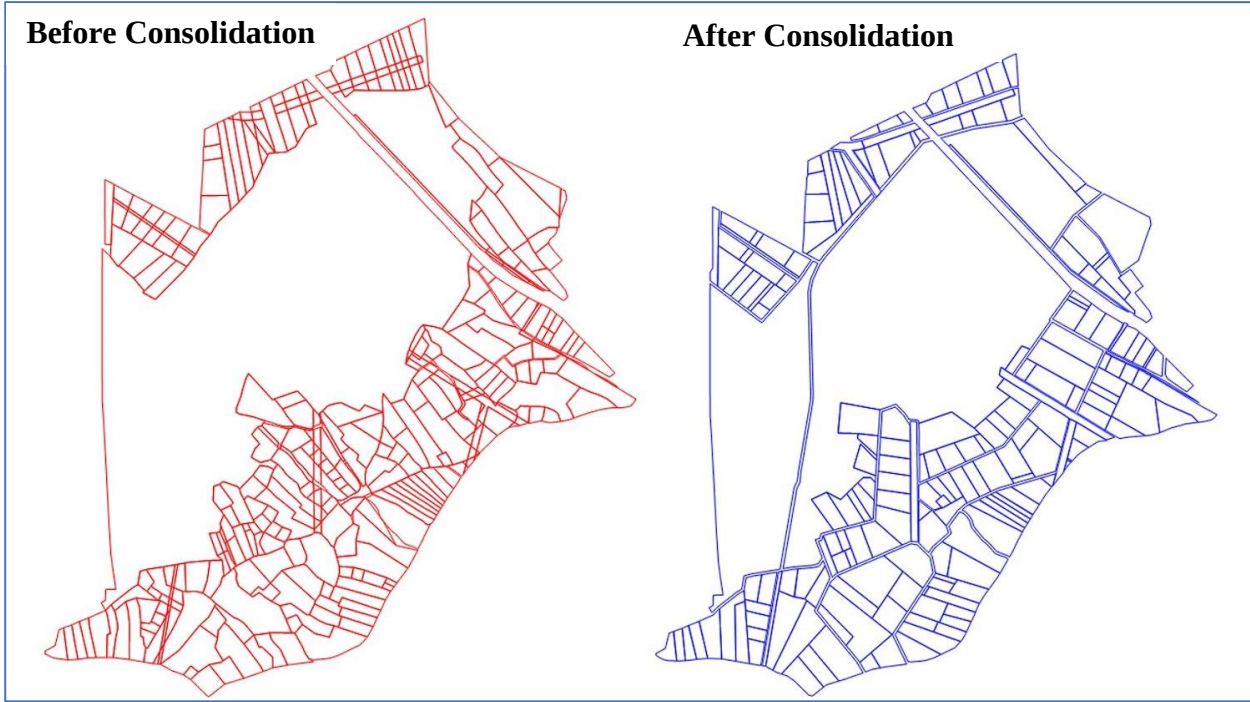


Figure 3. Hisarardı village land consolidation project old and new situation
Şekil 3. Hisarardı köyü arazi toplulaştırma projesi eski ve yeni durum

As illustrated in Table 4, an area totalling 2,201,699.03m² in Hisarardı Village has undergone land consolidation. The area remaining outside the regulation is only 417.84m², and almost the entire application area has been included in the regulation. The total surface area of the block is 2,120,915.42m², and 201 new parcels have been created in 37 blocks. The region is comprised of 363 cadastral parcels

and 425 owners. The range of parcel sizes is from 27.00 m² to 922,332.11 m². Old Average Parcel Size was calculated to be 6.07 decare. New Average Parcel Size was calculated to be 10.55 decare. The data demonstrate that the parcel structure has been simplified through consolidation, resulting in the successful formation of blocks.

Table 4. Some information about Hisarardı village land consolidation areas
Tablo 4. Hisarardı köyü arazi toplulaştırma alanları hakkında bazı bilgiler

Qualifications	Values
Area Subject to Regulation	2,201,699.03 m ²
Non-Regulated Area	417.84 m ²
Block Surface Area	2,120,915.42 m ²
Total Number of Cadastre Parcels	363
Total Number of Owners	425
Total Number of Blocks	37
Total Number of Parcels in Block	201
Minimum Cadastral Parcel Size	27.00 m ²
Maximum Cadastral Parcel Size	922,332.11 m ²
Old Average Parcel Size (da)	6.07 da.
New Average Parcel Size (da)	10.55 da.

As illustrated in Figure 4, the situation prior to and subsequent to the land consolidation work in Karapınar village is depicted. It has been observed that parcels which

were irregular and lacked road frontage prior to consolidation subsequently became regular and possessed road frontage post-consolidation.



Figure 4. Karapınar village land consolidation project old and new situation

Şekil 4. Karapınar köyü arazi toplulaştırma projesi eski ve yeni durum

As demonstrated in Table 5, an area measuring 8,438,992.15m² was subject to regulation as part of the land consolidation initiative implemented in Karapınar Village. However, a comparatively diminutive area of 14,008.76m² was excluded from the aforementioned regulatory framework. The total block area was determined to be 8,192,044.22m², and 585 intra-block parcels were created within 81 blocks. The application area

encompasses 817 cadastral parcels and 1,469 owners. The area of these parcels varies between 39.00 m² and 249,000.00 m². Old Average Parcel Size was calculated to be 10.35 decare. New Average Parcel Size was calculated to be 14.00 decare. The data presented herein demonstrate that the ownership structure in the area is characterised by significant fragmentation, and that substantial block formation has been attained through consolidation.

Table 5. Some information about Karapınar village land consolidation areas

Tablo 5. Karapınar köyü arazi toplulaştırma alanları hakkında bazı bilgiler

Qualifications	Values
Area Subject to Regulation	8,438,992.15 m ²
Non-Regulated Area	14,008.76 m ²
Block Surface Area	8,192,044.22 m ²
Total Number of Cadastre Parcels	817
Total Number of Owners	1469
Total Number of Blocks	81
Total Number of Parcels in Block	585
Minimum Cadastral Parsel Size	39.00 m ²
Maximum Cadastral Parcel Size	249,000.00 m ²
Old Average Parcel Size (da)	10.35 da.
New Average Parcel Size (da)	14.00 da.

As illustrated in Figure 5, the situation prior to and subsequent to the land consolidation work in Kargalı village is depicted. It has been observed that parcels which

were irregular and lacked road frontage prior to consolidation subsequently became regular and possessed road frontage post-consolidation.

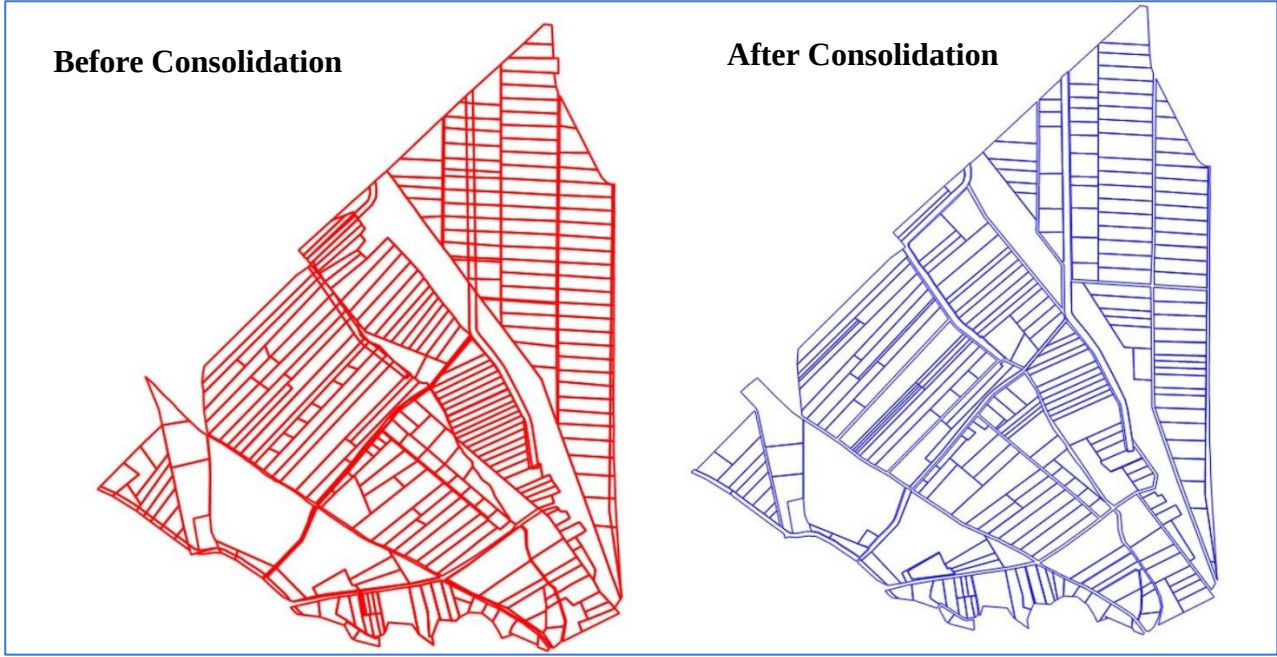


Figure 5. Kargalı village land consolidation project old and new situation
Şekil 5. Kargalı köyü arazi toplulaştırma projesi eski ve yeni durum

As demonstrated in Table 6, an area measuring 2,439,206.16m² was subject to regulation within the scope of land consolidation in Kargalı Village. The area remaining outside the regulation is quite limited, at 886.88m². The total surface area of the blocks was determined to be 2,352,851.61m², and 277 new parcels were created within 33 blocks. The application area

encompasses 392 cadastral parcels and 476 owners. The range of parcel sizes is from 35.00 m² to 106,963.84 m². Old Average Parcel Size was calculated to be 6.22 decare. New Average Parcel Size was calculated to be 8.49 decare. The data demonstrate that the parcel structure was simplified and that block formation was largely achieved as a result of consolidation in Kargalı Village.

Table 6. Some information about Kargalı village land consolidation areas
Tablo 6. Kargalı köyü arazi toplulaştırma alanları hakkında bazı bilgiler

Qualifications	Values
Area Subject to Regulation	2,439,206.16 m ²
Non-Regulated Area	886.88 m ²
Block Surface Area	2,352,851.61 m ²
Total Number of Cadastre Parcels	392
Total Number of Owners	476
Total Number of Blocks	33
Total Number of Parcels in Block	277
Minimum Cadastral Parsel Size	35.00 m ²
Maximum Cadastral Parcel Size	106,963.84 m ²
Old Average Parcel Size (da)	6.22 da.
New Average Parcel Size (da)	8.49 da.

As illustrated in Figure 6, the situation has been examined prior to and following the completion of the land consolidation work in the Konak neighbourhood. It is

evident that the parcels that were irregular and lacked road frontage prior to consolidation subsequently became regular and possessed road frontage post-consolidation.



Figure 6. Konak neighborhood land consolidation project old and new situation

Şekil 6. Konak mahallesi arazi toplulaştırma projesi eski ve yeni durum

As demonstrated in Table 7, the total area encompassed within the land consolidation initiative undertaken in the Konak neighbourhood amounts to 7,149,108.94m². The area remaining outside the regulation is 59,522.20m², constituting a negligible proportion of the total area. The total surface area of the block is 6,806,002.63m², and 786 intra-block parcels have been created within 89 blocks. The area is comprised of 1,270 cadastral parcels and 1667

owners. The range of parcel sizes is from 16.14 m² to 249,109.21 m². Old Average Parcel Size was calculated to be 5.68 decare. New Average Parcel Size was calculated to be 8.66 decare. The data presented herein demonstrate that the consolidation implemented in Konak Neighborhood has resulted in the establishment of a regular structure, characterised by a reduction in the number of parcels, thereby simplifying the ownership structure.

Table 7. Some information about Konak neighborhood land consolidation areas

Tablo 7. Konak mahallesi arazi toplulaştırma alanları hakkında bazı bilgiler

Qualifications	Values
Area Subject to Regulation	7,149,108.94 m ²
Non-Regulated Area	59,522.20 m ²
Block Surface Area	6,806,002.63 m ²
Total Number of Cadastre Parcels	1270
Total Number of Owners	1667
Total Number of Blocks	89
Total Number of Parcels in Block	786
Minimum Cadastral Parsel Size	16.14 m ²
Maximum Cadastral Parcel Size	249,109.21 m ²
Old Average Parcel Size (da)	5.68 da.
New Average Parcel Size (da)	8.66 da.

As illustrated in Figure 7, the situation prior to and subsequent to the land consolidation work for Sorkun village is depicted. It is evident that the irregular parcels

lacking road frontage prior to consolidation underwent a transformation into a regular configuration with road frontage following the process of consolidation



Figure 7. Sorkun village land consolidation project old and new situation
Şekil 7. Sorkun köyü arazi toplulaştırma projesi eski ve yeni durum

As demonstrated in Table 8, an area measuring 6,271,352.31m² has been incorporated into the land consolidation arrangement within the jurisdiction of Sorkun Village. The area remaining outside the arrangement is quite limited, at 17,128.33m². The total surface area of the block is 5,837,125.54m², and 402 intra-block parcels have been created within 52 blocks. The application area encompasses 562 cadastral parcels and

2,082 owners. The range of parcel sizes is from 40.91 m² to 209,425.56 m². Old Average Parcel Size was calculated to be 11.16 decare. New Average Parcel Size was calculated to be 14.42 decare. This situation demonstrates that consolidation in Sorkun Village contributes to both the simplification of the fragmented ownership structure and the creation of large-scale parcel.

Table 8. Some information about Sorkun village land consolidation areas
Tablo 8. Sorkun köyü arazi toplulaştırma alanları hakkında bazı bilgiler

Qualifications	Values
Area Subject to Regulation	6,271,352.31 m ²
Non-Regulated Area	17,128.33 m ²
Block Surface Area	5,837,125.54 m ²
Total Number of Cadastre Parcels	562
Total Number of Owners	2082
Total Number of Blocks	52
Total Number of Parcels in Block	402
Minimum Cadastral Parsel Size	40.91 m ²
Maximum Cadastral Parcel Size	209,425.56 m ²
Old Average Parcel Size (da)	11.16 da.
New Average Parcel Size (da)	14.42 da.

As illustrated in Figure 8, the situation prior to and subsequent to the land consolidation work in the Ulucami neighbourhood is depicted. It is evident that the irregular

parcels lacking road frontage prior to consolidation underwent a transformation, becoming regular and acquiring road frontage post-consolidation.

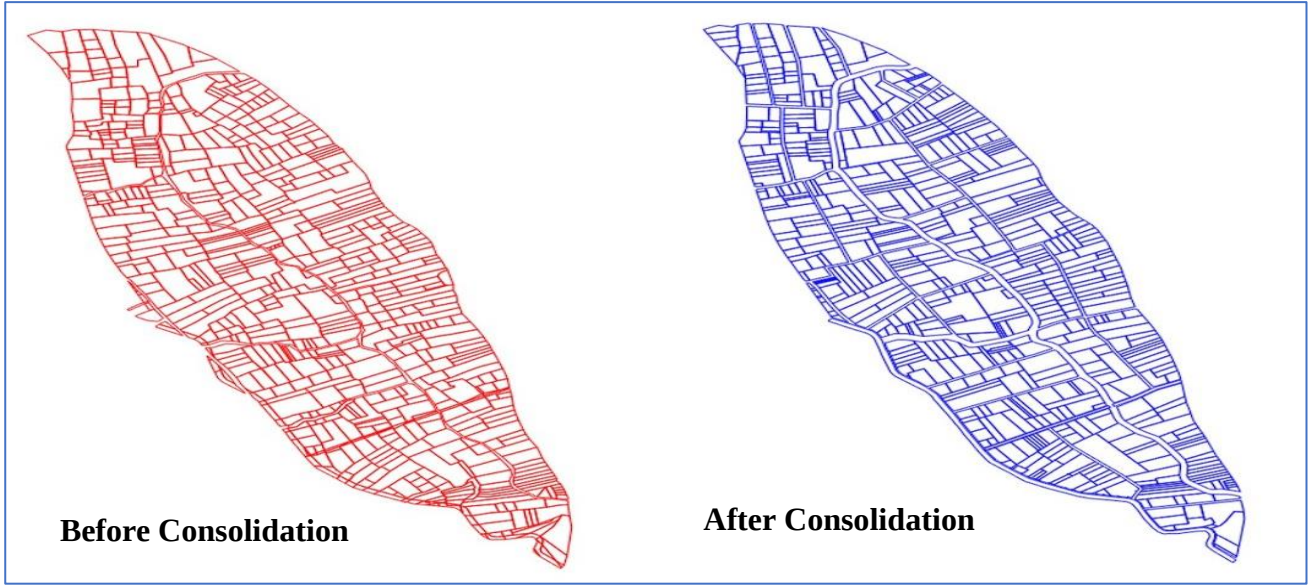


Figure 8. Ulucami neighborhood land consolidation project old and new status

Şekil 8. Ulucami mahallesi arazi toplulaştırma projesi eski ve yeni durumu

As demonstrated in Table 9, the total area of 1,269,037.79m² has been incorporated within the regulatory framework for land consolidation in the Ulucami neighbourhood. In this respect, no area is outside the scope of regulation. The surface area of the block is 1,174,162.74m². The cadastral parcels within the district total 689, and the number of owners is 774. The creation of 595 intra-block parcels was undertaken in 33 blocks. The

range of parcel sizes is from 8.53m² to 12,085.91m². Old Average Parcel Size was calculated to be 1.84 decare. New Average Parcel Size was calculated to be 1.97 decare. The data demonstrate that the parcel structure in Ulucami neighbourhood is characterised by small-scale and dense ownership, and that efforts are being made to make this structure more orderly through consolidation.

Table 9. Some information about land consolidation areas in Ulucami neighborhood

Tablo 9. Ulucami mahallesindeki arazi toplulaştırma alanları hakkında bazı bilgiler

Qualifications	Values
Area Subject to Regulation	1,269,037.79 m ²
Non-Regulated Area	0.00 m ²
Block Surface Area	1,174,162.74 m ²
Total Number of Cadastre Parcels	689
Total Number of Owners	774
Total Number of Blocks	33
Total Number of Parcels in Block	595
Minimum Cadastral Parsel Size	8.53 m ²
Maximum Cadastral Parcel Size	12,085.91 m ²
Old Average Parcel Size (da)	1.84 da.
New Average Parcel Size (da)	1.97 da.

As illustrated in Figure 9, the situation prior to and subsequent to the land consolidation work in Uylupınar village is depicted. It has been observed that parcels that

were irregular and lacked frontage to the road prior to consolidation subsequently became regular and possessed frontage to the road post-consolidation.

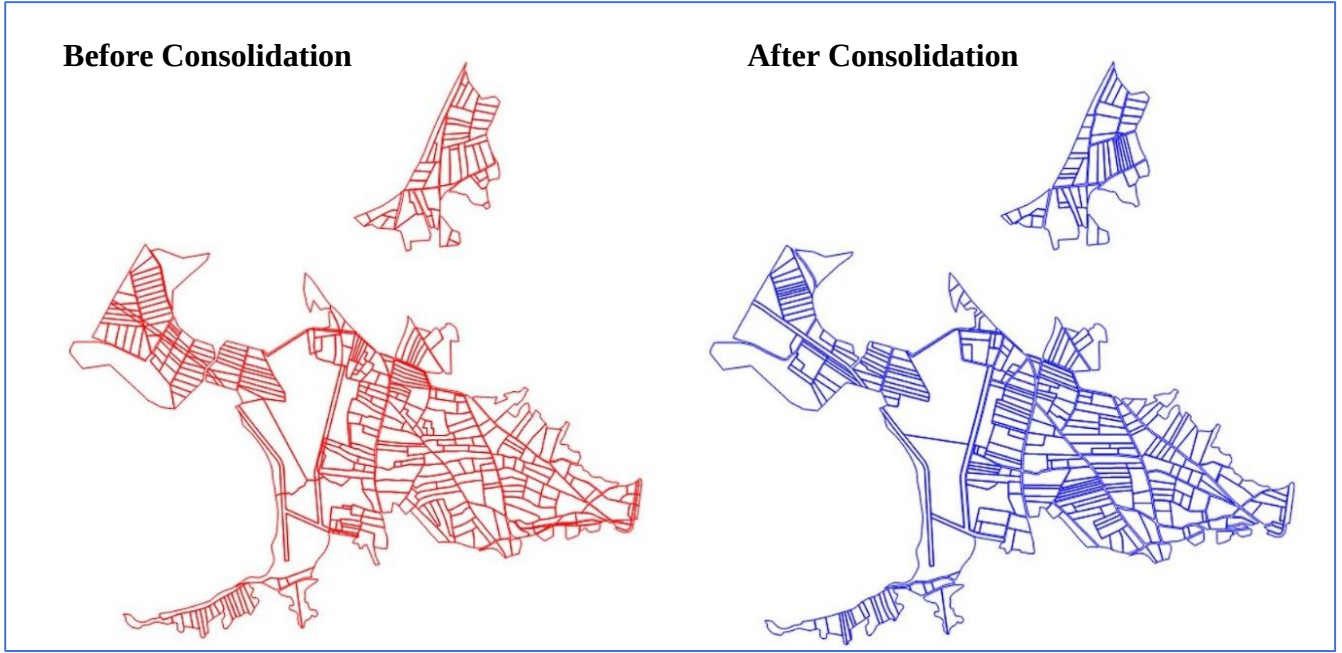


Figure 9. Uylupınar village land consolidation project old and new situation
Şekil 9. Uylupınar köyü arazi toplulaştırma projesi eski ve yeni durum

As demonstrated in Table 10, the total area of 3,233,327.59m² has been incorporated within the scope of the land consolidation initiative undertaken in Uylupınar Village. It is noteworthy that no extraneous area falls outside the purview of this regulation. The total block area is 3,098,217.92m², and 356 intra-block parcels have been created in 62 blocks. The area is made up of 426 cadastral

parcels and 832 owners in total. The area of these parcels varies between 71.00 m² and 228,708.00 m². Old Average Parcel Size was calculated to be 7.61 decare. New Average Parcel Size was calculated to be 8.73 decare. The analysis of the data indicates that the parcel structure in the village has become more regular with consolidation.

Table 10. Some information about Uylupınar village land consolidation areas
Tablo 10. Uylupınar köyü arazi toplulaştırma alanları hakkında bazı bilgiler

Qualifications	Values
Area Subject to Regulation	3,233,327.59 m ²
Non-Regulated Area	0.00 m ²
Block Surface Area	3,098,217.92 m ²
Total Number of Cadastre Parcels	426
Total Number of Owners	832
Total Number of Blocks	62
Total Number of Parcels in Block	356
Minimum Cadastral Parcel Size	71.00 m ²
Maximum Cadastral Parcel Size	228,708.00 m ²
Old Average Parcel Size (da)	7.61 da.
New Average Parcel Size (da)	8.73 da.

As illustrated in Figure 10, the situation prior to and subsequent to the land consolidation work in Yamadı village is depicted. It has been observed that parcels which

were irregular and lacked road frontage prior to consolidation subsequently became regular and possessed road frontage post-consolidation.

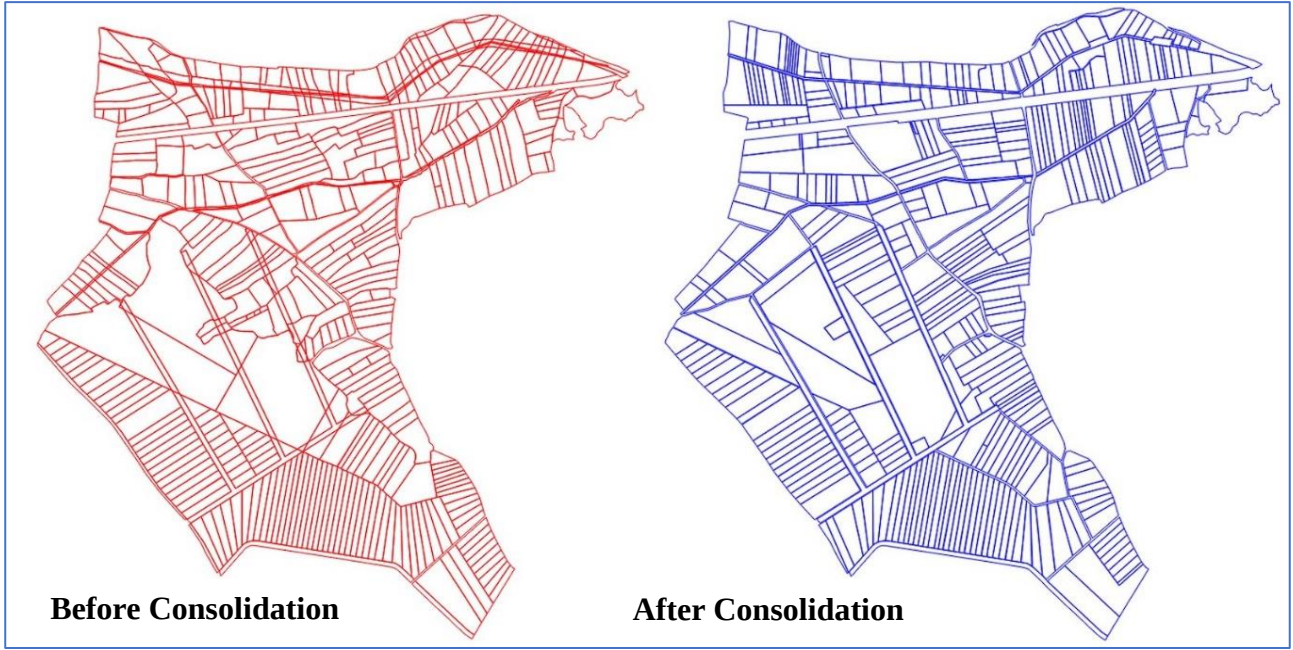


Figure 10. Yamadı village land consolidation project old and new situation
Şekil 10. Yamadı köyü arazi toplulaştırma projesi eski ve yeni durum

As demonstrated in Table 11, the total area encompassed within the land consolidation arrangement in Yamadı Village was 4,509,596.68m², with a residual area of 2,857.09m² remaining outside the scope of the arrangement. The surface area of the block is 4,341,203.99m². The area is comprised of 616 cadastral parcels and 1,255 owners, with 424 intra-block parcels having been created within 39 blocks. The range of parcel sizes is from 27.08 m² to 159,099.24 m². Old Average

Parcel Size was calculated to be 7.33 decare. New Average Parcel Size was calculated to be 10.24 decare. The analysis of the data indicates that the process of land consolidation in Yamadı Village has two primary outcomes. Firstly, it leads to the organisation of the parcel structure, and secondly, it results in the creation of larger and more complete parcels. This is achieved despite the high density of owners.

Table 11. Some information about land consolidation areas of Yamadı village
Tablo 11. Yamadı köyü arazi toplulaştırma alanları hakkında bazı bilgiler

Qualifications	Values
Area Subject to Regulation	4,509,596.68 m ²
Non-Regulated Area	2,857.09 m ²
Block Surface Area	4,341,203.99 m ²
Total Number of Cadastre Parcels	616
Total Number of Owners	1255
Total Number of Blocks	39
Total Number of Parcels in Block	424
Minimum Cadastral Parcel Size	27.08 m ²
Maximum Cadastral Parcel Size	159,099.24 m ²
Old Average Parcel Size (da)	7.33 da.
New Average Parcel Size (da)	10.24 da.

As illustrated in Figure 11, a comparative analysis is presented of the number of parcels in various settlements both prior to and following the process of land consolidation. A decline in the number of new parcels in all settlements compared to the previous period is evident. This phenomenon exemplifies the process of merging

existing parcels to create larger, more regular new parcels. A substantial decline has been observed in the number of parcels, particularly in densely populated areas such as Armutlu and Çeşme. The number of parcels in Armutlu has been reduced from approximately 2750 to around 1700 in the new situation. A similar phenomenon was observed in

Çeşme, where the number of parcels decreased from approximately 1700 to 950. Analogous declines have been documented in other settlements.

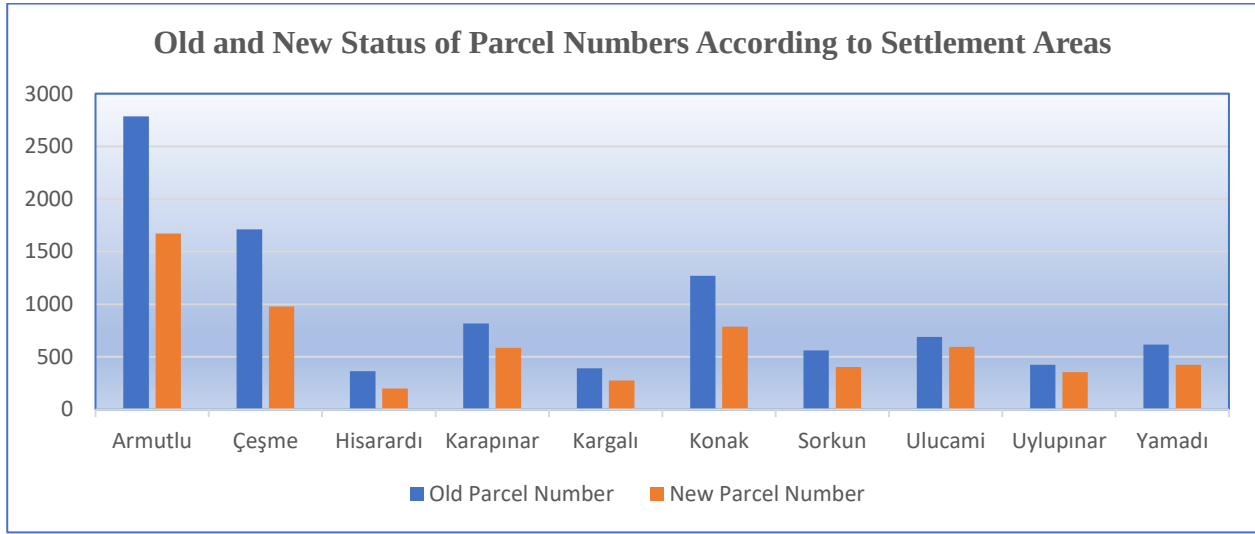


Figure 11. Old and new status of parcel numbers according to settlement areas

Şekil 11. Yerleşim alanlarına göre parsel sayılarının eski ve yeni durumu

As illustrated in Figure 12, the loss rates resulting from land consolidation practices in rural settlements are presented comparatively. The loss rate is defined as the ratio of the area allocated for public infrastructure services, including roads, canals and drainage systems, during consolidation operations to the total area. This rate is a significant indicator in terms of meeting the infrastructure needs in rural areas.

The data indicates that the Ulucami neighbourhood has the highest casualty rate, with 7.61% of casualties occurring there. The Armutlu neighbourhood is in second place, with 5.69% of respondents identifying it as their neighbourhood of residence. The third most popular neighbourhood is Konak, with 5.11% of respondents identifying it as their

neighbourhood of residence. This situation demonstrates that more space is allocated for agricultural infrastructure services in these settlements and that more intensive arrangements are made in these areas. The lowest rate of fatalities is observed in Karapınar Village, with a rate of 3.14%.

It is evident that the loss rates typically range from 3% to 8%. However, it should be noted that these rates are subject to variation in accordance with local requirements, the existing road infrastructure, and the dimensions of parcels involved in consolidation operations. Maintaining these loss rates at the current levels is indicative of a balanced application with regard to both the sustainability of public services and the protection of farmers' property rights.

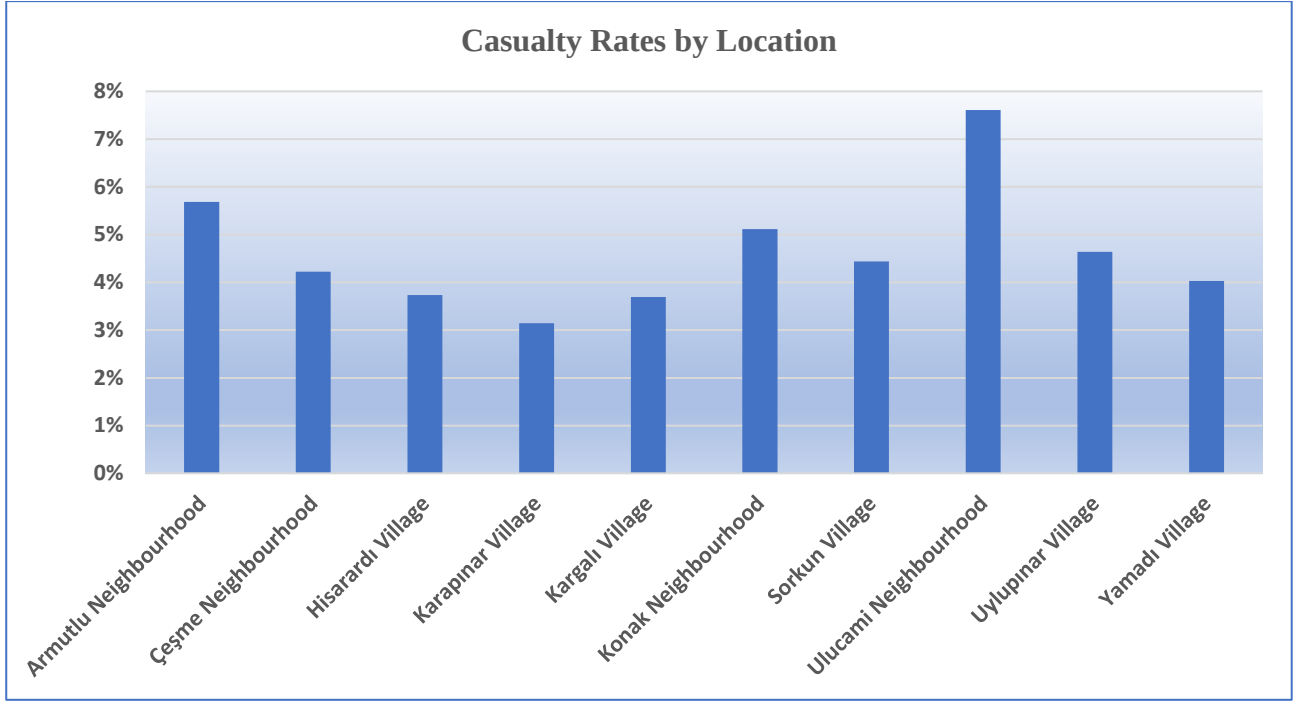


Figure 12. Casualty rates by settlement

Şekil 12. Yerleşim yerine göre zayıat oranları

As illustrated in Figure 13, the comparative analysis of rural land consolidation rates carried out by settlements is presented. The consolidation rate is indicative of the proportion of total agricultural land in a given settlement that has been subjected to consolidation. This rate is indicative of both the width of the physical application area and the magnitude of the consolidation need in that region. As indicated by the data, the most significant consolidation rate is observed in Hisarardı Village, with a percentage of 44.63%. The following neighbourhoods were identified as having the highest concentrations of the target demographic: Çeşme (42.87%) and Armutlu (40.04%). The high consolidation rates observed in Hisarardı Village, Çeşme and Armutlu neighborhoods indicate that the parcel

structure in these regions is dispersed, thereby underscoring the necessity for regulatory measures.

It is evident that consolidation rates are relatively low in settlements such as Ulucami Neighborhood (13.64%) and Uylupınar Village (16.67%). This suggests that either the requirement for consolidation is more limited in these areas, or the physical and property conditions are not conducive to the implementation of consolidation.

A general evaluation of the data reveals that the consolidation rates range from 14% to 45%. The aforementioned discrepancy is influenced by a multitude of factors, including the topographic configuration of the settlements, the status of property, the extant dimensions of parcels, and the demands of farmers.

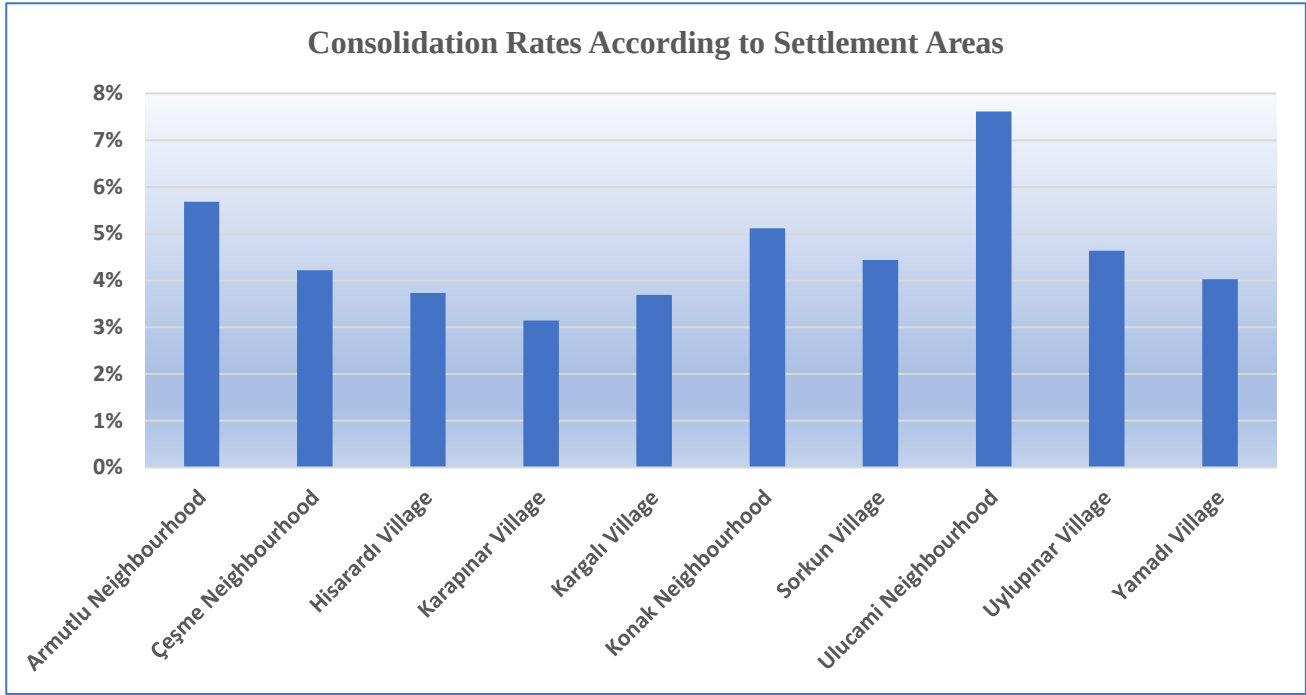


Figure 13. Consolidation rates according to settlement areas
Şekil 13. Yerleşim alanlarına göre toplulaştırma oranları

As illustrated in Figure 14, the study presents a comparative analysis of the mean values of parcel sizes prior to and following land consolidation works in the designated settlements. It is evident from the data that has been collected that the mean size of the new parcels in all settlements has increased in comparison with the mean size of the old parcels. This situation indicates that the land consolidation project has been successful in achieving its objective, thereby enabling a more efficient utilisation of land units.

Sorkun Village and Karapınar Village are distinguished by their notably large average parcel size. An increase of 3.26 decare and 3.65 decare was observed in these settlements, respectively. Concurrently, substantial increases were

identified in the Çeşme neighbourhood, Hisarardı village and Yamadı village. Conversely, the increase in parcel size in Armutlu and Ulucami neighbourhoods was comparatively less pronounced in comparison to other settlements.

The findings indicate that substantial progress has been made in the development of larger and more economically viable parcel structures, particularly through the integration of small and fragmented parcels. It is evident that increases in parcel size have a positive effect on agricultural production potential. This is due to the fact that such increases facilitate the use of machinery and reduce production costs.

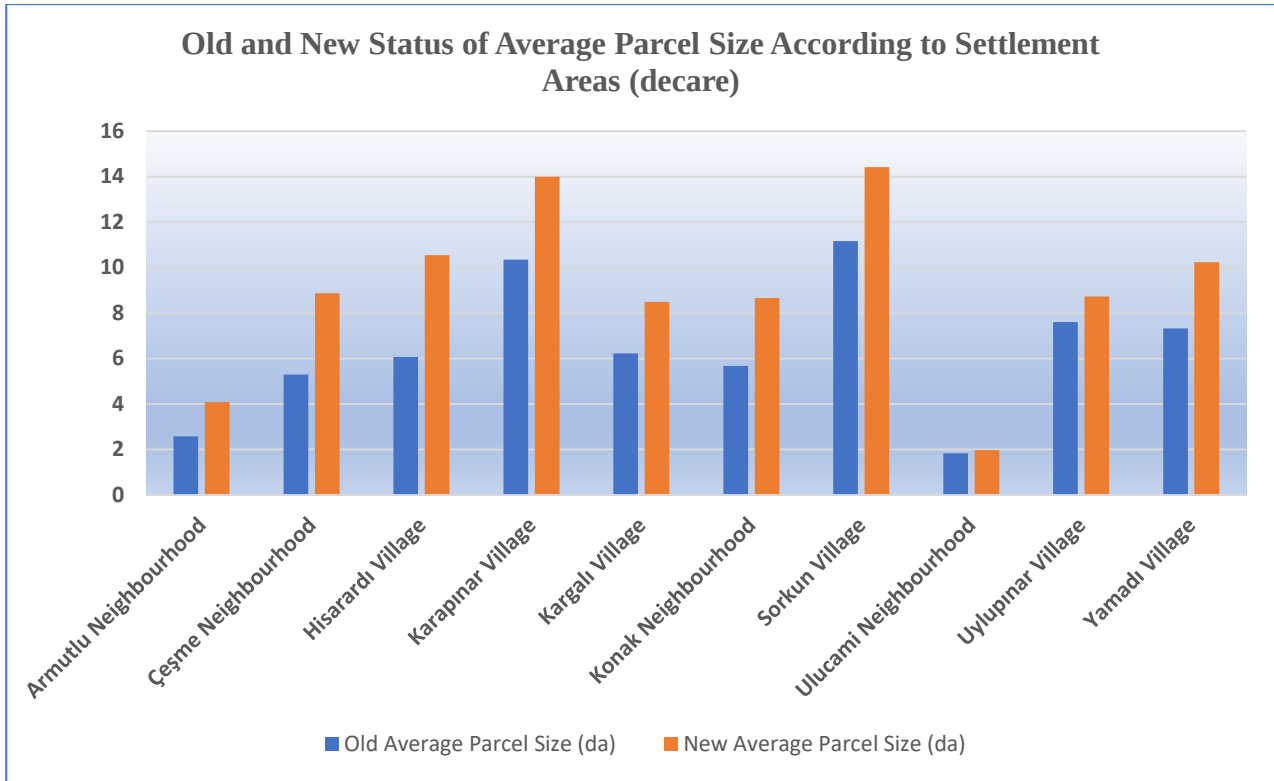


Figure 14. Old and new status of average parcel size according to settlement areas

Şekil 14. Yerleşim alanlarına göre ortalama parsel büyüklüğünün eski ve yeni durumu

3. Results and Discussion

The present study is an evaluative one, in which the effects of land consolidation projects carried out in the Gölhisar district of Burdur province are analysed. In the context of the research project, an analysis was conducted to assess the success level of consolidation applications. The analysis drew upon various indicators, including parcel numbers, parcel sizes, consolidation rates, and loss rates, to provide a comprehensive evaluation of the effectiveness of the consolidation process.

The findings indicate a decline in the number of parcels in all settlements examined, consequent to land consolidation, whilst the average parcel size has increased. This finding indicates that one of the primary objectives of consolidation practices, namely the simplification of ownership structures and the enhancement of agricultural enterprises' effectiveness, has been predominantly accomplished.

In settlements such as Sorkun Village and Karapınar Village, average parcel sizes have increased by 3.26 decare and 3.65 decare, respectively. The adoption of these sizes is conducive to the utilisation of machinery in agricultural activities, thereby reducing operating costs. Concurrently, substantial growth has been documented in Çeşme Neighbourhood, Hisarardı Village and Yamancı Village. Conversely, an increase of merely 0.13 decare in the mean area of land in Ulucami neighbourhood has been observed, suggesting that the repercussions of the application have been rather negligible.

Following a thorough evaluation of the loss rates, it was determined that these rates exhibited variation across all application areas, ranging from 3% to 8%. The highest loss rate of 7.61% was recorded in Ulucami neighbourhood, while the lowest loss rate of 3.14% was recorded in Karapınar Village. The observed rates indicate that the areas designated for public services (e.g. roads, irrigation channels, drainage) during consolidation remained within acceptable limits.

The highest rate of consolidation was observed in Hisarardı Village, with 44.63%, followed by Çeşme Neighbourhood (42.87%) and Armutlu Neighbourhood (40.04%). This situation demonstrates that the dispersed ownership structure in these regions has recovered significantly. Conversely, the consolidation rate remained relatively low in settlements such as Uylupınar Village (16.67%) and Ulucami Neighbourhood (13.64%). The aforementioned disparities are influenced by factors such as the topographic configuration of the settlements, property density, and user demands.

Tanrıvermiş et al. (2022) in their study, which focused on the analysis of land consolidation works from social and economic perspectives, the researchers asserted that the mean parcel size in Tatlıcak Village was 15.62 decare prior to the implementation of the land consolidation project. However, this figure increased to 23.61 decare following the execution of the project, while the mean number of parcels decreased from 648 to 416.

A general evaluation of the land consolidation projects reveals that they have resulted in a simplification of parcel structures, a realignment of property boundaries, and the

creation of optimal conditions for physical infrastructure (e.g. roads, canals). These developments have contributed to enhancing agricultural productivity. Consequently, substantial contributions have been made not only to agricultural production but also to enhancing the quality of life in rural areas. However, the presence of low-rate and limited-impact practices in select settlements suggests the necessity for a more thorough analysis of regional needs.

4. Conclusion

The objective of this research was to examine the structural effects of land consolidation projects implemented in various villages and neighbourhoods of Gölhisar district of Burdur province. The positive outcomes observed in all settlements pertained to the reduction in the number of parcels and the increase in the average parcel size. These outcomes are considered the primary objectives of land consolidation. This situation demonstrates that the fragmented and scattered ownership structure has been rendered more orderly, and the lands have become more efficiently usable.

The study revealed significant increases in parcel sizes, particularly in settlements such as Sorkun, Karapınar, Hisarardı and Çeşme. Concurrently, the integrity of production areas was ensured. These increases facilitate more systematic and efficient agricultural activities, as well as the development of irrigation and transportation infrastructure. In certain settlements, such as Ulucami and Uylupınar, the observation that consolidation rates remain low and the increase in average parcel size is limited indicates that the application has not achieved uniform success across all areas.

It is evident that the loss rates that occurred during the consolidation process generally remained within acceptable limits. The range of these rates was from 3% to 8%, suggesting a conscientious effort to safeguard private property rights while establishing the necessary areas for public services.

The findings of this study demonstrate that land consolidation projects extend beyond mere parcel arrangements, serving as a pivotal practice that fosters rural development. Consequently, land consolidation projects should not be regarded as merely a technical arrangement; rather, they should be considered a comprehensive development tool that increases productivity in agriculture, reduces costs, improves infrastructure in rural areas and facilitates people's lives.

In future land consolidation studies, it is of great importance to carefully examine the specific conditions of each region. Factors such as land structure, property status and socio-economic conditions have been demonstrated to have a direct impact on the success of consolidation plans. It is therefore recommended that farmers and landowners be involved in the process, and that their views and needs be taken into account in the implementation.

It is imperative to expand the scope of consolidation processes beyond mere parcel arrangements, integrating them with strategic investments in rural infrastructure. The integration of infrastructure components, such as roads, irrigation systems, and drainage networks, in conjunction with consolidation, has been demonstrated to enhance agricultural productivity and facilitate the enhancement of local communities' wellbeing.

Furthermore, it is imperative to meticulously monitor the repercussions of the process post-implementation. Indicators such as changes in agricultural production, reductions in costs and farmers' satisfaction levels should be monitored and evaluated regularly. This approach will ensure the consolidation of benefits, thereby making them permanent.

The most successful example of land consolidation was carried out in Hisarardı Village. The highest consolidation rate of 44.63% was achieved in this settlement, while the loss rate remained at a low level of 3.73%. Furthermore, the mean parcel size exhibited an increase from 6.07 decares to 10.55 decares. The data presented indicates that the consolidation work in Hisarardı Village is noteworthy in terms of its efficiency and the effectiveness of its implementation.

Conflict of Interest

The author declared that there is no conflict of interest.

5. References

- Akdeniz, H. B., İnam, Ş., & Çay, T. (2023). Türkiye’de uygulanmış arazi toplulaştırma projelerinin kırsal kalkınmaya etkisi bakımından değerlendirilmesi. *COMU Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(1), 18-30. <http://doi.org/10.33202/comuagri.1232016>
- Arslan, F., & Değirmenci, H. (2024). Arazi toplulaştırma projelerinde yol ve parsel yoğunluklarının incelenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(3), 705-721. <http://doi.org/10.33462/jotaf.1344153>
- Boonchom, W., Piewthongngam, K., Polpinit, P., & Chatavithree, P. (2017). Land consolidation of small-scale farms in preparation for a cane harvester. *Computers and Electronics in Agriculture*, 142, 59-69. <http://doi.org/10.1016/j.compag.2017.08.019>
- Çay, T., & Satılmış, R. Y. (2020). Arazi Toplulaştırma projelerinin ekonomik analizi: Üçhüyük Mahallesi, Çumra-Konya-Türkiye örneği. *Geomatik*, 5(2), 112-119. <https://doi.org/10.29128/geomatik.58153>
- Çay, T., & Satılmış, R. Y. (2024). Economic analysis of land consolidation project: Kızılcabölük neighborhood, Tavas-Denizli-Turkey Province. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 9(3), 334-344. <https://doi.org/10.26833/ijeg.1429522>
- Eğilmez, S., & Kaman, H. (2022). Arazi toplulaştırmasının sulama altyapısı açısından incelenmesi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 37(2), 171-178. <https://doi.org/doi:10.36846/CJAFS.2022.85>
- Ertunç, E. (2021). Arazi toplulaştırma projelerinde parsel şekil değişiminin nicel değerlendirmesi: Konya ili Çumra ilçesi Abditolu mahallesi örneği. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(1), 1-10. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.691249>
- Ertunç, E., & Janus, J. (2021). Arazi toplulaştırma projelerinin arazi parçalanma değişimine etkisi: Türkiye ve Polonya örneği. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(1), 226-234. <https://doi.org/10.30910/turkjans.775227>
- İnceyol, Y. (2024). Arazi toplulaştırma çalışmalarında blok dağıtımı için interaktif tercih yöntemi önerisi: Kayaönü Köyü örneği. *Geomatik*, 9(3), 323-332. <http://doi.org/10.29128/geomatik.1479694>
- İrmaklı, P. G., & Aydın, A. (2022). Arazi toplulaştırmanın tarıma ve tarımsal mekanizasyona katkısı: Çanakkale-Biga-Dereköy örneği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(3), 582-599. <https://doi.org/10.33462/jotaf.1033732>

- Köken, B., & Çay, T. (2019). Arazi toplulaştırma çalışmalarında derecelendirmenin dağıtım etkileri: Çaltı-Konya örneği. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(2), 243-257. <https://doi.org/10.30910/turkjans.557105>
- Tanrıvermiş, Y., & Seyyar, E. K. (2022). Arazi toplulaştırma çalışmalarının sosyal ve ekonomik yönden analizi: Kırıkkale İli-Delice İlçesi köy toplulaştırma çalışma örneği. *Eurasian Business & Economics Journal*, 28, 57-78. <http://doi.org/10.17740/eas.econ.2022.V28-04>
- Uyan, M., Cay, T., & Akcakaya, O. (2013). A Spatial Decision Support System design for land reallocation: A case study in Turkey. *Computers and Electronics in Agriculture*, 98, 8-16. <http://doi.org/10.1016/j.compag.2013.07.010>
- Uyan, M., Cay, T., Inceyol, Y., & Hakli, H. (2015). Comparison of designed different land reallocation models in land consolidation: A case study in Konya/Turkey. *Computers and Electronics in Agriculture*, 110, 249-258. <http://doi.org/10.1016/j.compag.2014.11.022>



Determination of Mineral Matter Changes in Leaves Taken at Different Times in Some Table Grape Varieties

Filiz Hallaç Türk¹, Nilgün Göktürk Baydar²

¹Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture – Isparta-Türkiye

²Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Biotechnology – Isparta-Türkiye

*Corresponding author: filizhallac@isparta.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi: 31/05/2025

Kabul tarihi: 25/06/2025

Anahtar Kelimeler: Grapevine, Macro minerals, micro minerals, Sampling dates

DOI: 10.55979/tjse.1710851

ABSTRACT

The mineral composition of grapevines is of great importance for the healthy development of the plant and the production of high-quality fruit. Moreover, it is known that the mineral content enhances the vine's resistance to diseases and its tolerance to cold stress. In this study, the mineral content of the leaves of six different grape cultivars (Isabella (*Vitis labrusca* L.), Barış, Italia, Tekirdağ Çekirdeksizi, Trakya İlkeren, and Yalova İncisi (*Vitis vinifera* L.)) was examined over a two-year period, with samples collected on June 15, July 15, and August 15. In this context, changes in the levels of nitrogen, potassium, phosphorus, calcium, magnesium, iron, zinc, manganese, copper, and sodium in leaf samples collected at different times were evaluated. The results revealed that the amounts of the examined macro- and micronutrients varied significantly depending on both the genotypes and the sampling dates. The findings of this study contribute to more effective nutrient management in viticulture, thereby supporting increased productivity and improved fruit quality.

Bazı Sofralık Üzüm Çeşitlerinde Farklı Dönemlerde Alınan Yapraklardaki Mineral Madde Değişimlerinin Belirlenmesi

ARTICLE INFO

Received: 31/05/2025

Accepted: 25/06/2025

Keywords: Asma, Makro mineraller, mikro mineraller, Örneklem tarihleri

DOI: 10.55979/tjse.1710851

ÖZET

Asmanın mineral bileşimi, bitkinin sağlıklı gelişimi ve kaliteli meyve üretimi açısından büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, mineral içeriğinin asmanın hastalıklara karşı direncini ve soğuk stresine karşı dayanıklılığını artırdığı da bilinmektedir. Bu çalışmada, altı farklı üzüm çeşidinin (Isabella (*Vitis labrusca* L.), Barış, Italia, Tekirdağ Çekirdeksizi, Trakya İlkeren ve Yalova İncisi (*Vitis vinifera* L.)) yapraklarındaki mineral madde miktarları, 15 Haziran, 15 Temmuz ve 15 Ağustos tarihlerinde olmak üzere iki yıl boyunca incelenmiştir. Bu kapsamda, farklı dönemlerde alınan yaprak örneklerinde azot, potasyum, fosfor, kalsiyum, magnezyum, demir, çinko, mangan, bakır ve sodyum miktarlarındaki değişimler değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda, incelenen makro ve mikro minerallerin miktarlarının hem genotiplere hem de örneklem tarihlerine bağlı olarak önemli farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, asma yetiştiriciliğinde besin elementi yönetiminin daha etkin planlanmasına olanak sağlayarak, verimliliğin ve ürün kalitesinin artırılmasına katkı sunmaktadır.

1. Introduction

The mineral composition of the soil has been demonstrated to have a direct impact on both the yield and the quality of the grapes. It is evident that macro- and microelements play a pivotal role in the general physiology of vines, as well as in the quality of the grapes and wine produced. The specific role played by each of these nutrients is well understood (Brunetto et al., 2015; James et al., 2022). The mineral nutrition of a plant is one of the various factors that influence the physiological behavior of a genotype. It is estimated that the water content of plants ranges from 70% to 95%, with the remaining percentage being accounted for by minerals, which comprise a mere 1% of the plant. Nevertheless, the mineral composition of grapevines is of considerable importance, given its effect on vitality, photosynthesis, cell wall growth and fruit set (Keller et al., 2003; Fernandes et al., 2013; Rogiers et al., 2020).

Furthermore, it has been demonstrated to affect the resistance of diseases (Bavaresco & Einbach, 1987;

Marcianò et al., 2023) and cold hardiness (Wample et al., 1993; Nojavan et al., 2020).

Vines continuously absorb various mineral nutrients from their environment in order to sustain their growth and development. As the growth period progresses, the types and amounts of nutrients in different organs show distinct differences (Karl et al., 2023). The demand for plant minerals is subject to variation depending on the different physiological stages of the grapevine (Christensen, 1969). It is evident that the mineral composition of grapevines is subject to variation according to the sampling dates (Pradubsuk et al., 2010; Brunetto et al., 2015). While the mineral uptake capacity of the grapevine can increase shortly after bud break, most mineral uptake from soil has most often been found between bloom and veraison (Bates et al., 2002; Chen et al., 2025).

The macronutrients, nitrogen (N), potassium (K) and phosphorus (P) play a key role in grapevine nutrition and are the three primary mineral nutrients whose absorption varies significantly across different growth stages

(Brunetto et al., 2020). However, trace elements such as iron (Fe), manganese (Mn), copper (Cu), zinc (Zn), and boron (B) also play an important role in grapevine growth. Deficiencies in mineral nutrients, particularly those required by grapevines, strongly affect plant metabolism and consequently have negative effects on plant growth, yield, and the nutritional and organoleptic quality of agricultural products (Cug et al., 2020; James et al., 2022). For this reason, fertilization management is of vital importance to vine-growers, with recommendations often based on leaf and stem diagnostics (Romero et al., 2010). In the preceding thirty years, several significant studies were conducted to ascertain the seasonal mineral requirements of field-grown grapevines and to quantify the partitioning of minerals (Christensen, 1984; Peacock et al., 1991; Peuke, 2009; Pradubsuk et al., 2010). The majority of studies have concentrated on macro elements, including N, P and K (Bates et al., 2002; Domagala-Swiatkiewicz & Gastol, 2013; Rustioni et al., 2015; Stefanello et al., 2023).

This study aimed to examine the composition of macro and micro minerals present in the leaves of six table grapes collected at three distinct sampling dates under Tekirdağ conditions. The study is also important in providing a better understanding of the mineral dynamics in grapevine leaves at different phenological stages and in establishing a roadmap for optimizing fertilization management in grapevines.

2. Materials and Methods

The field experiment was conducted using *Vitis labrusca* L. cv. Isabella and *Vitis vinifera* L., cvs. In 2005 and 2006, grapevines of the Barış, Italia, Tekirdağ Çekirdeksizi, Trakya Ilkeren, and Yalova Incisi varieties were grafted on Kober 5 BB rootstock. These vines were propagated from a vineyard planted in 1990 at the Viticulture Research Station in Tekirdağ, Turkey. The grapevines were trained in a bilateral cordon configuration, with a planting density of 1.5 within rows and 3 m between rows. The experimental design employed was a randomized block design with three replications, thus giving a total of 30 vines. The soil of the vineyard was characterized by a sandy loam texture, with a pH of 7.2 and a notably low organic matter content (0.95-1.01%).

In order to ascertain the composition of the macro minerals (including Nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg) and micro minerals (including iron (Fe), zinc (Zn), manganese (Mn), copper (Cu) and sodium (Na), 15 whole, healthy leaves in each replication were collected from between the sixth and twelfth nodes from the base of the shoots at three different sampling dates (15 June, 15 July and 15 August). The leaf blades were separated, washed with tap water, and then rinsed with distilled water. Subsequently, the samples were subjected to a drying process at a

temperature of 65°C in an oven. Thereafter, they were ground through a sieve ring with a mesh size of 0.5 mm using an ultracentrifugal mill. The N content was determined by the Kjeldahl method (Bradford, 1976). The determination of P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu, and Na was performed by Inductively Coupled Plasma-Optic Emission Spectroscopy (ICP-OES). The microwave system (Milestone-Ethos plus 900) was employed for the sample preparation stage. For the digestion process, 0.5 g of powdered leaf samples (with a diameter of less than 1 mm) were transferred into Teflon beakers. A 6 ml volume of a freshly prepared mixture of HNO₃-H₂O₂ (5:1, v/v) was added to each Teflon beaker. Subsequent to the process of digestion, the volume of the sample was augmented to 25 ml with distilled water. The ICP-OES measurements were conducted using a PerkinElmer Optima 5300 DV ICP-OES instrument in accordance with the operating conditions specified in Table 1. The wavelengths utilized for the various elements are enumerated below: The following wavelengths were measured: 766.490 nm for K, 317.933 nm for Ca, 285.213 nm for Mg, 213.617 nm for P, 238.204 nm for Fe, 206.200 nm for Zn, 257.600 nm for Mn, 327.393 nm for Cu and 589.592 nm for Na. The values of detection limits were established as follows: 0.0045 mg/l for P; 0.0165 mg/l for K; 0.0228 mg/l for Ca; 0.0015 mg/l for Fe; 0.0018 mg/l for Mg; 0.0012 mg/l for Zn, Mn and Cu; 0.05 mg/l for Na. The data presented are the mean of three measurements.

Table 1. Operating conditions of the ICP-OES inductively coupled plasma-optical emission Spectrometry.

Tablo 1. ICP-OES indüktif eşleşmiş plazma-optik emisyon Spektrometresinin çalışma koşulları.

Parameter	Value
RF generator (plasma Ar-Ar)	40 MHz
RF incident power	1450 W
Viewing mode	Axial for P, Ca, Fe, Mg, Zn, Mn, Cu; radial for K, Na
Auxiliary argon flow rate	0.2 L/min
Nebulizer argon flow rate	0.55 L/min
Plasma gas flow rate	17 L/min
Sample uptake flow rate	1.5 ml/min

The collected data were then analyzed using variance analysis with mean separation using Duncan's multiple range test. Statistical significance was considered as $p \leq 0.05$. The statistical analysis was conducted using SPSS 10.0 for Windows software.

3. Results and Discussion

This study examined the impact of varying sampling dates (15 June, 15 July, and 15 August) on the mineral composition of leaf samples from six grape cultivars

(*Vitis labrusca* L. cv. Isabella and *Vitis vinifera* L. cvs.). The following conditions were determined in Tekirdağ: Barış, Italia, Tekirdağ Çekirdeksizi, Trakya İlkeren and Yalova Incisi. The concentration of macro minerals (N, P, K, Ca, Mg) and micro minerals (Fe, Mn, Zn, Cu, and Na) in leaves was determined, and the results are presented in Tables 2 and 3.

It is evident that the mineral status of the leaves exerts a direct influence on total biomass production, including the allocation of minerals to fruits. N has been demonstrated to encourage vegetative growth, exerting a significant influence on both the yield and the quality of berries (Brunetto et al., 2007). Consequently, N is considered to be one of the most significant macro minerals in plants, with its concentration exhibiting substantial variations depending on the sampling dates and the grape cultivars (Christensen, 1984). The present study presents the amounts and variations of N in the leaves collected on different sampling dates in Table 2. It was hypothesized that the genotype, in conjunction with the sampling dates, would emerge as the principal factor influencing the relative concentrations of nitrogen in the leaves. This hypothesis was tested using a one-way ANOVA, with a significance level of $p \leq 0.05$. The results of the test indicated that the genotype and the sampling dates did indeed have a significant influence on the relative

concentrations of nitrogen in the leaves ($p \leq 0.05$). An evaluation was conducted of the contents of nitrogen (N) in the leaves of various grape cultivars, with the sampling dates being a key factor in this study. The highest nitrogen contents were found to occur on 15 June and 15 July for Tekirdağ Çekirdeksizi, and on 15 June for the other cultivars (2005). In 2006, maximum N concentrations were observed in the leaves collected from 15 June for Italia, Tekirdağ Çekirdeksizi ve Yalova Incisi, while no differences were detected between 15 June and 15 July for Barış and Trakya İlkeren. However, Isabella exhibited a divergent trend with regard to the sampling dates. The most abundant N content was found in the leaves collected on 15 July in this cultivar. Christensen (1984) conducted a study on the changes in nitrate levels during the season. The results of the study indicated that nitrate levels were highest at the beginning of the season, gradually declined through the bloom and berry set stages, and then increased slightly by veraison. As Schreiner et al. (2006) also determined, the level of nitrogen (N) decreased between the harvest and leaf fall. The findings of this study indicate a general decline in the N content of grape cultivars throughout the sampling periods. This finding aligns with the results of numerous studies (Schreiner et al., 2006; Peuke, 2009; Ferrara et al., 2018).

Table 2. The contents of macro minerals in the grapevines leaves collected at different sampling dates

Tablo 2. Farklı örnekleme tarihlerinde Farklı örnekleme tarihlerinde toplanan asma yapraklarındaki makro mineral içerikleri

Mineral	Year	Sampling date	Cultivars					
			Barış	Isabella	Italia	Tekirdağ Çekirdeksiz	Trakya İlkeren	Yalova Incisi
N (%)	2005	June 15	3.53 b A*	3.54 b A	4.09 a A	3.13 c A	4.24 a A	3.56 b A
		July 15	2.94 B	2.96 B	3.03 B	3.19 A	3.07 B	3.12 B
		August 15	2.74 b B	3.07 a B	2.78 b B	2.73 b B	3.15 a B	2.97 b B
	2006	June 15	3.02 bA	2.27 c B	3.23 bA	3.32 b A	3.25 bA	3.60 a A
		July 15	3.13 abA	2.96 b A	2.37 c C	2.93 b B	3.24 a A	2.94 b B
		August 15	2.46 bB	2.31 b B	2.78 a B	2.49 b C	2.76 aB	2.45 bC
P (µg/g)	2005	June 15	0.23 e B	0.54 cA	0.94 aA	0.61 b A	0.59bc A	0.29 d A
		July 15	0.28 b A	0.21 cB	0.02 f C	0.04 eC	0.32 aB	0.09 d B
		August 15	0.03 d C	0.02 e C	0.24 a B	0.12 bB	0.05 c C	0.03 dC
	2006	June 15	0.01 c C	0.01 c	0.02 bB	0.01 c C	0.05 aC	0.01 cB
		July 15	0.18 b A	0.01 e	0.30 aA	0.10 dA	0.28 a A	0.13 c A
		August 15	0.12 a B	0.01 e	0.03 d B	0.04 cB	0.09 b B	0.13 aA
K (µg/g)	2005	June 15	8.73 aAB	7.09 bB	8.29 aB	7.19 bC	8.59 aB	7.12 bA
		July 15	9.41 aA	6.75 bB	9.90 aA	10.01 aB	9.74 aA	5.92 cB
		August 15	8.16 cB	10.01 bA	9.74 bA	11.59 aA	7.27 dC	6.38 eB
	2006	June 15	12.94 aA	8.08 cA	10.54 bA	12.03 aA	8.97 cB	8.55 cB
		July 15	10.99 bB	4.83 dB	9.40 cB	9.72 cB	11.32 aA	10.68 bA
		August 15	7.84 cC	5.13 dB	9.93 aAB	8.70 bB	9.44 abB	9.12 bB
	2005	June 15	17.87 bB	14.15 dC	19.30 bB	16.11 cB	20.28 aB	10.17 eC
		July 15	17.81 cB	26.27 aA	12.36 eC	14.43 dB	20.35 bB	16.61 cB
		August 15	21.56 bA	21.49 bB	25.34 aA	21.20 bA	22.54 bA	18.85 cA

Ca (µg/g)	2006	June 15	13.67 bC	13.70 bB	18.00 aB	13.80 bC	13.63 bC	13.18 bC
		July 15	21.22 bB	26.24 aA	20.98 bA	25.34 aA	17.24 cB	20.70 bA
		August 15	26.58 aA	27.66 aA	19.59cA	22.68 bB	24.15 bA	18.59 cB
Mg µg/g)	2005	June 15	2.17 abB	1.44 eC	2.00 bcB	2.24 a	1.94 cA	1.76 dB
		July 15	2.86aA	1.89 cB	1.81 cB	2.16 b	2.12 bA	2.86 aA
		August 15	2.26 cB	2.56 bA	2.35 bcA	2.36 bc	1.74 dB	2.82 aA
	2006	June 15	2.20 abB	1.68 dB	1.99 cB	2.32 a B	2.08 bcB	2.31 aB
		July 15	2.68 bA	2.31 cA	2.41 cA	3.16 a A	2.02 dB	3.07 aA
		August 15	2.42 cB	2.28 cA	2.48 cA	3.25 aA	2.94 bA	2.89 bA

*Same capital letters in the columns are not statistically different among the sampling dates by the Duncan test ($p < 0.05$) and same lower small letters in the columns are not statistically different among cultivars by the Duncan test ($p < 0.05$).

Furthermore, it was determined in this study that not only the timing of the sampling but also the genotypes of the plants affect the N contents of grape leaves ($p \leq 0.05$). In a similar vein, Christensen (1984) reported significant variations in mineral content among different grape cultivars.

P, a further macro mineral present in plants, is important due to its function in various metabolic processes, including photosynthesis and respiration (Lambers, 2022). In this study, the sampling date appeared to be a significant factor influencing the P concentrations of the grape cultivars ($p \leq 0.05$) (Table 2). A substantial variation was observed among grape cultivars with respect to leaf P concentrations, contingent on the designated sampling dates. It was thus demonstrated that all grape cultivars exhibited the highest leaf P contents in June 2005, with the exception of Barış, which demonstrated the highest P content in July 2005. However, analysis of the samples collected on 15 July 2006 revealed the highest levels of P in Barış, Italia, Tekirdağ Çekirdeksizi and Trakya Ilkeren. In contrast, no significant variations in P content were observed between 15 July and 15 August in Yalova Incisi. Conversely, substantial disparities were not identified among the sampling dates in Isabella.

The findings of this study on P levels in leaves are in relatively close agreement with the results of Christensen (1969) and Conradie (1981), in which a decline was observed through the bloom period, followed by a slight increase into summer. The flowering times of our grape cultivars were prior to 15 June. The monthly fluctuations in the calculated P content of each grape cultivar exhibited variations according to the year. It has been established that P is characterized by high mobility within the plant phloem (Epstein & Bloom, 2005) and that the greater remobilization of P engenders discrepancies between years (Schreiner et al., 2006).

The study demonstrated that K was also a key factor, given its essential role in grapevine growth and yield, in addition to its involvement in various plant functions. K is capable of efficient translocation throughout the grapevine and may play a role in carbohydrate transport and metabolism. K has been identified as an osmotic agent that plays a crucial role in the regulation of stomata,

which is key to the process of vine-water relations. (Mullins et al., 1992). In this study, a significant alteration in leaf K concentrations of grapevine cultivars was observed according to sampling dates ($p \leq 0.05$) (Table 2). As demonstrated in Table 2, the variable K exhibited divergent trends, not only in relation to the sample dates but also in relation to the cultivars and the years. K is a highly mobile mineral that is transported via both the xylem and phloem (Epstein & Bloom, 2005). At harvest, clusters account for 60% or more of the total K of the above ground organs (Mpelasoka et al., 2003; Romero et al., 2010). Consequently, the most probable cause of K depletion in certain grape cultivars is likely to be the translocation of this mineral from the leaves to the ripening berries.

In this study, although there were some minor exceptions, the contents of N, P and K in the leaves of the grapevines generally decreased during the season. Consequently, the decline in mineral concentration, particularly N, P, and K, observed in grape leaves throughout the vegetative cycle can be attributed to a dilution effect resulting from leaf growth and to the redistribution of minerals to other plant organs until the cycle's conclusion (Da Silva et al., 2008). The seasonal trends of N, P and K in the leaves of the grape cultivars used in this study were found to be highly analogous to the results previously reported for other cultivars, including Tempranillo (Romero et al., 2010), Pinot Noir (Schreiner et al., 2006), Pinot Noir (Schreiner & Osborne, 2020).

In the present study, the disparities in Ca and Mg as macro minerals were ascertained in relation to the temporal parameters of the sampling dates ($p \leq 0.05$). Despite minor variations attributable to cultivar and sampling date, a generalized upward trend was observed in Ca levels throughout the season, with the highest concentrations being recorded in samples collected on 15 August. It was hypothesized that the genotype, in conjunction with the sampling dates, would prove to be the significant factor influencing the relative concentrations of Mg in the leaves. In all cultivars, Mg exhibited significantly different levels in leaves collected at different times ($p \leq 0.05$). In 2005, significant fluctuations in Mg concentrations were observed. In 2006, the lowest Mg contents in the leaves were recorded in

samples collected on 15 June, followed by an increase towards 15 July and 15 August.

Ca is a nonmobile mineral, whereas Mg is a mobile mineral within the plant (Barker & Pilbeam, 2007). The increase in leaf Ca concentration over this period can be explained by the immobility of Ca in plant tissues and the absence of redistribution to other plant organs. Conversely, Mg increases are likely a consequence of reduced K competition, as evidenced by the decline in leaf K levels throughout the cycle. Consequently, Mg is hypothesised to be mobilised from old to new leaves, while Ca is predicted to accumulate in old leaves. Nevertheless, an accumulating pattern in leaves for these two minerals has been found in a wide range of grapevine cultivars, including Pinot noir (Schreiner et al., 2006) Cabernet sauvignon (Stevens, 2005) and Mencía (Cancela et al., 2018)

In this study, the effects of different sampling dates on leaf micromineral contents of grape cultivars were also determined (Table 3). The results of the study

demonstrated that the genotype and the sampling dates had a significant effect on the content of micro-elements, including Fe, Zn, Mn, Cu and Na, in the leaves ($p \leq 0.05$). The concentrations of micro minerals in the leaves were found to be lower than those of macro minerals. The observed trends were found to vary according to the micro minerals, genotypes, sampling dates, and years.

The mineral demand of grapevines is subject to change in accordance with the different stages of the physiological development, resulting in differing mineral concentrations throughout the plant (Christensen, 1969). The mineral levels exhibited by the cultivars tended to demonstrate consistency both within the season and between years. As Schreiner et al. (2006) also reported, the uptake of most macro elements was found to be closely related to canopy demand. However, concentrations of microminerals, including Fe, Mn, B, Zn, and Cu, exhibited significant variation from vine to vine, even when considering the whole vine. The foliar concentrations of Cu and Mn increased concomitantly with the vine's growth, whereas the Zn and B concentrations decreased, presumably due to the dilution effect in the plant (Da Silva et al., 2008).

Table 3. The contents of micro minerals in the grapevines leaves collected at different sampling dates
Tablo 3. Farklı örnekleme tarihlerinde toplanan asma yapraklarındaki mikro mineral içerikleri

Mineral	Year	Sampling date	Cultivars					
			Barış	Isabella	Italia	Tekirdağ çekirdeksiz	Trakya İlkeren	Yalova Incisi
Fe (µg/g)	2005	June 15	0.07 cB*	0.06 cC*	0.09 aB	0.08 b	0.08 bB	0.07 cB
		July 15	0.08 bA	0.10 aA	0.09 aB	0.08 b	0.10 aA	0.08 bA
		August 15	0.08 bA	0.08 bB	0.11 aA	0.08 b	0.09 bB	0.08 bA
	2006	June 15	0.08 d	0.22 aA	0.10 bA	0.09 c C	0.04 eC	0.08 dB
		July 15	0.08 c	0.11 aB	0.08 cB	0.12 b A	0.10 bA	0.06 dC
		August15	0.08 c	0.09 bB	0.08 cB	0.10 a B	0.08 cB	0.10 aA
Zn (µg/g)	2005	June 15	0.02 aB	0.02 aB	0.01 bC	0.02 a	0.02 aB	0.02 aB
		July 15	0.03 aA	0.03 aA	0.03 aB	0.02 b	0.03 aA	0.03 aA
		August 15	0.03 bA	0.02 cB	0.05 aA	0.02 c	0.02 cB	0.02 cB
	2006	June 15	0.03 aC	0.03 aC	0.03 aC	0.02 bB	0.02 bB	0.02 bC
		July 15	0.04 bB	0.06 aB	0.06 aA	0.03 cA	0.06 aA	0.04 bA
		August 15	0.06 bA	0.09 aA	0.04 cB	0.03 cA	0.05 bA	0.03 cB
Mn (µg/g)	2005	June 15	0.05 bA	0.04 cC	0.04 cC	0.04 c	0.06 aB	0.06 aC
		July 15	0.05 dA	0.18 aA	0.15 bA	0.04 e	0.07 cB	0.18 aA
		August 15	0.03 fB	0.06 dB	0.09 cB	0.04 c	0.10 bA	0.14 aB
	2006	June 15	0.06 cB	0.10 aC	0.08 bB	0.06 cC	0.08 bA	0.05 dA
		July 15	0.06 dB	0.16 aA	0.12 bA	0.08 cA	0.06 dC	0.04 eB
		August 15	0.10 bA	0.13 aB	0.08 cB	0.07 dB	0.07 dB	0.05 eA
Cu (µg/g)	2005	June 15	0.25 eB	0.57 cA	1.01 aA	0.66 bA	0.63 bcA	0.32 dA
		July 15	0.31 bA	0.23 cB	0.02 fC	0.05 eC	0.34 aB	0.09 dB
		August15	0.04 dC	0.02 eC	0.26 aB	0.13 bB	0.06 cC	0.04 dC
	2006	June 15	0.02 bC	0.02 bA	0.02 bB	0.01 cC	0.05 aC	0.02 bB
		July 15	0.20 bA	0.01 eB	0.32 aA	0.11 dA	0.30 aA	0.15 cA
		August 15	0.13 aB	0.01 eB	0.03 dB	0.05 cB	0.10 bB	0.14 aA
Na (µg/g)		June 15	0.01 eC	0.06 bA	0.07 aC	0.05 cC	0.02 dC	0.02 dC

	2005	July 15	0.42 bA	0.03 dB	0.50 aA	0.42 bA	0.05 cB	0.08 cB
		August 15	0.10 dB	0.07 eA	0.12 cB	0.12 cB	0.30 aA	0.23 bA
	2006	June 15	0.04 aB	0.04 aB	0.04 aB	0.03 bB	0.03 bC	0.01 cC
		July 15	0.01 dB	0.04 dB	0.57 aA	0.02 dB	0.34 bB	0.24 cB
		August 15	0.50 cA	0.64 bA	0.03 dB	0.66 bA	0.56 cA	0.90 aA

*Same capital letters in the columns are not statistically different among the sampling date by the Duncan test ($p < 0.05$) and same lower small letters in the columns are not statistically different among varieties by the Duncan test ($p < 0.05$).

Pradubsuk (2008) also determined that the concentrations of Cu and Zn in leaf blades of Concord grapes were highest at bloom and sharply reduced by veraison, then slowly decreased until the end of the season. Such a dilution effect of mineral concentration in leaf blades might result from rapid leaf expansion and translocation of nutrients from leaves to clusters. Conversely, concentrations of Mn in leaf blades exhibited a peak postharvest, presumably due to the immobility of these elements within the plant phloem, which rendered them static once deposited within individual leaves and led to a sustained increase in concentration throughout the season.

4. Conclusions

The present study established that both the sampling timing and the genotypes of the grapevines significantly impact the mineral composition of the vines. The grape cultivars' leaf macro and micro mineral composition exhibited divergent trends according to the sampling dates. The data obtained clearly reveal the seasonal and annual variations in the nutritional status of the grapevine. This allows for a better understanding of the plant's nutrient requirements at different growth stages, enabling more informed planning of fertilization programs in terms of timing and composition. Consequently, this study makes a significant contribution to improving nutrient management in viticulture, as well as enhancing yield and fruit quality.

5. Acknowledgements

This work is derived from Filiz HALLAÇ TÜRK's doctoral thesis. We would like to express our gratitude to TÜBİTAK for their financial support of this thesis, which was allocated under project number 106O837.

Conflict of Interest

The authors declared that there is no conflict of interest.

Author Contributions

The authors declare that they have contributed equally to the article.

6. References

- Barker, A.V., & Pilbeam, D. J. (2007). *Handbook of Plant Nutrition*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Bates, T. R., Dunst, R. M., & Joy, P. (2002). Seasonal dry matter, starch, and nutrient distribution in 'Concord' grapevine roots. *HortScience*, 37(2), 313-316.
- Bavaresco, L., & Eibach, R. (1987). Investigations on the influence of N fertilizer on resistance to powdery mildew (*Oidium tuckeri*), downy mildew (*Plasmopara viticola*) and on phytoalexin synthesis in different grapevine varieties. *Vitis*, 26, 192-200.
- Bradford, M. M. (1976). Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248-254.
- Brunetto, G., Ceretta, C. A., Kaminski, J., de Melo, G. W. B., Lourenti, C. R., Furlanetto V., & Moraes, A. (2007). Application of nitrogen in grapevines in the campaign of the Rio Grande do Sul: Productivity and chemical characteristics of the grape must. *Ciência Rural*, 37, 389-393.
- Brunetto, G., Melo, G. W. B. D., Toselli, M., Quartieri, M., & Tagliavini, M. (2015). The role of mineral nutrition on yields and fruit quality in grapevine, pear and apple. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 37, 1089-1104.
- Cancela, J. J., Fandiño, M., González, X. P., Rey, B. J., & Mirás-Avalos, J. M. (2018). Seasonal variation of macro and micronutrients in blades and petioles of *Vitis vinifera* L. cv. Mencía and Sousón. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 181, 498-515. <https://doi.org/10.1002/jpln.201700446>
- Chen, X., Zhang, J., Yan, P., Wang, Z., Gong, Y., Wang, R., & Wang, Y. (2025). Comprehensive study on the nutrient concentration and uptake in various organs of cabernet sauvignon across all growth stages. *Industrial Crops and Products*, 227, 120842.
- Christensen, P. (1969). Seasonal changes and distribution of nutritional elements in Thompson Seedless grapevines. *American Journal of Enology Viticulture*, 20, 176-190.
- Christensen, L. P. (1980). Timing of zinc foliar sprays. I. Effects of application intervals preceding and during the bloom and fruit-set stages. II. Effects of day vs. night applications. *American Journal of Enology Viticulture*, 31(1), 53-59.
- Christensen, L. P. (1984). Nutrient level comparisons of leaf petioles and blades in twenty-six grape cultivars over three years. *American Journal of Enology Viticulture*, 35, 124-133.
- Conradie, W. J. (1981). Seasonal uptake of nutrients by Chenin blanc in sand culture: II. phosphorus, potassium, calcium and magnesium. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 2, 7-13.
- Cuq, S., Lemetter, V., Kleiber, D., & Levasseur-Garcia, C. (2020). Assessing macro-(P, K, Ca, Mg) and micronutrient (Mn, Fe, Cu, Zn, B) concentration in vine leaves and grape berries of *Vitis vinifera* by using near-infrared spectroscopy and chemometrics. *Computers and Electronics in Agriculture*, 179, 105841.
- Cakmak, I., & Engels, C. (2024). *Role of mineral nutrients in photosynthesis and yield formation*. In Mineral nutrition of crops. (pp. 141-168)
- Da Silva, M. A. G., Pavan, M. A., Muniz, A. S., Tonin, T. A., & Pelizer, T. (2008). Nutrient availability in the soil and its absorption, transport, and redistribution in vines. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39, 1507-1516
- Domagala-Swiatkiewicz, I., & Gastol, M. (2013). Effect of nitrogen fertilization on the content of trace elements in cv. Bianca grapevine (*Vitis* sp.). *Journal of Elementology*, 18(1), 39-53.
- Epstein, E., & Bloom, A. J. (2005). *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives*, 2nd ed. Sinauer. Sunderland, Massachusetts.
- Fernandes, J. C., García-Angulo, P., Goulao, L. F., Acebes, J. L., & Amâncio, S. (2013). Mineral stress affects the cell wall composition of grapevine (*Vitis vinifera* L.) callus. *Plant Science*, 205, 111-120.
- Ferrara, G., Malerba, A. D., Matarrese, A. M. S., Mondelli, D., & Mazzeo, A. (2018). Nitrogen distribution in annual growth of 'Italia' table grape vines. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1374.
- Hanson, E. J., & Howell, G. S. (1995). Nitrogen accumulation and fertilizer use efficiency by grapevines in short-season growing areas. *HortScience*, 30, 504-507.

- James, A., Mahinda, A., Mwamahonje, A., Rweyemamu, E. W., Mrema, E., Aloys, K., Swai, E., Mpore, F. J., & Massawe, C. (2022). A review on the influence of fertilizers application on grape yield and quality in the tropics. *Journal of Plant Nutrition*, 46(12), 2936–2957. <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2160761>
- Karl, A. D., Bulaieva, I., Walter-Peterson, H., Bates, T., & Vanden Heuvel, J. (2023). Phenological stage and tissue type of grapevines affect concentrations and variability of mineral nutrients. *American Journal of Enology and Viticulture*, 74(1), 0740014.
- Keller, M., Rogiers, S. Y., & Schultz, H. R. (2003). Nitrogen and ultraviolet radiation modify grapevines' susceptibility to powdery mildew. *Vitis-Geilweilerhof*-, 42(2), 87-94.
- Lambers, H. (2022). Phosphorus acquisition and utilization in plants. *Annual Review of Plant Biology*, 73(1), 17-42.
- Marcianò, D., Ricciardi, V., Maddalena, G., Massafra, A., Marone Fassolo, E., Masiero, S., Bianco, P. A., Failla, O., De Lorenzis, G., & Toffolatti, S. L. (2023). Influence of nitrogen on grapevine susceptibility to downy mildew. *Plants*, 12(2), 263. <https://doi.org/10.3390/plants12020263>
- Mpelasoka, B. S., Schachtman, D. P., Treeby, M. T., & Thomas, M. (2003). A review of potassium nutrition in grapevines with special emphasis on berry accumulation. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 9, 154-168.
- Mullins, M. G., Bouquet, A., & Williams, L. E. (1992). *Biology of the Grapevine*. Cambridge University Press, New York.
- Nojavan, S., Naseri, L., & Hassanpour, H. (2020). The effect of foliar nutrition with potassium sulfate and zinc sulfate on winter cold hardiness of grapevine buds cv. Bidaneh Ghermez (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 30(4), 143-159.
- Peacock, W. L., Christensen, L. P., & Hirschfeld, D. (1991). Influence of timing of nitrogen fertilizer application on grapevines in the San Joaquin Valley. *American Journal of Enology Viticulture*, 42(4), 322-326.
- Peuke, A. D. (2009). Nutrient composition of leaves and fruit juice of grapevine as affected by soil and nitrogen fertilization. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 172, 557-564.
- Pradubsuk, S. (2008). *Uptake and partitioning of mineral nutrients in Concord grape*. Washington State University.
- Rogiers, S. Y., Greer, D. H., Moroni, F. J., & Baby, T. (2020). Potassium and magnesium mediate the light and CO₂ photosynthetic responses of grapevines. *Biology*, 9(7), 144.
- Romero, I., García-Escudero, E., & Martín, I. (2010). Effects of leaf position on blade and petiole mineral nutrient concentration of Tempranillo grapevine (*Vitis vinifera* L.). *American Journal of Enology Viticulture*, 61(4), 544-548.
- Rustioni, L., Grossi, D., Brancadoro, L., & Failla, O. (2018). Iron, magnesium, nitrogen and potassium deficiency symptom discrimination by reflectance spectroscopy in grapevine leaves. *Scientia Horticulturae*, 241, 152-159.
- Schreiner, R. P., Scagel, C. F., & Baham, J. (2006). Nutrient uptake and distribution in a mature 'Pinot Noir' vineyard. *HortScience*, 41(2), 336-345.
- Stefanello, L., Schwalbert, R., Schwalbert, R., Tassinari, A., Garlet, L., De Conti, L., Ciotto, M., Ceretta, C., Ciampitti, I., & Brunetto, G. (2023). Phosphorus critical levels in soil and grapevine leaves for South Brazil vineyards: A Bayesian approach. *European Journal of Agronomy*, 144, 126752.
- Stevens, R. M. (2005). Vine nutritional response to adverse physical and chemical effects of intermittent irrigation with saline high-SAR water. In *Proceedings of the Soil Environment and Vine Mineral Nutrition Symposium*. (pp. 25-38)
- Wample, R. L., Spayd, S. E., Evans, R. G., & Stevens, R. G. (1993). Nitrogen fertilization of Riesling grapes in Washington: Nitrogen and seasonal effects on cold hardiness of buds and carbohydrate reserves. *American Journal of Enology Viticulture*, 44, 159-167.