

 2024

# TARIMSAL MEKANİZASYON VE ENERJİ ÜZERİNE GÜNCEL ARAŞTIRMALAR



**Editörler**

*Gülden ÖZGÜNTAY ERTUĞRUL*

*Ömer ERTUĞRUL*



# TARIMSAL MEKANİZASYON VE ENERJİ ÜZERİNE GÜNCEL ARAŞTIRMALAR-2024

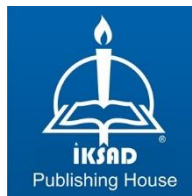
## Editörler

Gülden ÖZGÜNALYAY ERTUĞRUL  
Ömer ERTUĞRUL

## Yazarlar

Ahmet ÇOLAK  
Ahmet SÜSLÜ  
Ali AKTAŞ  
Ali İhsan ACAR  
Can ERTEKİN  
Cihangir SAĞLAM  
Davut KARAYEL  
Erdem YILDIZ  
Ersen OKUR  
Ferhat GÜL  
Fulya TAN  
Halil ÜNAL  
Hasan BAYAT  
Hasan YILMAZ  
Hüseyin Kürşat ÇELİK  
Hüseyin SAUK  
İsmail BOYAR  
Kamil EKİNCİ  
Kamil SAÇILIK  
K. Meriç UĞURLUTEPE  
Maksut Barış EMİNOĞLU  
Mete YİĞİT  
Murad ÇANAKCI  
Nuri ÇAĞLAYAN  
Recep KÜLCÜ  
Serkan ÖZDEMİR  
Uğur YEGÜL  
Zeliha BERKET BARUT

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14252939>



Copyright © 2024 by iksad publishing house  
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or  
transmitted in any form or by  
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical  
methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of  
brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses  
permitted by copyright law. Institution of Economic Development and Social  
Researches Publications®

(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TÜRKİYE TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: [iksadyayinevi@gmail.com](mailto:iksadyayinevi@gmail.com)

[www.iksadyayinevi.com](http://www.iksadyayinevi.com)

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.

Iksad Publications – 2024©

**ISBN: 978-625-367-981-1**

Cover Design: Gülden ÖZGÜNALTAY ERTUĞRUL, Ömer ERTUĞRUL

December / 2024

Ankara / Türkiye

Size = 16x24 cm

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....1

### BÖLÜM 1

#### TÜRKİYE'DE TARIM MAKİNALARI EĞİTİM VE ÖĞRETİMİNİN BAŞLANGICININ 70. YILDÖNÜMÜ

Ahmet ÇOLAK, Ali İhsan ACAR, Can ERTEKİN, Kamil SAÇILIK, Uğur YEGÜL, Maksut Barış EMİNOĞLU.....3

### BÖLÜM 2

#### TARIM MAKİNACILARININ SCIENCE CITATION INDEX (SCI +EXPANDED), PATENT VE TÜBİTAK PROJELERİ PERFORMANSI

Can ERTEKİN, Kamil EKİNCİ, İsmail BOYAR.....39

### BÖLÜM 3

#### ÇUKUROVA BÖLGESİ BUĞDAY TARIMINDA UYGULANAN FARKLI TOPRAK İŞLEME YÖNTEMLERİNİN YAKIT TÜKETİMİNE ETKİSİ

Serkan ÖZDEMİR, Zeliha BERKET BARUT.....55

### BÖLÜM 4

#### TAHİL EKİM MAKİNALARININ TOHUM DAĞILIMINI İYİLEŞTİRMEK İÇİN YENİ BİR TOHUM BORUSU TASARIMININ GELİŞTİRİLMESİ

Ali AKTAŞ, Davut KARAYEL.....65

### BÖLÜM 5

#### TARIMSAL EKİPMANLARDA ÖSTEMPERLENMİŞ KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRİN KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Ferhat GÜL.....89

### BÖLÜM 6

#### TARIMSAL ARTIKLARDAN ÜRETİLEN PELET BOYUTLARININ GÖRÜNTÜ İŞLEME ve YAPAY ZEKÂ UYGULAMALARINDAN YARARLANILARAK BELİRLENMESİ

Mete YiğİT, Erdem YILDIZ, Hasan YILMAZ, Murad ÇANAKCI...103



## **BÖLÜM 7**

### **BİR SERA İÇİN LED İLAVE AYDINLATMA SİSTEMİNİN TASARIMI VE GÜÇ İHTİYACININ KARŞILANMASINA YÖNELİK PV GÜÇ KAYNAĞI FİZİBİLİTE ANALİZİ**

Nuri ÇAĞLAYAN, Hüseyin Kürşat ÇELİK, Can ERTEKİN.....119

## **BÖLÜM 8**

### **TARIMSAL GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ İÇİN TAŞINABİLİR I-V EĞRİSİ ÖLÇÜM CİHAZI GELİŞTİRİLMESİ**

Ahmet SÜSLÜ, Recep KÜLCÜ.....141

## **BÖLÜM 9**

### **BURSA İLİNDE MEYDANA GELEN TARIM TRAKTÖRÜ KAZALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

Hasan BAYAT, Halil ÜNAL.....161

## **BÖLÜM 10**

### **FARKLI NEM ARALIKLARINDAKİ TARIMSAL ÜRÜNLERİN NEM SEVİYESİNİ BELİRLEMEDE NEMÖLÇERLERİN DOĞRULUK DEREJESİNİN BELİRLENMESİ**

K. Meriç UĞURLUTEPE, Hüseyin SAUK..... 177

## **BÖLÜM 11**

### **AYÇİÇEĞİ ÜRETİMİNDE UYGULANAN AZOTLU GÜBRELEME YÖNTEMLERİNİN VERİM ÜZERİNE ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Cihangir SAĞLAM, Fulya TAN.....191

## **BÖLÜM 12**

### **MISIR TARIMINDA SUSUZ AMONYAK UYGULAMASININ GELENEKSEL AZOTLU GÜBRE UYGULAMASI İLE KARŞILAŞTIRILMASI**

Fulya TAN, Cihangir SAĞLAM, Ersen OKUR.....201

## ÖNSÖZ

Tarımsal mekanizasyon, bitkisel ve hayvansal üretimde kritik bir rol oynayarak, zaman tasarrufuyla birlikte tarımsal süreçlerin daha verimli gerçekleşmesini ve kaliteli ürünlerin elde edilmesini sağlamaktadır. Gelişen tarım teknolojileri, sektöre önemli yenilikler sunarken, makineleşmenin yaygınlaşması, tarımsal ürünlerde yüksek standartlara ulaşmayı mümkün kılmaktadır.

Toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı, enerji kaynaklarının tarıma entegrasyonu, gübre ve tarım ilaçlarının çevresel etkilerinin minimize edilmesi ve tarım çalışanlarının iş güvenliği gibi konular, tarım makineleri ve teknolojilerindeki gelişmelerle doğrudan ilişkilidir. Bu alandaki çalışmalar, enerji verimliliği yüksek, kolay kullanılabilir ve etkili mekanizasyon araçlarının geliştirilmesine öncülük etmektedir.

Bu kitap, 12 bölümden oluşmaktadır. Tarım makineleri ve teknolojileri alanında aşağıdaki konulara odaklanmaktadır:

- Türkiye’de tarım makineleri eğitimi
- Bilim ve inovasyon
- Toprak işleme ve yakıt tüketimi
- Tohum borusu tasarımı
- Tarımsal ekipmanlar
- Tarımsal pelet analizi
- Sera LED ve PV analizi
- Taşınabilir I-V cihazı
- Traktör kazaları analizi
- Azot gübreleme ve verim
- Susuz amonyak ve gübre karşılaştırması

Kitabın hazırlanmasına katkı sunan tüm yazar ve araştırmacılara teşekkür eder, bu çalışmanın tarım makineleri camiası için faydalı bir kaynak olmasını dileriz.

Editörler

Güliden ÖZGÜNALTAY ERTUĞRUL

Ömer ERTUĞRUL



## BÖLÜM 1

### TÜRKİYE'DE TARIM MAKİNALARI EĞİTİM VE ÖĞRETİMİNİN BAŞLANGICININ 70. YILDÖNÜMÜ

Prof. Dr. Ahmet ÇOLAK<sup>1</sup>  
Prof. Dr. Ali İhsan ACAR<sup>2</sup>  
Prof. Dr. Can ERTEKİN<sup>3</sup>  
Prof. Dr. Kamil SAÇILIK<sup>4</sup>  
Dr. Öğr. Üyesi Uğur YEGÜL<sup>5</sup>  
Dr. Öğr. Üyesi Maksut Barış EMİNOĞLU<sup>6</sup>

---

<sup>1</sup> Ankara Üniversitesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye. colak@agri.ankara.edu.tr, ORCID No: 0000-0001-5214-0644

<sup>2</sup> Ankara Üniversitesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye. acar@agri.ankara.edu.tr, ORCID No: 0000-0003-4880-1336

<sup>3</sup> Akdeniz Üniversitesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye. ertekin@akdeniz.edu.tr, ORCID No: 0000-0003-2987-2438

<sup>4</sup> Ankara Üniversitesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye. sacilik@agri.ankara.edu.tr, ORCID No: 0000-0001-5353-7328

<sup>5</sup> Ankara Üniversitesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye. yegul@ankara.edu.tr, ORCID No: 0000-0003-2139-4080

<sup>6</sup> Ankara Üniversitesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye. eminoglu@agri.ankara.edu.tr, ORCID No: 0000-0003-3264-3636



## 1. GİRİŞ

Türkiye’de tarım eğitimi, çeşitli üniversitelerde ve teknik okullarda verilmektedir. Tarım Fakülteleri, Ziraat Fakülteleri ve Tarım Meslek Yüksekokulları, öğrencilere modern tarım teknikleri, bitki koruma, toprak bilimi ve tarım ekonomisi gibi konularda eğitim vermektedir. Eğitim Programları: Tarım eğitimi hem teorik hem de pratik bilgileri kapsar. Tarım öğrencileri, laboratuvar çalışmaları, saha uygulamaları ve stajlar gibi çeşitli eğitim yöntemleriyle donatılmaktadır.

Mustafa Kemal Atatürk, Türkiye Cumhuriyeti’nin kurucusu olarak tarım reformlarına büyük önem vermiştir. Tarımın modernleşmesi, ülkenin ekonomik kalkınmasının bir parçası olarak görülmüştür. Atatürk döneminde, tarımın modernleştirilmesi ve verimliliğin artırılması için çeşitli politikalar uygulanmıştır. Bu kapsamda, tarımsal üretimin artırılması ve köylülerin yaşam standartlarının iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Atatürk, tarım eğitiminin ve araştırmalarının desteklenmesini teşvik etmiştir. Bu dönemde, tarım eğitimi ve araştırma kurumları kurulmuş ve tarım biliminin gelişmesine katkıda bulunulmuştur. Tarım kooperatiflerinin teşvik edilmesi, Atatürk döneminin önemli bir özelliğidir. Kooperatifler, küçük ölçekli tarım işletmelerinin güçlendirilmesi ve ortaklıkların oluşturulması açısından büyük bir rol oynamıştır.

Mustafa Kemal Atatürk, eğitim alanında köklü reformlar gerçekleştirmiştir. Cumhuriyet’in ilanından sonra, eğitim sisteminin modernleştirilmesi ve çağdaştırılması amacıyla birçok reform yapılmıştır.

Tevhid-i Tedrisat Kanunu (1924): Bu kanun ile eğitim sistemi merkezi bir yapıya kavuşturulmuş ve tüm eğitim kurumları Milli Eğitim Bakanlığı’na bağlanmıştır. Bu, eğitimdeki karmaşayı ortadan kaldırarak tek tip ve standart bir eğitim sistemi oluşturmayı amaçlamıştır. Eğitimde din ve devlet işlerinin ayrılması sağlanmış ve laik eğitim anlayışı benimsenmiştir. Bu, eğitimde bilimsel ve nesnel bir yaklaşımın önünü açmıştır. Eğitimde cinsiyet eşitliğine önem verilmiş, kız çocuklarının da erkek çocuklarıyla eşit şekilde eğitim alabilmeleri teşvik edilmiştir.

Halk Evleri ve Halk Eğitim Merkezleri: Atatürk, halkın eğitim seviyesini artırmak amacıyla Halk Evleri ve Halk Eğitim Merkezleri kurmuştur. Bu kurumlar, köylüler ve şehir sakinlerine çeşitli eğitim fırsatları sunarak okuma yazma oranını artırmayı hedeflemiştir. 1933 yılında üniversiteler reforme

edilerek modern bilim ve eğitim anlayışına uygun hale getirilmiştir. İstanbul Üniversitesi ve Ankara Üniversitesi gibi kurumlar, eğitimdeki kalitenin artırılması için yeniden yapılandırılmıştır. Eğitim müfredatında bilimsel ve teknik konulara ağırlık verilmiş, çağdaş bilgiler ve uygulamalar öğrencilere sunulmuştur. Fen bilimleri, matematik, fizik gibi dersler müfredata dahil edilmiştir. Türk dilinin ve edebiyatının öğretilmesi teşvik edilmiştir. Türk Dil Kurumu ve Türk Tarih Kurumu gibi kuruluşlarla dil ve tarih alanında çalışmalar yapılmıştır.

**Türk Dil Kurumu (TDK):** 1932 yılında kurulan TDK, Türk dilinin bilimsel bir şekilde araştırılmasını ve geliştirilmesini amaçlamıştır. Türkçenin sadeleştirilmesi ve zenginleştirilmesi için çalışmalar yapılmıştır.

**Türk Tarih Kurumu (TTK):** 1931 yılında kurulan TTK, Türk tarihinin bilimsel olarak araştırılması ve yazılması amacıyla oluşturulmuştur. Türk tarihinin kökenleri ve gelişimi üzerine kapsamlı çalışmalar yapılmıştır.

Tarım ve ziraat alanında araştırmalar yapmak üzere Ziraat Enstitüleri kurulmuştur. Bu enstitüler, tarımda modern tekniklerin ve verimliliğin artırılması amacıyla çalışmalar yürütmüştür. Bilim ve teknoloji alanında araştırma yapmak üzere çeşitli kurumlar ve laboratuvarlar kurulmuş, bilimsel gelişmeler desteklenmiştir. Atatürk dönemi, eğitim kurumlarına büyük yatırımlar yapılmış ve altyapının güçlendirilmesi sağlanmıştır. Okul binaları, laboratuvarlar ve kütüphaneler gibi eğitim materyallerine yatırım yapılmıştır. Bilimsel araştırmaların desteklenmesi ve araştırmacıların teşvik edilmesi için çeşitli ödüller ve destek programları oluşturulmuştur. Atatürk'ün eğitim ve araştırma alanındaki reformları, Türkiye'nin modernleşme sürecinde kritik bir rol oynamış ve çağdaş bir eğitim sistemi ile bilimsel araştırma anlayışının temelleri atılmıştır. Bu reformlar, eğitimde kaliteyi artırmış ve bilimin gelişmesine büyük katkı sağlamıştır. Atatürk, tarımın modernleşmesinin Türkiye'nin ekonomik kalkınması için kritik olduğuna inanıyordu. Tarım makinelerinin kullanımı, geleneksel yöntemlerin yerine modern tekniklerin getirilmesi açısından büyük önem taşıyordu. Bu bağlamda, tarım makinelerinin eğitimi ve kullanımını üzerine çeşitli reformlar yapılmıştır.

Atatürk'ün tarım makineleri eğitimi konusundaki vizyonu, Türkiye'nin tarım sektörünü modernleştirmeyi ve verimliliği artırmayı hedeflemiştir. Bu reformlar, tarım makinelerinin etkin bir şekilde kullanılmasını sağlayarak tarımın daha verimli ve sürdürülebilir hale gelmesine katkıda bulunmuştur.

Ziraat Mühendisliği Eğitimi: Tarım makineleri konusunda uzmanlaşmış ziraat mühendisleri yetiştirmek amacıyla, ziraat fakülteleri ve mühendislik okullarında eğitim programları düzenlenmiştir. Bu programlar, öğrencilere tarım makineleri kullanımı, bakımı ve tamiri gibi konularda bilgi ve beceri kazandırmayı hedeflemiştir. Atatürk döneminde, tarım makineleri ve modern tarım teknikleri üzerine eğitim veren çeşitli enstitüler ve okullar kurulmuştur. Bu kurumlar, çiftçilere ve tarım işçilerine tarım makineleri hakkında eğitim vermiştir.

## 2. ATATÜRKÜN TARIMDA MAKİNALAŞMA İLE İLGİLİ DÜŞÜNCE VE UYGULAMALARI

Atatürk, tarım üretiminin artırılması ve halkın refah seviyesinin yükseltilmesi için modern tarım teknikleri ve araçlarının kullanımına büyük önem vermiştir. “Küçük büyük tüm çiftçilerin iş makinelerini çoğaltmak, yenilemek ve korumak için gereken önlemler hemen alınmalıdır” sözleriyle, çiftçilerin modern tarım makinelerine erişimini ve bu makinelerin kullanımı konusunda eğitilmelerini bir zorunluluk olarak görmüş, bu doğrultuda çeşitli adımlar atmıştır (Atatürk’ün Söylev ve Demeçleri I, 1945; Sözen-Arılı, 1981).

3 Mart 1924 tarihinde Tarım Bakanlığı, geniş kitlelere tarım teknikleri ve makineleri konusunda eğitim vermek üzere yeniden yapılandırılmıştır. Cumhuriyet’in ilk yıllarında tarımda makineleşmeyi desteklemek amacıyla tarım ve makinist okulları kurulmuş, bu okullarda makineleri kullanabilen ve onarabilen uzmanlar yetiştirilmiştir (Avcıoğlu 1969; aktaran İnci, 2010). Aynı yıl çıkarılan bir yasa ile askerlik görevini yapan çiftçilerin, askerlik süresince tarım makineleri ve yeni yöntemlerle tanıştırılması hedeflenmiştir. Ziraat Bankası bu dönemde 70 traktör satın almış; bunlardan 40’ını çiftçilere dağıtmış, 30’unu ise kendi işletmelerinde kullanmıştır (Cumhuriyet, 1924; aktaran İnci, 2010).

Devlet, numune çiftliklerinde ve tarım okullarında modern alet ve makineleri örnek olarak sergilemiş, bu makineleri edinmek isteyen çiftçilere ise gümrük muafiyeti ve kolaylıklar sağlamıştır. İthal edilen tarım makineleri, Ziraat Bankası kredileriyle çiftçilere taksitli olarak satılmıştır. Çiftçilerin sermaye ihtiyaçlarının karşılanması için 1926 yılında çıkarılan 752 sayılı yasa, traktör ve motorlu tarım araçlarının yakıt masraflarının bir kısmının devlet tarafından karşılanmasını sağlamıştır (Resmi Gazete, 1926). Bu kapsamda,



1926-1930 yılları arasında çiftçilere toplam 6 milyon 652 bin lira destek ödemesi yapılmıştır (Avcıoğlu, 1969; aktaran İnci, 2010).

1923-1924 yıllarında Türkiye’de toplam 501 traktör bulunurken, 1930 yılında bu sayı 1.844’e yükselmiştir (Silier, 1981; TBMM Zabıt Ceridesi, 1930; aktaran İnci, 2010). Ancak 1929’daki ekonomik kriz, tarım ürünlerinin fiyatlarını düşürmüş ve petrol ile çalışan traktörlerin kullanımını ekonomik olmaktan çıkarmıştır (Cumhuriyet, 1928). Bu durum, 1930 yılında çıkarılan 1710 sayılı yasayla traktör yakıtına sağlanan vergi muafiyetinin kaldırılmasına yol açmıştır (Resmi Gazete, 1930).

Tarım Bakanlığı, modern tarım alet ve makinelerinin yaygınlaştırılması için köylülere önemli destekler sağlamıştır. 1923-1925 yılları arasında 200.000 lira değerinde 7.677 pulluk dağıtılmıştır. 1931 yılında kabul edilen 1797 sayılı Pulluk Kanunu ile yerli pulluk üretimi teşvik edilmiş, yerli üreticilere faizsiz krediler verilmiştir (Resmi Gazete, 1931). Bu teşviklerin ardından, 1927’de 210.000 olan pulluk sayısı, 1936’da 410.360’a yükselmiştir (İstatistik Yıllığı, 1941).

Diğer tarım makinelerinin de yaygınlaştırılması hedeflenmiştir. Örneğin, tohum temizleme makineleri çiftçilere uzun vadeli ödeme imkânları ile sunulmuş, bu sayede 1923-1933 yılları arasında 20.000 ton tohum temizlenmiştir (Gökköl, 1935). Ayrıca, 185 adet selektör makinesi çeşitli illere dağıtılmıştır (Ziraat Alet ve Makineleri Raporu, 1939; aktaran İnci, 2010).

Ziraat Bankası’nın desteğiyle, çiftçilere kredi sağlama çalışmaları da hızlandırılmıştır. Banka, Cumhuriyet’in ilk yıllarında mali desteklerle yeniden yapılandırılmış ve 1930 yılında sermayesi 100 milyon TL’ye çıkarılmıştır (Tezel, 1994; aktaran İnci, 2010)

### 3. TARIMDA ÜNİVERSİTER ÖĞRETİMİN KRONOLOJİSİ

**Tablo 1.** Tarımda üniversite eğitimin kronolojisi

1	Mektebi Ziraiyi Şahane	1848 – 1851
2	Halkalı Ziraat Ve Baytar Mektebi	1892 – 1928
3	Ankara Yüksek Ziraat Mektebi	1930 – 1933
4	Yüksek Ziraat Enstitüsü	1933 – 1948
5	Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi	1948 -

Yükseköğretim düzeyinde eğitim veren iki okul olan Bursa Ziraat Mektebi ve Halkalı Ziraat Mektebi, Cumhuriyet'in ilk yıllarına kadar faaliyetlerine devam etmiştir. Bu okullardan mezun olan birçok genç, özellikle Almanya'ya gönderilmek üzere 1923 yılından itibaren yurt dışına gönderilmiş; orada ileri düzeyde eğitim almaları ve modern araştırma yöntemlerini tanımaları sağlanmıştır.

#### **4. CUMHURİYET DÖNEMİ ZİRAAT ALET VE MAKİNELERİ OKULLARI**

Cumhuriyet Dönemi hükümetleri, zirai kalkınma programları çerçevesinde tarımda makineleşmeyi desteklemek için önemli adımlar atmıştır. Bu kapsamda, yeni tarım makinelerinin üretimi, mevcut makinelerin bakım ve onarımı ile köylülere makine kullanımı ve tarım yöntemleri konularında eğitim verilmesini sağlayacak makinistlerin yetiştirilmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda, tarımsal mekanizasyon ve yayım alanında çalışabilecek teknisyenler yetiştirmek ve Türkiye'nin makine uzmanı ihtiyacını karşılamak amacıyla bir ziraat makineleri uzmanlık okulunun açılmasına karar verilmiştir. 1940 yılında bu karar doğrultusunda Ankara'da Ziraat Makinist İhtisas Okulu kurulmuş, 1943-1944 eğitim döneminde adı Ankara Ziraat Alet ve Makineleri Uzmanlık Okulu olarak değiştirilmiştir. İlk öğrencilerini 1941-1942 eğitim yılında kabul eden okul, 1945-1946 yılına kadar eğitim vermiştir. Ancak, Yüksek Ziraat Enstitüsü'nün Millî Eğitim Bakanlığı'na devri ve 1943'te yeni Teknik Ziraat-Bahçivanlık ve Makinist okullarının açılması nedeniyle 1950 yılına kadar öğrenci alımı durdurulmuştur.

1940 yılında çıkarılan bir kararname ile kurulan okulun temel amacı, tarım makineleri alanında bilgi ve beceriye sahip uzmanlar yetiştirmek, bu makinelerin üretimi ve kullanımında Türk tarımını ileri bir seviyeye taşımaktır. Eski Ankara Ziraat Mektebi alanında kurulan okul, iki yıllık bir eğitim programı sunmuş ve uzman öğretim üyelerinden oluşan bir kadro ile eğitim faaliyetlerine başlamıştır. 1946 yılında 789 sayılı Maarif Kanunu gereği, okulun statüsü yüksek okul olarak belirlenmiş ve adı Ankara Ziraat Alet ve Makineleri Yüksek Uzman Okulu olmuştur. Bu okulda matematik, uygulamalı mekanik, mukavemet, teknoloji, inşaat, su işleri, ölçüm teknikleri, motorlar, ziraat makineleri, elektroteknik ve tarım ekipmanları gibi dersler verilmiştir.

Okulun 1946 yılında Millî Eğitim Bakanlığı'na bağlanmasıyla öğretim kadrosu yenilenmiş, önemli isimler arasında Yüksek Mühendis Mehmet Latif Ayranlı ve Türk Hava Kurumu Motor Fabrikası Müdürü Fikret Çeltikçi gibi öğretmenler yer almıştır. 1949'da Çayırova Teknik Ziraat Okulu'nda düzenlenen Tarım Okulları Kongresi'nde okulun yeniden yapılandırılması ve faaliyetlerine devam etmesi kararlaştırılmıştır. 1940-1950 yılları arasında okul, toplam 235 mezun vermiştir; bunların 220'si Ziraat Vekâleti adına, 15'i ise Millî Eğitim Bakanlığı adına eğitim almıştır.

1940'lardan itibaren Ankara'da kurulan Ziraat Alet ve Makineleri Yüksek Uzmanlık Okulu, tarım makineleri alanında bilgi birikimini artırma ve bilimsel gelişmeleri takip etme noktasında öncülük yapmıştır. Bu çalışmalar, 1960'lı yıllarda yerli traktör üretiminin başlamasıyla somut sonuçlar vermiştir. Tarım makineleri teknolojilerinde uzmanlaşmayı sağlamak amacıyla, yurt dışına öğrenciler gönderilmiş ve yabancı uzmanların tarım teknolojileri üzerine rapor hazırlaması sağlanmıştır.

#### **4.1. Ankara Yüksek Ziraat Mektebi**

Zirai tedrisatın ıslahına dair Kanun'un uygulamaya konulmasıyla birlikte ülke içerisindeki mevcut zirai okullar kapatılmış; ilgili kanunla bağlantılı olarak 1930 yılında Ziraat Vekâletine bağlı olarak Enstitünün öncüsü ve çekirdeği olan "Ankara Yüksek Ziraat Mektebi" açılmıştır. Ankara Yüksek Ziraat Mektebinin rektörü, Halkalı Yüksek Ziraat Mektebi hocalarından Aziz Meker hocaydı. 1928 yılında Halkalı Yüksek Ziraat Mektebi kapatıldıktan sonra 1930 yılında Ankara-Keçiören yolu üzerindeki eski Ziraat Mektebi binasında Ankara Yüksek Ziraat Mektebi faaliyet göstermeye başlamıştır. 4 yıllık öğretim yapmak üzere açılan bu okulda öğrenciler, ilk yıl Atatürk Orman Çiftliğinde staj yapmış, yükseköğretime de ikinci sınıftan başlamışlardır. Dolayısıyla bu okulun öğrencileri, Ankara Yüksek Ziraat Enstitüsü (A.Y.Z.E.) Ziraat Fakültesinin ilk öğrencilerini oluşturmuştur. Okulda, 1930-1933 yılları arasında, Türk öğretim görevlileri ile birlikte dört Alman ve bir Lüksemburglu profesör görev almıştır. Bunların isimleri şöyledir: Alman bilim insanları (Prof. Dr. Eckstein, Prof. Dr. Kotte, Prof. Dr. Jessen ve Prof. Dr. Christiansen-Weniger), Lüksemburglu bilim insanı Prof. Dr. Lucius. Bunlar içerisinde Dr. Kotte botanik ve hastalıklar, Dr. Jessin kimya, Dr. Lucius jeoloji, Dr. Eckstein

zooloji, fizik dersini Hayri Dener ve matematik dersini de Ömer Bey vermekteydi.



Şekil 1: Ankara Ziraat Mektebi



Şekil 2. Ankara Ziraat Mektebi



**Şekil 3.** Ankara Ziraat Mektebi

08 Haziran 1930 tarihinde kabul edilen 1695 sayılı "Yüksek Ziraat Mektebi Öğrencilerinin Çiftliklerde Staj Yapmaları Hakkında Kanun," 17 Haziran 1930 tarihinde yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu kanunla, staj süresi 11 ay olarak belirlenmiş ve öğrencilerin pratik bilgilerle donatılması hedeflenmiştir.

"Ziraat ve Baytar Enstitüleri ile Ali Mektepleri Tesisine ve Ziraat Tedrisatının Islahına Ait Kanun"un uygulanmaya başlamasıyla, sayıları 12'ye ulaşan "tali ziraat mektepleri"nin büyük bir kısmı kapatılmıştır. 1928 yılında ise "Halkalı Ziraat Mekteb-i Âlisi" olarak bilinen okul kapatılarak, buradaki öğrenciler "İstanbul Yüksek Orman Mektebi"ne aktarılmıştır. Ayrıca, İktisat Vekâleti'ne bağlı olarak faaliyet gösteren İstanbul'daki "Yüksek Baytar Mektebi," Maarif Vekâleti'ne devredilerek eğitim faaliyetlerini sürdürmüştür.

Genç Türkiye Cumhuriyeti, çağdaş tarımsal yükseköğretimin temellerini atma yolunda, 5 Temmuz 1927 tarihinde çıkarılan 1109 sayılı "Ziraat ve Baytar Enstitüleri ile Ali Mekteplerin Tesisine ve Ziraat Tedrisatının Islahına Ait Kanun" ile önemli bir adım atmıştır. Bu kanun, tarımsal eğitim sisteminin modernize edilmesi ve daha verimli hale getirilmesi sürecinde önemli bir rol oynamıştır.



Şekil 4. Yüksek Ziraat Enstitüsü

20 Haziran 1927 tarihinde kabul edilen 1109 sayılı "Ziraat ve Baytar Enstitüleri ile Ali Mektepleri Tesisine ve Ziraat Tedrisatının Islahına Ait Kanun"un maddeleri şu şekildedir:

Madde 1: Zirai ve baytari enstitüler ile Ankara'da yüksek düzeyde Ziraat ve Baytar mekteplerinin kurulması, inşası ve idaresi ile bu okullara gerekli her türlü makine, alet ve malzemenin temini; ayrıca, ülkenin zirai ve baytari durumlarına dair yurt içinde ve yurt dışında bilimsel inceleme ve araştırmalar yapılması ve bu amaç doğrultusunda ihtiyaç duyulması halinde yabancı uzmanların getirilip istihdam edilmesi için Ziraat Vekâletine 1.500.000 lira tahsisat verilmiştir.

Madde 2: Bu tahsistattan her yıl 500.000 lira olmak üzere, 1927, 1928 ve 1929 mali yıllarına ait Ziraat Vekâleti bütçelerinde özel bir kaleme ayrılacaktır. Yıl sonunda bu kalemlerde harcanmamış olarak kalan miktarlar tahsisatın bir parçası olarak geri iade edilecektir. Bu şekilde, 1929 mali yılı sonunda kalan tahsisat bakiyesi, 1930 ve 1931 mali yılları içinde aynı şartlar dahilinde kullanılabilir.



**Şekil 5.** Mehmet Sabri Toprak (YZE Binalarının temel atma töreni sırasında Tarım Bakanı)



**Şekil 6.** Muhlis Erkmen (YZE Açılışı 30 Ekim 1933 Tarım Bakanı)

10 Haziran 1933 tarihinde kabul edilen ve 20 Haziran 1933 tarihinde yayımlanan 2291 sayılı “Ankara Yüksek Ziraat Enstitüsü Kanunu” ile Yüksek Ziraat Enstitüsü kurulmuştur.

Madde 2: Enstitü, dört fakülteden oluşan akademik bir kurumdur:

- Tabii İlimler,
- Ziraat,
- Baytar,
- Ziraat Sanatları ve Zirai Teknik.

Enstitü, eğitimin yanı sıra kendi alanında bilimsel ve teknik araştırmalar yapmak, görüş ve öneriler sunmak ve çeşitli yayınlar hazırlamak gibi sorumlulukları üstlenmiştir.

Türkiye'de kurulan ilk üniversite, 1 Haziran 1933 tarihinde çıkarılan 2252 sayılı Kanun ile İstanbul Üniversitesi olmuştur. Ancak bu kurum,

tamamen yeni bir üniversite olarak değil, İstanbul Darülfünunu ve bağlı birimlerinin lağvedilmesi ve yeniden yapılandırılmasıyla oluşturulmuştur. İstanbul Üniversitesi, Darülfünun'un kadro ve organizasyonunun modernleştirilerek dönüştürülmesiyle faaliyetlerine başlamıştır.

Adında “üniversite” ifadesi geçmese de, tam bir üniversite organizasyonuna sahip olan Yüksek Ziraat Enstitüsü, 10 Haziran 1933 tarihinde kabul edilen 2291 sayılı Kanun ile kurulmuş ve Türkiye Cumhuriyeti'nin ilk üniversitesi olarak değerlendirilmektedir. Bu enstitü; rektör, senato, öğretim üyeleri kurulu, büyük kurul, fakülte kurulu, dekanlar, fakülteler (Ziraat, Baytar, Tabii Bilimler, Ziraat Sanatları, 1934 yılında dahil edilen Orman Fakültesi), enstitü müdürleri, Ordinaryüs Prof. Dr., Prof. Dr., Doç. Dr. ve asistan gibi öğretim kadroları, binalar, laboratuvarlar ve yurtlar gibi unsurlarıyla modern üniversite yapısının tüm özelliklerini barındırmıştır.

Batı tipi bir üniversite modeli ile kurulan Yüksek Ziraat Enstitüsü, 2291 sayılı Kanun ile üniversitelerin yalnızca eğitim veren kurumlar olma anlayışını değiştirerek onlara iki temel işlev daha yüklemiştir: araştırma yapmak ve bilimsel bilgiyi yaymak. Bu üçlü görev; eğitim, araştırma ve yayım, günümüzde üniversitelerin temel işlevlerinin temelini oluşturmaktadır.

Yüksek Ziraat Enstitüsü, Türkiye'de bilimsel öğretim ve araştırma alanında önemli yeniliklerin öncüsü olmuştur. Öne çıkan yenilikler arasında şunlar bulunmaktadır:

- Araştırma faaliyetleri üniversite bünyesine ilk kez sistematik bir şekilde entegre edilmiştir.
- Akademik kadroda yer almak isteyenler için doktora zorunluluğu getirilmiştir.
- Doktora ve habilitasyon yönetmelikleri, 9 Ekim 1934 tarihinde kabul edilmiştir.
- Tam zamanlı çalışma prensibi benimsenmiştir.
- Rektör ve dekanların seçimle atanması, bu enstitüyle hayata geçirilen bir uygulama olmuştur.

Yüksek Ziraat Enstitüsü, Türkiye'de bilimsel araştırma ve çağdaş üniversite anlayışının gelişmesine öncülük etmiş ve eğitim sistemine köklü yenilikler kazandırmıştır.

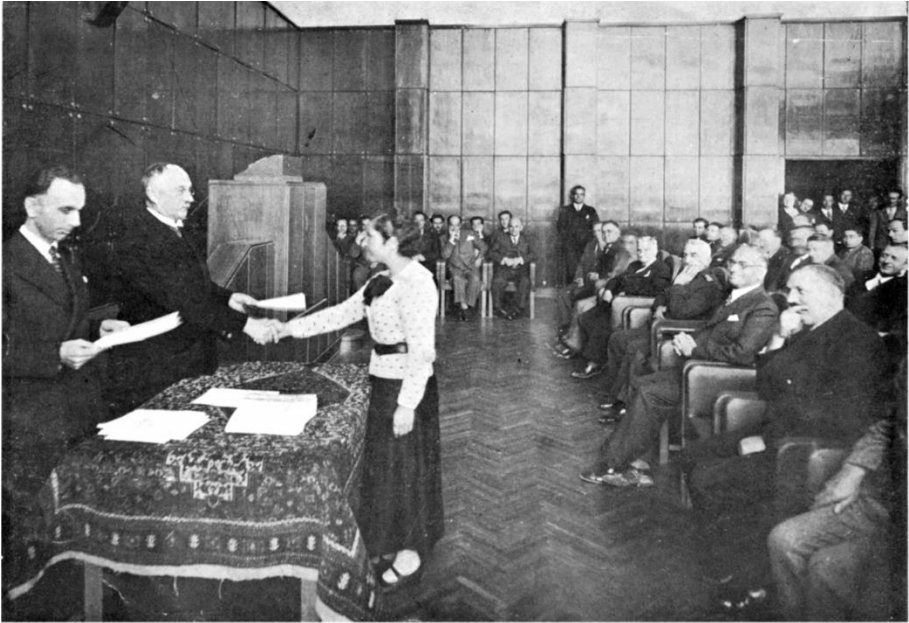




Şekil 7.



Şekil 8.



Şekil 9.



Şekil 10.



Şekil 11.

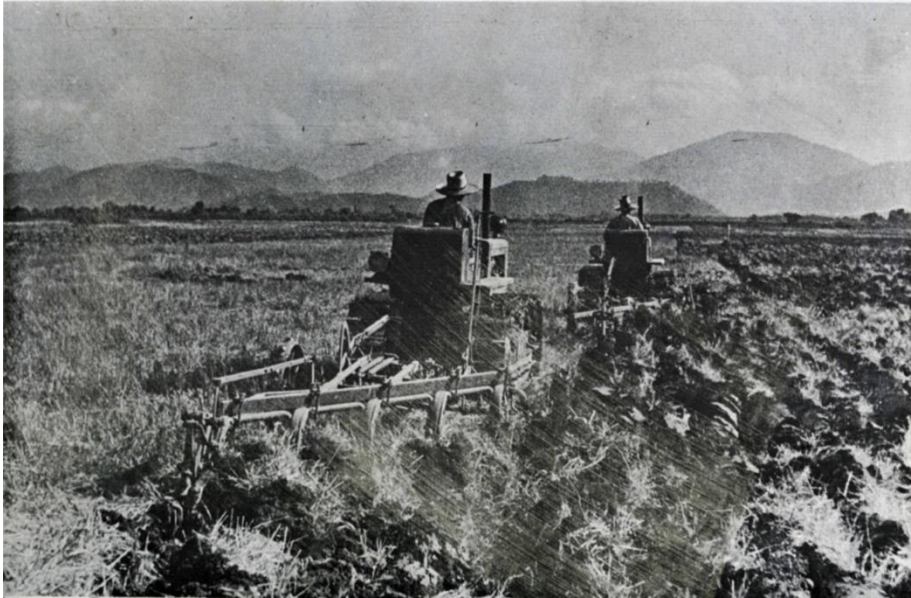


Şekil 12.

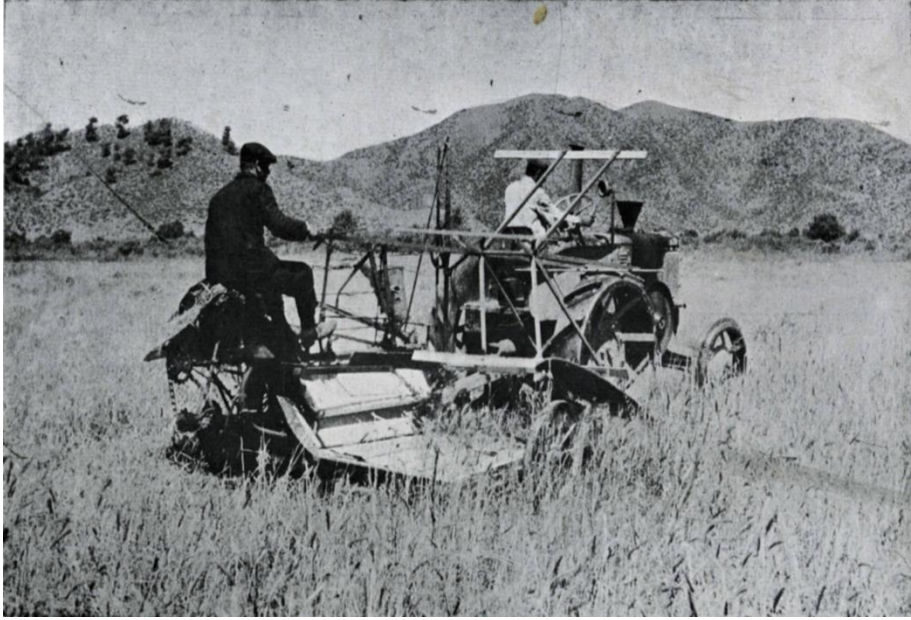




Şekil 13.



Şekil 14.



Şekil 15.



Şekil 16.



Şekil 17.

2291 sayılı Ankara Yüksek Ziraat Enstitüsü Kanunu'nda Ziraat, Veteriner, Zirai Sanatlar ve Zirai Teknik ile Tabii İlimler Fakülteleri yer alırken, 18 Haziran 1934 tarihinde kabul edilen ve 25 Haziran 1934 tarihinde yayımlanan 2524 sayılı Kanun ile Orman Fakültesi de Yüksek Ziraat Enstitüsü kapsamına alınmış ve fakülte sayısı beşe çıkarılmıştır.

<b>Ziraat</b>	1. İktisadiyat Enstitüsü
	2. Nebatat Yetiştirme ve Nebatat Islahı Enstitüsü
	3. Bahçivanlık, Meyvecilik ve Bağcılık Enstitüsü
	4. Zootekni Enstitüsü
	4 a. Sütçülük Enstitüsü
	5. Zirai Kimya Enstitüsü
	5 a. Toprak İlmî Enstitüsü
6. Sulculuk Enstitüsü	
7. Ormancılık Enstitüsü	
<b>Zirai Sanatlar ve Zirai Teknik</b>	1. Zirai Sanatları Enstitüsü
	2. Zirai Makineleri Enstitüsü
	3. Köylü El İşleri Enstitüsü
<b>Tabii İlimler</b>	1. Fizik Enstitüsü
	2. Kimya Enstitüsü
	3. Arziyat ve Madeniyat Enstitüsü
	4. Nebatat Enstitüsü
	5. Hayvanat Enstitüsü

Şekil 18. Ziraat, Zirai Sanatlar, Zirai Teknik Ve Tabii İlimler Fakülteleri

	UNVANI	FAKÜLTESİ	ATANDIĞI TARİH
	ORDINARYÜSLER		
1.	Dr. Friedrich FALKE	Ziraat	19.01.1933
2.	Dr. Richard HEİDE	Ziraat	22.08.1933
3.	Dr. Kurt STÜWE	Ziraat	28.08.1933
4.	Dr. Walter GLEİSBERG	Ziraat	28.08.1933
5.	Dr. Walter SPÖTTEL	Ziraat	28.08.1933
6.	Dr. Franz HESKE	Ziraat	20.03.1934
7.	Dr. Richard WOLTERECK	Tabii İlimler	21.02.1933
8.	Dr. Kurt KRAUSE	Tabii İlimler	06.03.1933
9.	Dr. Conrad WEYGAND	Tabii İlimler	09.03.1933
10.	Dr. Hermann ZAHN	Tabii İlimler	01.09.1933
11.	Dr. Otto GERNGROSS	Ziraat Sanatları	31.07.1933
12.	<b>Dr. Guida Matzchenz</b>		

Şekil 19. Yüksek Ziraat Enstitüsünde 1933 – 1934 eğitim öğretim yılında görev yapan ordinaryüsler ve atanma tarihleri



Şekil 20. Şahide Yargıç (İlk Kadın Ziraat Yüksek Mühendisi)

	Doktora Yapılan Ülke			Ülkeye Dönüş
	Almanya	Macaristan	Toplam	
<b>Ziraat</b>	8	1	9	1928 - 1940
<b>Tabii ilimler</b>	7	-	7	1931 - 1941
<b>Ziraat Sanatları</b>	1	-	1	1928
	16	1	17	

Şekil 21. Doktora yapılan ülkeler

	Ziraat Fakültesi	Tarihi
1.	Bekrem Rüççü İZMEN	17.02.1935
2.	Kerim Ömer ÇAĞLAR	1935
3.	Esat Ahmet BOZKAYA	1935
4.	İsfeñdyar Esat KADESTER	Haziran 1936
5.	Sedat KANDU	09.07.1936
6.	Cemal ARITHMAN	1936
7.	Halil EVLYA	1936
8.	Nail ORAHMAN	Şubat 1937
9.	Lütfi ULUÖMEN	1937
10.	Sabri ARAN	1937
11.	Ali Sae EKINCI	Mayıs 1938
12.	Hamit DEMİRTAŞ	1939
13.	Cemil ÇALGÜNLER	1940
14.	Emin ENRE	1941
15.	Neşet Ömer KİPER	1941
16.	Haydar OKANER	27.11.1942
17.	Osman TOSUN	Haziran 1943
18.	Sabahattin ÖZBEK	1943
19.	Muazzaz ERALP	1943
20.	Nurinnisa ÖZBEK	1945
21.	Orhan DÜZGÜNÇE	1946
22.	Fikret ÇAĞLAR	1946
23.	Şükrü BULGURLU	1946
24.	Rauf Cemil ADAM	25.05.1946
25.	Halid KISSAKÜREK	11.3.1947
26.	Eyüp HIZALAN	30.12.1947
27.	Cevdet M. AYĞÜN	Haziran 1948
28.	Emin MUTAF	1948

Şekil 22.

	Ziraat Sanatları Fakültesi	
1.	Arif AKMAN	Ziraat Sanatları 1936
2.	Tevfik EŞBERK	Ziraat Sanatları 11.05.1936
3.	H. İbrahim KAMÇI	Ziraat Sanatları Kasım 1938
4.	Cahit ÖNCÜ	Ziraat Sanatları 1941
5.	Turgut YAZICIOĞLU	Ziraat Sanatları 20.03.1941
6.	Mustafa ULUÖZ	Ziraat Sanatları 16.02.1948

Şekil 23.



YZE, Ziraat, Zirai Sanatlar Ve Zirai Teknik, Tabii İlimler Fakültelerinde  
Doçentlik Tezini Tamamlayanlar

	Ziraat Fakültesi	Tarihi
1. Kadri BİLGEMRE	Ziraat	1935
2. Ekrem Rüştü İZMEN	Ziraat	1936
3. Kerim Ömer ÇAĞLAR	Ziraat	1936
4. Şevket Raşit HATİPOĞLU	Ziraat	1936
5. Esat Ahmet BOZKAYA	Ziraat	27.02.1936
6. İbrahim YARKIN	Ziraat	1937
7. İsfendiyar Esat KADESTER	Ziraat	1937
8. Halid EVLİYA	Ziraat	1938
9. Ömer TARMAN	Ziraat	1939
10. Vamık TAYŞI	Ziraat	1939
11. Lütfi ÜLKÜMEN	Ziraat	1939
12. Nail ORAMAN	Ziraat	14 Ekim 1939
13. Şeref Nuri İLKEMEN	Ziraat	1940
14. Sadri ARAN	Ziraat	1941
15. Cemal ARITMAN	Ziraat	1941
16. Kazım KÖYLÜ	Ziraat	1941
17. Celal TARIMAN	Ziraat	1942
18. Sedat KANSU	Ziraat	1942
19. Hamit DEMİRTAŞ	Ziraat	1943
20. Sabahattin ÖZBEK	Ziraat	1947
21. Osman TOSUN	Ziraat	08.06.1948

Şekil 24. YZE, Ziraat, Zirai Sanatlar Ve Zirai Teknik, Tabii İlimler Fakültelerinde  
Doçentlik Tezini Tamamlayanlar

	Adı Soyadı	Bakanlık Adı
1.	Muhlis ERKMEN	Tarım Bakanı Tarım Bakanı Tarım Bakanı
2.	Şevket Raşit HATİPOĞLU	Tarım Bakanı Devlet Bakanı Milli Eğitim Bakanı Tarım Bakanı
3.	Tahsin COŞKAN	Gümrük ve Tekel Bakanı Gümrük ve Tekel Bakanı Tarım Bakanı
4.	Ali Rıza ERTEN	Devlet Bakanı Devlet Bakanı
5.	Fevzi Lütfi KARAOŞMANOĞLU	Devlet Bakanı İçişleri Bakanı
6.	Nihat İYRİBOZ	Tarım Bakanı
7.	Feridun ÜSTÜN	Tarım Bakanı Tarım Bakanı
8.	Reşat AKTAN	Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı
9.	Osman TOSUN	Tarım Bakanı Tarım Bakanı
10.	Haydar ÖZALP	Gümrük ve Tekel Bakanı Gümrük ve Tekel Bakanı Gümrük ve Tekel Bakanı
11.	Necmi SÖNMEZ*	Köylüleri Bakanı Milli Eğitim Bakanı
12.	Sabahattin ÖZBEK	Ulaştırma Bakanı Ulaştırma Bakanı İçişleri Bakanı Tarım ve Orman Bakanı
13.	Ahmet ŞENER	Orman Bakanı Devlet Bakanı
14.	Sabahattin SAVCI	Orman Bakanı

Şekil 25. Halkalı Yüksek Ziraat Mektebi ve Yüksek Ziraat Enstitüsü Ziraat Fakültesi  
Mezunu Bakanlar

	<b>Adı Soyadı</b>	<b>Bakanlık Adı</b>
<b>I.</b>	<b>Bahri DAĞDAŞ</b>	<b>Tarım Bakanı</b>

**Şekil 26.** Yurtdışında Ziraat Mühendisliği eğitimi görmüş Bakan

Halkalı Yüksek Ziraat Okulu ve Yüksek Ziraat Enstitüsü Ziraat Fakültesi mezunu milletvekilleri	59
Yurtdışında Ziraat Mühendisliği eğitimi görmüş Milletvekilleri	7
Halkalı Yüksek Ziraat Okulu ve Yüksek Ziraat Enstitüsü Ziraat Fakültesi mezunu Cumhuriyet Senatosu Üyeleri	5
Yüksek Ziraat Okulu ve Yüksek Ziraat Enstitüsü Ziraat Fakültesi ve yurtdışında Ziraat Mühendisliği eğitimi görmüş Kurucu Meclis Temsilciler Meclisi Üyeleri	5
Halkalı Yüksek Ziraat Okulu ve Yüksek Ziraat Enstitüsü Ziraat Fakültesi mezunu Danışma Meclisi Üyeleri	1
Ziraat Okullarında eğitim görmüş Milletvekilleri	17
<b>TOPLAM</b>	<b>94</b>

**Şekil 27.** Milletvekilleri

30 Haziran 1948'de kabul edilen 5234 sayılı "Üniversiteler Kanununa Ek Kanun," Türkiye Büyük Millet Meclisi'nde (TBMM) görüşülürken, hükümetin önerisindeki "Yüksek Ziraat Enstitüleri" ifadesi TBMM Tarım Komisyonu tarafından "Ankara Tarım Üniversitesi" olarak değiştirilmiştir. 07 Temmuz 1948 tarihli ve 5234 sayılı yasa ile Ziraat Fakültesi (Tabii İlimler ve Ziraat Sanatlarını kapsayan) ile Veteriner Fakültesi Ankara Üniversitesi'ne bağlanmış, Orman Fakültesi ise İstanbul Üniversitesi'ne devredilmiştir. Daha sonra, 18 Mart 1950'de çıkarılan 5595 sayılı "Ankara Üniversitesi Kuruluş Kadroları Hakkındaki Kanun" ile Ziraat Fakültesi'nin Tabii İlimler Fakültesi kadroları Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi'ne aktarılmış ve fakülte bugünkü yapısına kavuşmuştur.

## **Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Sistemleri**

### **1930 – 1953 Dönemi**

- **Eğitim Süresi:** 4 yıl (1 yıl staj + 3 yıl ders)
- **Sistem:** Genel Eğitim
- **Verilen Unvan:** Ziraat Yüksek Mühendisi
- **Eğitim Yapısı:** Öğrenciler, fakülteye kayıt olduktan sonra 11 ay boyunca çiftliklerde staj yapar, başarılı olanlar ikinci sınıfa geçme hakkı kazanırdı. Stajda başarısız olanlar, stajlarını tekrarlamak zorundaydı. İkinci, üçüncü ve dördüncü sınıfta teorik dersler ve uygulamalı eğitim verilirdi.

### **1953 – 1960 Dönemi**

- **Eğitim Süresi:** 4 yıl
- **Sistem:** Bölüm Sistemi
- **Verilen Unvan:** Ziraat Yüksek Mühendisi
- **Eğitim Yapısı:** 13 Ekim 1953'te yürürlüğe giren yönetmeliğe göre, pratik çalışmalar için ayrı bir yıl ayrılmamış, tatil dönemlerine yayılmıştır. Öğrenciler kayıt sırasında sekiz bölümden birini seçerdi.

### **1960 – 1967 Dönemi**

- **Eğitim Süresi:** 4 yıl
- **Sistem:** Bölüm Sistemi
- **Verilen Unvan:** Ziraat Yüksek Mühendisi
- **Eğitim Yapısı:** 12 Kasım 1960'ta Resmi Gazete'de yayımlanan düzenlemeyle, öğrenciler kayıt sırasında bölüm tercihlerini yapmaktaydı.

### **1967 – 1977 Dönemi**

- **Eğitim Süresi:** 5 yıl (3.5 yıl genel eğitim + 1.5 yıl bölüm dersleri)
- **Sistem:** Ortak Genel Eğitim ve Bölüm Dersleri
- **Verilen Unvan:** Ziraat Yüksek Mühendisi
- **Eğitim Yapısı:** 29 Haziran 1967'de yayımlanan yönetmeliğe göre, ilk 7 yarıyılıda genel dersler alınmakta, son 3 yarıyılıda ise bölüm derslerine ağırlık verilmekteydi.

### **1977 – 1999 Dönemi**

- **Eğitim Süresi:** 4 yıl
- **Sistem:** Bölüm Sistemi
- **Verilen Unvan:** Ziraat Mühendisi

- **Eğitim Yapısı:** Öğrenciler, üniversiteye giriş sırasında ÖSYM tercihleriyle bölümlerini belirlemektedir.

#### **1999 – 2002 Dönemi**

- **Eğitim Süresi:** 4 yıl
- **Sistem:** Lisans Programları Sistemi
- **Verilen Unvan:** Ziraat Mühendisi
- **Eğitim Yapısı:** İlk 6 yarıyıl boyunca ortak dersler verilmiş, son 2 yarıyıl ise bölüm derslerine ayrılmıştır.

#### **2002 – 2008 Dönemi**

- **Eğitim Süresi:** 4 yıl
- **Sistem:** 3+1 Sistemi
- **Verilen Unvan:** Ziraat Mühendisi
- **Eğitim Yapısı:** 5 Eylül 2002’de alınan Üniversitelerarası Kurul Kararı’na göre, öğrenciler ilk 6 yarıyıldan ortak dersler aldıktan sonra son 2 yarıyıldan bölüm derslerini alarak uzmanlaşmıştır.

#### **2008 – Günümüz**

- **Eğitim Süresi:** 4 yıl
- **Sistem:** Bölüm Sistemi
- **Verilen Unvan:** Ziraat Mühendisi
- **Eğitim Yapısı:** Üniversitelerarası Kurul’un kararına göre, öğrenciler ÖSYM tercihleriyle doğrudan bölüm programlarına yerleştirilmektedir.

#### **Ziraat Alet Ve Makinaları Enstitüsü**

Kuruluşu 1933 yılında yüksek ziraat enstitüsü ile birliktedir. Önce YZE kapsamında yer alan 4 fakülteden biri olan Zirai Teknik Fakültesinin içerisinde yer almıştır. Daha sonra Zirai Teknik Fakültesi kapatılmış, Enstitü Zirai Teknik Fakültesi bünyesine aktarılmıştır. Enstitü müdürlüğünü alana mahsus Ordinaryus Profesör bulunmadığından vekaleten Ord. Prof. Dr. Friedrich Falke (Rektör) yürütüyordu. Daha sonra 1936 yılında enstitünün şube şefi Esat Ahmet Bozkaya doçent olduğunda Enstitü bağımsız olmuş ve Esat Ahmet Bozkaya Müdür Vekili olmuştur. Enstitünün kadrosunda şube şefi olarak görev alan Bozkaya, 1935 yılında ise yine Halkalı mezunlarından Hamit Demirtaş 1. sınıf Asistan olarak görev almıştır. Ziraat Fakültesi mezunlarından (YZE) Emin Mutaf ise 1942 yılında asistanlık kadrosuna atanmış ve 1944 yılında ise Rasim

Doğuş ve arkasından Süleyman Kadayıfçılar asistan olarak alınmışlardır. Ancak kadro yokluğu ve askerlik durumları nedeniyle her ikisi de 1950 yılında atanabilmişlerdir. Enstitü kuruluşunun ilk yıllarında Keçiören yolunda eski ziraat mektebi yakınlarında bir binada bulunmaktaydı.

Yüksek Ziraat Enstitüsü Ziraat Fakültesinin son yıllarında öğrenciler ve öğretim üyeleri arasında zaman zaman üzerinde durulan ve görüşmeler yapılan «Bölüm Sistemi» dış ülke ziraat fakültelerinin yönetmelik v.b. yayınları da incelendikten sonra 13.10.1953 tarih ve 8532 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan» Öğretim ve İmtihan Yönetmeliği ile başlamış oldu. Anılan yönetmeliğe göre adeta bir bölüm imiş gibi» Genel Zirai Bilgiler Lisansı» öğretimi de sürdürülmekte olup, asıl ağırlık «Özel Zirai Bilgiler Lisansı»na verilmiştir. O tarihte kabul olunan bölümler :

Ziraat Ekonomisi

Tarla Bitkileri Yetiştirme ve Islahı

Bahçe Bitkileri Yetiştirme ve Islahı

Hayvan Yetiştirme ve Islahı

Ziraat Teknolojisi

Ziraat Makineleri

Toprak İlimi'dir

Anılan talimatnameye göre, her bölümün dersleri üç grup altında toplanır: a) Hazırlayıcı dersler, b) Tamamlayıcı meslek dersleri, c) Bölüm dersleri. Hazırlayıcı ve tamamlayıcı dersler ise zorunlu ve seçmeli olmak üzere iki sınıfa ayrılmıştır.

Bölüm seçimi, Madde 14'te şu şekilde açıklanmıştır: “Öğrenciler, fakülteye kayıt sırasında dilekçelerinde seçmek istedikleri bölümü belirtirler. Öğrenciler, istedikleri takdirde bölüm değiştirebilirler. Bu istek, her yıl Mayıs ayı sonuna kadar Dekanlığa bildirilmelidir. Ancak, bu değişiklik talebinin kabul edilmesi için, yeni bölümün dersleri ve öğretim üyeleri tarafından onaylanması gerekmektedir. Bu durumda, öğrenciler yeni bölümde eksik kalan ders, uygulama, laboratuvar çalışmaları, seminerler ve pratik çalışmaları tamamlamak ve bu derslerin sınavlarını geçmek zorundadırlar.”

Madde 15'e göre, öğrenciler devam edecekleri seçmeli dersleri her sömestr başlamadan önce ilan edilecek süre içinde yazılı olarak Dekanlığa bildirmekle yükümlüdürler. Görüldüğü gibi bugünkü duruma oldukça benzerlik göstermektedir.

**Ziraat Makineleri Bölümünün İlk Ders Müfredatı**  
**Mecburi; Matematik I, Fizik, Kimya I, Ekonomi, İklim Bilgisi**  
**Seçmeli; Jeoloji, Mineroloji, Botanik, Zooloji**

**Tamamlayıcı Dersler**

Mecburi	Seçime Tabi
Bitki Yetiştirme ve Islahı	Endüstri İşletmeciliği
Zirai Ekonomi ve işletmecilik	Endüstri Bitkileri
Toprak Bilgisi	Yem Bitkileri Çayır ve Mera
Matematik II	Bitki Koruma
Kimya II	Zootekni
Mekanik	Süt ve Mamulleri
Malzeme Bilgisi (Emin Mutaf)	Meyve Yetiştirme ve Islahı
Teknik Resim (Hamit Demirtaş)	Bağ Bahçe
Makine Elemanları (Hamit Demirtaş)	Ziraat Sanatları
	İhtimar Sanatları
	Lif Teknolojisi ve Köy
	Sanatları
	Bahçe Mimarisi ve
	Ağaçlandırma

Bölüm Dersleri (Ziraat Alet ve Makineleri Kürsüsü Dersleri-Zirai Kuvvet Makineleri Kürsüsü Dersleri ve Kültürteknik Kürsüsü Derslerinden oluşmaktadır)

- Canlı Kuvvet Kaynakları (Hamit Demirtaş)
- Rüzgar ve su kuvvet makineleri (Hamit Demirtaş)
- Termik Motorlar (Hamit Demirtaş)
- Toprak işleme aletleri (Emin Mutaf)
- Ekim Dikim ve Gübreleme Makinaları (Emin Mutaf)
- Zirai mücadele vasıtaları (Esat Ahmet Bozkaya)
- Su çıkarma ve sulama vasıtaları (Esat Ahmet Bozkaya)
- Ot biçme ve yem hazırlama makinaları (Emin Mutaf)
- Ziraat traktörleri (Hamit Demirtaş)
- Buhar makinaları (Hamit Demirtaş)
- Hasat harman makinaları (Esat Ahmet Bozkaya)
- Tohum temizleme ve ilaçlama makinaları (Emin Mutaf)
- Taşıma ve ulaştırma vasıtaları (Esat Ahmet Bozkaya)

Kültürteknik-sulama  
Tez

### Bölümün İlk Kadrosu

6



Şekil 28. Friedrich FALKE

#### **Prof. Dr. Esat Ahmet Bozkaya**

1897 senesinde İstanbul'da okul direktörü Ahmet Nazif oğlu olarak doğmuştur. İlk, orta ve yedi se-nelik idadi tahsilini ikmal ettikten sonra İstanbul'da Halkalı Yük-sek Ziraat okuluna müsabaka imtihanını kazanarak girmiştir. Tahsili esnasında birinci dünya savaşında (1914-1918) yedek subay adayı olarak askerlik hizmetini yapmak üzere orduya alınmış ve yedek teğmen olarak terhisini müteakip Halkalı'daki yüksek tah-siline devam etmek suretiyle 1921 senesinde birinci derece ile diploma alarak tahsilini bitirmiştir. Bundan sonra Balıkesir'de (Kepsut) Ziraat Okuluna Öğretmen olarak tayin edilmiş ve üç yıl sonra 1924 senesinde açılan Avrupa müsabaka imtihanında muvaffak olarak Ziraat Alet ve Makineleri sahasında ihtisas yapmak üzere Ziraat Vekâleti tarafından Almanya'ya gönderilmiştir. Ekim 1924 den Şubat 1925 tarihine kadar Berlin'de (Spandau)da (Deutsche Werke) Ziraat makineleri deneme ve imâlat kısımlarında ve malzeme tec-rübe laboratuvarında konstrüksiyon dairesinde çalıştıktan sonra asli talebe olarak Berlin Yüksek Mühendis okuluna kabul edilerek branşı ile ilgili dersleri, tatbikatı ve Ziraat Makineleri Profesörü G. Fischer'in tedrisatını takip ettikten sonra Ziraat Vekâletinin emir ve tensibile Halle Üniversitesinin Ziraat Alet ve Makineleri Enstitüsü Direktörü Prof. Dr.

B. Martiny'nin yanında volenter Asistan olarak Enstitü çalışmalarına katılmıştır.

1926 yılının Mart ayından Temmuz ayına kadar süren bir program çerçevesinde Almanya'nın Magdeburg şehrinde bulunan R. Wolf fabrikasında çalışmalarda bulunmuştur. Bu süreçte, ziraat lokomotifleri, buhar makineleri, indikatör ve test laboratuvarları, harman makineleri, dizel motorları üretimi ve bilimsel kontrol biriminde görev almış; ayrıca Ekim 1926'ya kadar fabrikanın Aschersleben şubesinde traktör ve motor deneme laboratuvarında faaliyet göstermiştir.

Kasım 1926 ile Mart 1927 arasında, Leipzig'deki Rud. Sack fabrikasında pulluk üretimi ve test süreçleri üzerine bilgi edinmiş; burada tohum ekim makineleri, malzeme test laboratuvarları ve tarım aletleri deneme çiftliklerinde görev yapmıştır. Daha sonra, 1927 yılının Temmuz ayına kadar Berlin-Tempelhof'ta yer alan Siemens fabrikasında, toprak işleme ve sürme teknikleri üzerine araştırma bölümünde, Prof. Dr. Holdack'ın direktörlüğü altında çalışmalar gerçekleştirmiştir. Ardından, Berlin-Zeesen'de bulunan Deulakraft tarım makineleri merkezinde, tarım traktörleriyle uygulamalı çalışmalara katılmıştır.

Berlin Ziraat Cemiyeti'nin desteğiyle, Dresden yakınlarındaki Limbach'taki bir tarım makineleri deneme işletmesinde pratik uygulamalar yürütmüş ve bu programın sonunda, Ziraat Vekâleti'nin talimatıyla 1927 yılında Türkiye'ye dönerek Ziraat Alet ve Makineleri Şubesi'nin başına atanmıştır. Bu görevde bulunduğu süre içinde, gazojenle çalışan traktörler üzerine incelemeler yapmak üzere kısa bir süre için Fransa'ya gönderilmiştir.

1929 yılında yurda döndüğünde, Türkiye'nin ilk ziraat alet ve makineleri laboratuvarını Ziraat Vekâleti bünyesinde kurmuş ve burada laboratuvar şefi olarak bilimsel ve metodik çalışmalara başlamıştır. 1933 yılında, bu görevle birlikte Yüksek Ziraat Enstitüsü kadrosuna katılmıştır. Doktorasını Prof. Falke'nin danışmanlığında tamamladıktan sonra, 27 Şubat 1936 tarihinde ikinci sınıf doçent olarak atanmış, ardından üç yıllık bir çalışmanın ardından birinci sınıf doçent unvanı almıştır. 7 Şubat 1941 tarihinde, ehliyet ve liyakat gerekçesiyle ikinci sınıf profesörlük unvanına yükselmiş; daha sonra ise birinci sınıf profesörlük derecesine erişmiştir.

1930 yılında, Atatürk'ün talimatıyla "Mazotla İşleyen Ziraat Traktörleri Tecrübe Neticeleri ve Milli Müşteil Maddeler Üzerine Tetkikler"



adlı bir araştırma gerçekleştirmiştir. Bu çalışma, Cumhuriyet döneminde gerçekleştirilen ilk biyodizel ve biyobenzin araştırmaları arasında yer almakta olup, bilimsel anlamda önemli bir katkı sağlamıştır. Fransa'daki görevi de bu çalışmalarla doğrudan ilişkilidir ve Atatürk tarafından yakından takip edildiği düşünülmektedir.



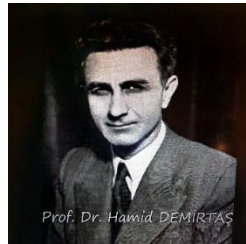
Şekil 29. Prof. Dr. Esat Ahmet BOZKAYA

### **Prof. Dr. Hamid Demirtaş**

1906 yılında Üsküdar'da doğmuştur. Albay merhum Mehmed Neş'et Bey'in oğludur. Lise eğitimini Üsküdar'da tamamlamış ve 1923 yılında Halkalı Ziraat Mekteb-i Âlisi'ne girerek 1927 yılında mezun olmuştur.

1929 yılında Ankara Merkez Ziraat Aletleri Laboratuvarı'na asistan olarak atanmış, 1931 yılında Almanya'ya gönderilmiştir. Almanya'da Berlin Yüksek Mühendis Mektebi'nde öğrenim görmüş ve çeşitli laboratuvar ve fabrikalarda çalışarak bilgisini artırmıştır.

1935 yılında yurda dönerek Ziraat Fakültesi Ziraat Makineleri Enstitüsü'ne asistan olarak atanmış; 1939 yılında doktorasını tamamlamış, 1943 yılında doçentliğe terfi etmiş ve 1947 yılında profesörlük unvanını almıştır. Ankara'da seyrüsefer otomatik işaretlerini kendisi yapmıştır.



Şekil 30. Prof. Dr. Hamid DEMİRTAŞ

### **Prof. Dr. Emin Mutaf**

1939 YZE mezunlarından olan hocamız önce bitki yetiştirme ve ıslahı kürsüsünde stajyer asistan olarak göreve başlamış ve 1942 yılında Ziraat Alet ve Makinaları Enstitüsünde asistanlığa tayin edilerek Prof. Dr. Esat Ahmet Bozkaya'nın yanında 1948 yılında doktorasını tamamlamış ve habilitasyon (Doçentlik) çalışmasını 1953 yılında tamamlayarak doçent olmuş daha sonra 1958 yılında Ege Üniversitesi kadrosuna geçerek bu Fakültenin Ziraat Alet ve Makinaları Kürsüsünde göreve devam etmiş, 1959 yılında da profesörlüğe yükselmiştir.

### **Prof. Dr. Rasim Doğuş**

Hocamız 1944 YZE mezunudur. Askerliğini yaptıktan sonra stajyer asistan olarak Ziraat alet ve Makinaları Enstitüsünde göreve başlamış ve 1950 yılında asistan kadrosuna alınarak 1953 yılında Prof. Dr. Esat Ahmet Bozkaya'nın yanında doktorasını tamamlamış ve 1957 yılında doçentlik çalışmasını bitirerek doçent olmuş ve 1964 yılında profesörlüğe yükseltilmiştir. Bozkaya'nın 1969 yılında emekli olmasından sonra kürsü profesörlüğü görevini üstlenmiştir. Doğuş hocamız bir dönem de Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dekanlığı görevini yürütmüştür.



**Şekil 31.** Prof. Dr. Emin MUTAF (sol) ve Prof. Dr. Rasim Doğuş (Sağ)

### **Prof. Dr. Süleyman Kadayıfçılar**

1947 mezunlarından olan Kadayıfçılar askerliğini yaptıktan sonra stajyer asistan olarak Ziraat Alet ve Makinaları Enstitüsünde görev yaptıktan sonra 1950 yılında Asistan kadrosuna geçerek 1953'de Prof. Dr. Hamid Demirtaş'ın yanında doktorasını yapmış, 1957'de doçentlik çalışmasını bitirip doçent olmuş

ve 1964’de profesörlüğe yükselerek Ziraî Kuvvet Makinaları kürsüsünde göreve devam etmiştir. Prof. Dr. Hamit Demirtaş 1972 yılında emekliye ayrıldıktan sonra kürsü başkanlığı görevini üstlenmiştir.

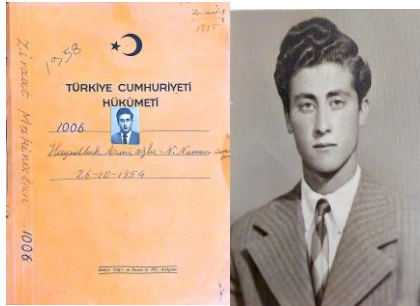
### **Prof. Dr. Ziya Alkan**

YZE 1948 mezunu olan Alkan uzunca bir süre Tarım Bakanlığı teşkilatında çalıştıktan sonra 1956 yılında Ziraat Alet ve Makinaları Kürsüsü’ne asistan olmuş, Amerika’da ileri bir öğretim görmüş, dönüşünde Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Kürsüsü’nde 1964 yılında doktorasını yapmış, 1967’de doçent ve 1970’ de ise profesör olmuştur. Alkan daha sonra Ege Üniversitesi İnşaat Fakültesi kadrosuna geçmiştir.

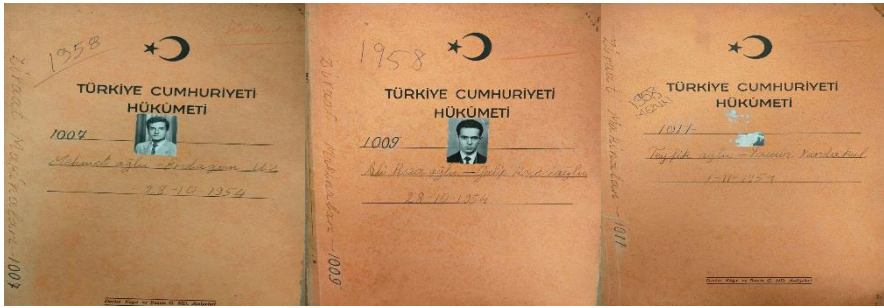


**Şekil 32.** Prof. Dr. Süleyman KADAYIFÇILAR (sol) ve Prof. Dr. Ziya ALKAN (Sağ)

### **İlk Mezunlarımız (1958 Mezunları)**



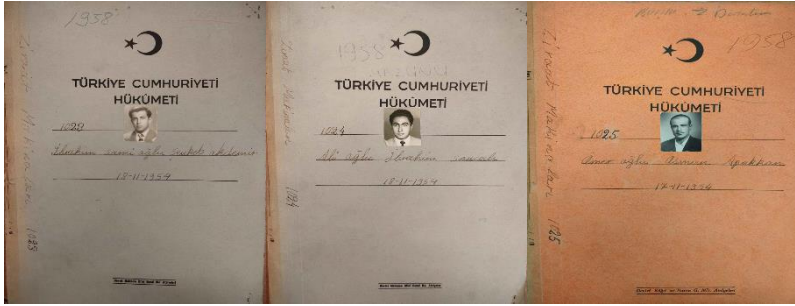
**Şekil 33.** Nimet Numan SUNGUR



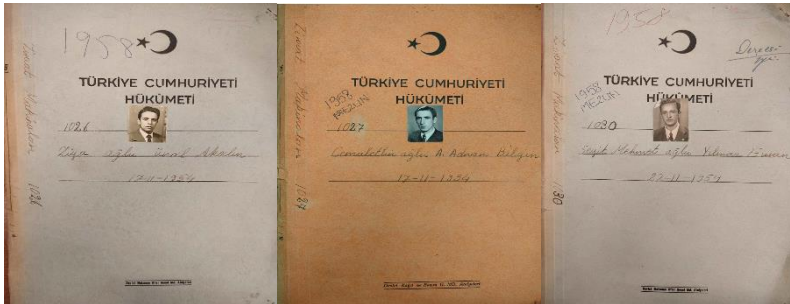
Şekil 34. Erdoğan UZ, Galip KEÇECİOĞLU, Yavuz YURDAKUL



Şekil 35. Erol CINKI, Necmi BİLGİ, Ümit CANDAŞ



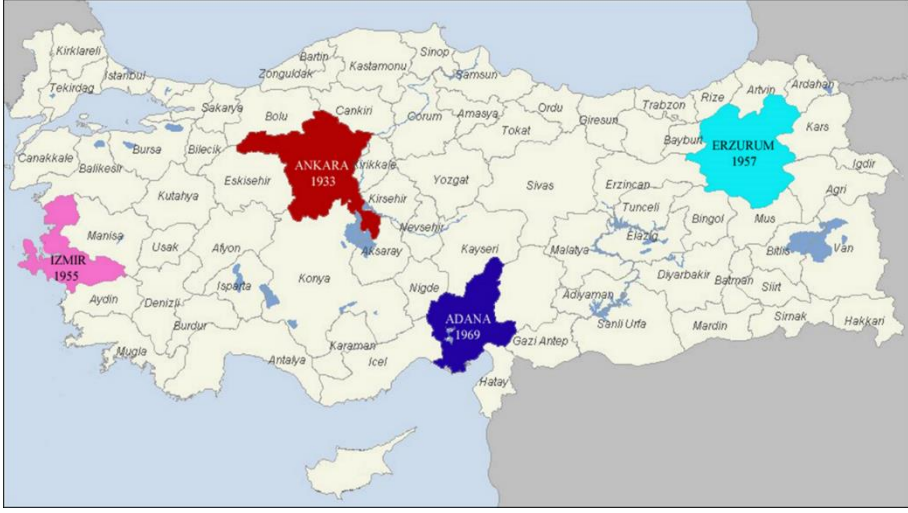
Şekil 36. Şevket AKDEMİR, İbrahim SANCAK, Osman APAKKAN



Şekil 37. Ünal AKALIN, A.Adnan BİLGİN, Yılmaz EREN







Şekil 40. İlk 4 Ziraat Fakültesi

## KAYNAKÇA

- Ankara Üniversitesi. (2024). *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Arşivi*, Ankara.
- Ankara Üniversitesi. (2024). *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü Arşivi*, Ankara.
- Çiftçi, C., Y., (2008). Kuruluşunun 75. Yılında Yüksek Ziraat Enstitüsü (1933-1948). *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1496, 728 s.*, Ankara.
- Gökköl, M., (1935). *Türkiye Buğdayları*, C: I, T.C. Ziraat Vekâleti Yayınları, İstanbul.
- İnci, İ. (2010). Atatürk'ün Direktif ve Tavsiyeleri Işığında Türk Tarımındaki Gelişmeler (1923-1938). *Atatürk Araştırma Merkezi Dergisi*, 26(77), 345-384. <https://atamdergi.gov.tr/tam-metin/206/tur>
- Kırkpınar, N. (2024). Türkiye'de Zirai Eğitimin Tarihçesi ve Kurumsallaşması (1923-1963). *Atatürk Kültür, Dil ve Tarih Yüksek Kurumu Atatürk Araştırma Merkezi Yayınları 564*, ISBN 978-975-17-5714-2, 1128 s., Ankara.
- Kansu, İ.A., (2000). Türkiye'de tarım ve tarımsal eğitimin dünü bugünü yarını. *Panel Notları. T.C. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Yayınları*. Yayın no: 72, 45 s., Kahramanmaraş.
- Tezel, Y. S., (1994). *Cumhuriyet Döneminin İktisadi Tarihi: 1923-1950*, Üçüncü baskı, Tarih Vakfı Yurt Yayınları, İstanbul
- Yurtoğlu, N., (2014). Demokrat Parti Dönemi Tarım Politikaları ve Siyasi, Sosyal, Ekonomik Hayata Tesirleri (1950-1960). *Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi Atatürk İlkeleri ve İnkılap Tarihi Enstitüsü*, 409 s., Ankara.

## BÖLÜM 2

### TARIM MAKİNACILARININ SCIENCE CITATION INDEX (SCI +EXPANDED), PATENT VE TÜBİTAK PROJELERİ PERFORMANSI

Prof. Dr. Can ERTEKİN<sup>1</sup>

Prof. Dr. Kamil EKİNCİ<sup>2</sup>

Arş. Gör. İsmail BOYAR<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye. [ertekin@akdeniz.edu.tr](mailto:ertekin@akdeniz.edu.tr) ORCID No: 0000-0003-2987-2438

<sup>2</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye. [kamilekinci@isparta.edu.tr](mailto:kamilekinci@isparta.edu.tr) ORCID No: 0000-0002-7083-5199

<sup>3</sup> Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye. [ismailboyar@akdeniz.edu.tr](mailto:ismailboyar@akdeniz.edu.tr) ORCID No: 0000-0001-6703-6022





## 1. GİRİŞ

Science Citation Index-Expanded (SCI-Expanded), bilimsel yayınların kalitesini ve etki derecesini ölçmek için kullanılan uluslararası standartlardan biridir. SCI-Expanded, dünya genelindeki bilim insanları için önemli bir referans kaynağı olmakla birlikte, akademik yükselme ve araştırma fonlarının sağlanmasında önemli bir kriter olarak değerlendirilmektedir (Garfield, 2006). Özellikle bilimsel yayınların atıf sayıları ve makale görünürlüğü gibi unsurlar, araştırma etkinliğini değerlendirme açısından kritik öneme sahiptir (Testa, 2012). SCI-Expanded, temel bilimlerden mühendislik, biyomedikal ve sosyal bilimlere kadar geniş bir disiplin yelpazesini kapsar ve böylece araştırmacılara daha fazla kaynak sunar. Bu durum hem bilim insanları hem de kurumlar için performans değerlendirmelerinde SCI-Expanded indeksli yayınların önemini artırmaktadır (Aksnes, Langfeldt, & Wouters, 2019). Bilimsel bir makalenin SCI veya SCI-Expanded'da yayımlanması, çalışmanın uluslararası kabul gördüğünü ve bilimsel kaliteye ulaştığını göstermesinin yanı sıra, araştırmacının itibarını ve çalışmalarının değerini de artırır (Mingers & Leydesdorff, 2015).

SCI indekslerinin yanında, patentler de bilimsel araştırmanın ticari potansiyelini ve özgünlüğünü kanıtlamak için kritik bir rol oynamaktadır. Patentler, özellikle uygulamalı bilimler ve mühendislik alanlarında inovasyonun somut bir göstergesi olarak kabul edilir (Griliches, 1990). Bir patent, araştırmanın yalnızca akademik bir başarı olarak kalmadığını, aynı zamanda pratikte de bir değere sahip olduğunu gösterir. Yapılan bir araştırmanın patentlenmesi, bilim insanlarına fikri mülkiyet hakkı vererek ekonomik kazanç elde etmelerine olanak sağlayabilir (Henderson, Jaffe, & Trajtenberg, 1998). Ayrıca, patent sahibi olmak, araştırmacının alandaki yenilikçi katkısını ortaya koyar ve bu durum bilimsel performans ölçütlerinde de önemli bir yer tutar. Üniversiteler ve araştırma kurumları, araştırma çıktılarının patentlenmesiyle araştırmacılarının yenilikçi kapasitelerini ölçme imkanı bulurlar (Agrawal & Henderson, 2002).

Türkiye'de bilimsel araştırma ve yenilik faaliyetlerini desteklemek amacıyla TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) tarafından sağlanan projeler, yerli araştırmacılar ve akademisyenler için önemli bir finansal kaynak oluşturmaktadır. TÜBİTAK projeleri, bilimsel çalışmaların ulusal düzeyde teşvik edilmesine ve araştırma altyapısı kapasitelerinin

artırılmasına önemli katkılar sağlamaktadır (TÜBİTAK, 2021). TÜBİTAK tarafından desteklenen projelerin uluslararası nitelikte yayınlara veya patentlere dönüşmesi, Türkiye'nin bilimsel prestijini artırmak açısından kritik bir öneme sahiptir. TÜBİTAK, Türkiye'nin araştırma ve inovasyon düzeyini geliştirmek için çeşitli destek programları sunmakta ve böylece bilimsel çıktılarının kalitesini artırmayı hedeflemektedir (Eraslan & Bakır, 2018).

Üniversitelerin ulusal ve uluslararası düzeyde değerlendirilmesinde en sık kullanılan kriterler, kurum adresli çıktılarının (yayın, patent vb) sayısı, niteliği ve aldıkları atıf sayılarının yanında yürütülen proje çalışmalarınıdır. Türkiye'de öğretim elemanı başına ulusal hakemli dergilerde yayımlanmış yayın sayısı 2021 yılında 0.2 iken, 2022 yılında 0.25'e çıkmıştır; üniversite başına düşen yayın sayısı ortalaması ise aynı yıllarda 199'dan 246'ya çıkmıştır. 2022 yılında endeksli dergi ve kitaplarda yayımlanmış toplam yayın sayısı ortalaması 441 iken, öğretim elemanı başına düşen yayın sayısı ise 0.44 olup 2018 yılından itibaren istikrarlı bir artış olmuştur. En yüksek %10'luk dilimde atıf alan yayın sayısı son bir senede 28790'dan 35237'ye, bu kapsamdaki yayın sayısı ortalaması 154'ten 182'ye çıkmıştır. En yüksek %10'luk dilimde atıf alan yayın sayısının büyük ölçüde artması, üniversitelerimizin dünya çapındaki etkisinin arttığını göstermektedir. Bu yıl "Endeksli yayınların atıf alma oranı" ortalaması %71.9'dur (YÖK, 2023).

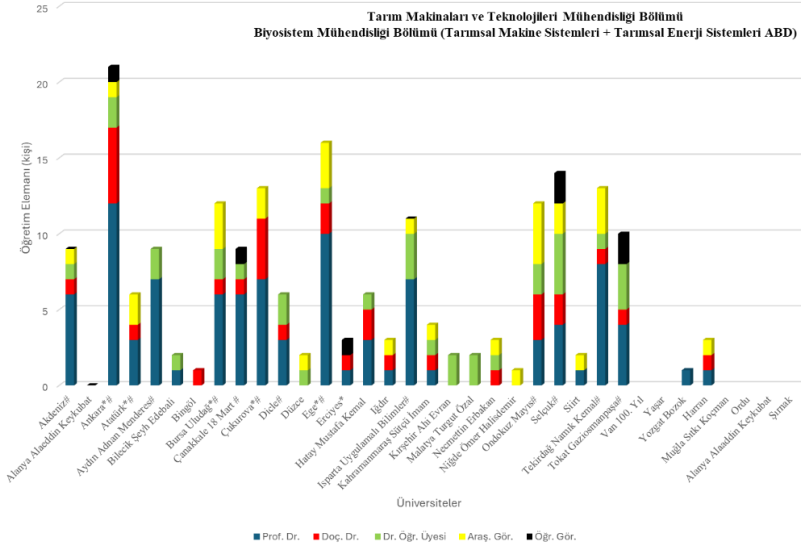
"Ulusal yayınlara atıf sayısı" 2022 yılı ortalaması 948 olarak tespit edilmiştir. Ulusal veya uluslararası hakemli dergilerde yayımlanmış kurum adresli açık erişimli yayın oranı ortalaması ise %62.74 olup, geçen yıl ile yaklaşık olarak aynı seviyededir. 2022 yılında 149 üniversite 2415 patent, faydalı model veya tasarım başvurusu yapmış olup geçen yıl için bu sayı 2113'tür. 2022 yılında 826 patent, 231 faydalı model veya tasarım başvurusu olumlu sonuçlanmıştır. Olumlu sonuçlananlar açısından geçen yıla göre önemli artış söz konusudur. TÜBİTAK tarafından öğrenci, öğretim elemanı ve araştırmacılara verilen ulusal ve uluslararası proje sayısı 31297'dir. Dikkate alınan destek programlarında bu yıl yeni düzenleme yapılmıştır, özel sektöre yönelik yürütülenler de dâhil olmak üzere çok sayıda destek programı bu kapsama alınmıştır. Geçen yıl bu başlıkta 11524 proje desteklenmiştir, bu yılki artışın bir kısmı yeni dâhil edilen destek programlarına ait projelerden kaynaklanmaktadır. 2022 yılında 176 üniversitede ulusal ve uluslararası özel veya resmi kurum ve kuruluşlar tarafından desteklenen 9410 Ar-Ge projesi

yürütülmüştür. Desteklenen Ar-Ge projesi sayısı 10 ve üzeri olan üniversite sayısı 95'tir.

Sonuç olarak, SCI ve SCI Expanded'da yayımlanan çalışmalar, patentler ve TÜBİTAK projeleri, bilimsel performans değerlendirmelerinde temel kriterler olarak öne çıkmaktadır. SCI indeksleri, bilimsel bilginin yayılımını sağlarken, patentler inovasyonun korunmasını ve ticari değerini artırmakta, TÜBİTAK projeleri ise yerli bilimsel araştırmaları teşvik ederek ulusal araştırma kapasitesine katkıda bulunmaktadır. Bu üç kriterin birlikte ele alınması, bilim insanlarının çalışmalarının hem akademik hem de pratik değerini artırmak açısından önemlidir. Güncel araştırmalar, teknolojinin ilerlemesiyle birlikte enerji tüketim verimliliğine yönelik yeni yaklaşımlara ve inovasyonlara duyulan ihtiyacı vurgulamaktadır. Bu çalışmada, Türkiye'de yer alan Ziraat Fakültelerinin, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği ve Biyosistem Mühendisliğinin Tarımsal Makine Sistemleri ve Tarımsal Enerji Sistemleri ABD'da çalışmalarını sürdürmekte olan öğretim elemanlarının çalışmaları incelenmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOD

Çalışma kapsamında incelenen üniversitelerin ilgili bölümlerinin Mayıs 2024 tarihi itibarı ile personel dağılımları Şekil 1'de verilmiştir. Akademisyenlerin SCI ve SCI Expanded'da yayımlanan çalışmaları Web of Science (WOS, 2024), YÖK Akademik (YÖKAKADEMİK, 2024) ve kişisel internet sayfaları kullanılarak belirlenirken, patentler/faydalı modeller Türk Patent ve Marka Kurumu (TÜRKPATENT, 2024) ve TÜBİTAK projeleri (TRDİZİN, 2024) ilgili internet sayfalarından alınmıştır. Bunun yanında Ziraat Fakültesi veya ilgili fakültelerin bulunduğu diğer üniversiteler; Adıyaman, Bartın, Bolu, Eskişehir Osmangazi, Kocaeli, Pamukkale, Recep Tayyip Erdoğan, Sakarya Uygulamalı Bilimler, Sivas Bilim ve Teknoloji, Şırnak, Uşak ve Lefke Avrupa olarak sıralanabilir. Öğretim elemanlarının unvanlara göre dağılımı ise Prof. Dr.-96, Doç. Dr.-31, Dr. Öğr. Üyesi-33, Arş. Gör.-29 ve Öğr. Gör.-7 olarak belirlenmiştir. İncelenen çalışmalar konular bazında sınıflandırılmış ve Tablo 1'de konular belirtilmiştir.



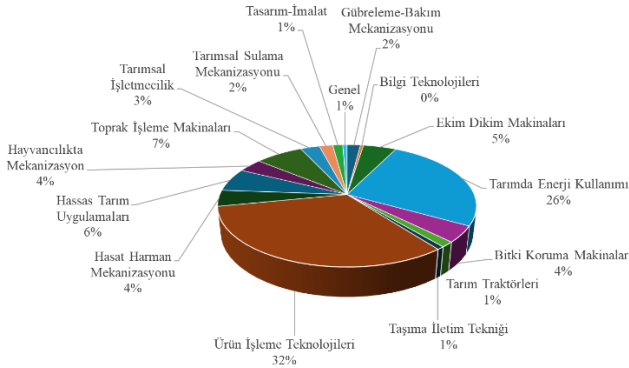
**Şekil 1:** Üniversitelere göre öğretim elemanı dağılımı (#: Deney raporu yetki belgesine sahip, \*: Araştırma üniversitesi)

**Tablo 1:** İncelenen konu başlıklarının açıklamaları ve kısaltmaları

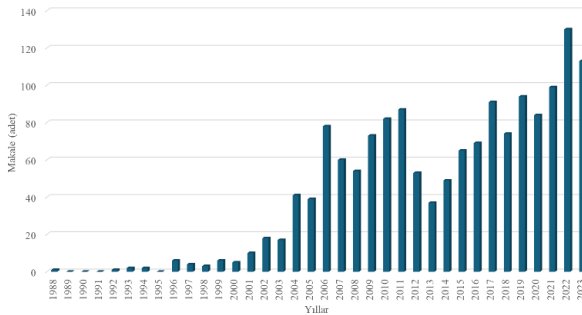
Ekim-Dikim Makinaları	EDM	Ekim yöntemleri ve makinaları ile dikim yöntemleri ve makinaları ile ilgili çalışmalar.
Gübreleme Bakım Mekanizasyonu	GBM	Kimyasal ve çiftlik gübresi dağıtma makinaları ile çapalama gibi bakım makinaları ile ilgili çalışmalar.
Tarımsal Sulama Mekanizasyonu	TSM	Sulama, pompaj tesisleri, pompalar, yağmurlama ve damlama sulama sistemleri ve sulama borularına ait çalışmalar.
Bitki Koruma Makinaları	BKM	Zararlılarla mücadele, pülverizasyon tekniği, tarımsal savaş yöntem ve makinaları ile ilgili çalışmalar.
Hasat Harman Mekanizasyonu	HHM	Silaj, hasat yöntem ve makinaları, harman yöntem ve makinaları ile balya makinalarına ait çalışmalar
Taşıma İletim Tekniği	TİT	Tarım arabaları, elevatörler, konveyörler ve üfleyci düzenlere ait çalışmalar.
Ürün İşleme Teknolojileri	ÜİT	Tarımsal ürünlerin sınıflandırılması, ayrılması, paketlenmesi, kurutulması, depolanması, işlenmesi ve biyolojik malzemelere ait çalışmalar.
Hayvancılıkta Mekanizasyon	HM	Hayvancılıkta yem ve gübre mekanizasyonu, hayvanların bakımına ait mekanizasyon uygulamaları.
Toprak İşleme Makinaları	TİM	Toprak işleme aletlerinin tamamı ve toprak sıkışıklığı ile ilgili çalışmalar.
Tarım Traktörleri	TT	Tarım traktörlerine ait çalışmalar.
Tarımsal İşletmecilik	TİŞ	Tarımsal üretimin planlanması, işletmecilik açısından önemli mekanizasyon konuları ile ergonomi çalışmalar.
Tarımda Enerji Kullanımı	TEK	Tarımsal amaçlı kullanılan motorlar, tarımda güneş, rüzgar, jeotermal enerji uygulamaları ile biyokütle, biyogaz, biyo-yakıt, ısıtma-soğutma ve seracılıkta enerji kullanımına yönelik çalışmalar ile genel enerji konuları.
Bilgi Teknolojileri	BT	Ölçme teknikleri ile tarımda bilgisayar ve yeni bilgi teknolojilerinin kullanımı.
Tasarım İmalat	Tİ	Tarım makinalarının tasarım ve imalatına yönelik çalışmalar.
Hassas Tarım Uygulamaları	HTU	Akıllı tarım uygulamaları, dijital tarım uygulamaları
Genel	G	Yukarıda belirtilmeyen konulara ait çalışmaların tamamını içerir.

### 3. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

1994-2003 yılları arasında SCI ve SCI-Expanded indeksinde toplam 64 makale yayınlanmıştır. 2003 yılında Öğretim Üyesi başına düşen makale sayısı 0.13'tür. En yoğun yayınlanan çalışma konuları tarımda enerji kullanımı ve ürün işleme teknolojileridir. 2003 yıl sonu itibari ile Türkiye adresli yayınların SCI kapsamında konulara göre dağılımı incelendiğinde ürün işleme tekniği ve tarımda enerji kullanımı %37'şerlik paya sahip olurken, tarımsal savaş mekanizasyonu %9, toprak işleme mekanizasyonu %8 ve geriye kalan %9'luk pay ise ekim dikim mekanizasyonu, gübreleme ve bakım mekanizasyonu, hasat harman mekanizasyonu ve taşıma iletim tekniğinden oluşmaktadır (Yaldız ve ark., 2005). 2024 yılı itibari ile çalışma konularına göre en yüksek oran %32 ile ürün işleme tekniği ve ardından %26 ile tarımda enerji kullanımında bulunmaktadır (Şekil 2). 2024 yılı itibari ile SCI-Expanded tarafından taranan toplam makale sayısı 1547'dir ve yıllara göre dağılımı Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 2: Yayınlanan makalelerin çalışma konularına göre dağılımı



Şekil 3: 1988-2023 yıllarında SCI-Exp. tarafından taranan makale sayıları

En yüksek atıf alan makalelerin çalışma konuları, basıldığı dergiler, basım yılları ve atıf sayıları Tablo 2’de, en yüksek dergi etki faktörüne sahip dergilerde basılan makalelerin hangi dergilerde yer aldığı ise Tablo 3’te verilmiştir.

**Tablo 2:** En yüksek atıf alan makalelerin basıldığı dergiler

Sıra	Çalışma Konusu	Dergi Adı	Basım Yılı	Atıf Sayısı
1	Ürün işleme tekniği	Energy	2001	464
2	Ürün işleme tekniği	J. of Food Engineering	2004	452
3	Ürün işleme tekniği	Drying Technology	2001	406
4	Tarımda enerji kullanımı	Energy	2006	266
5	Ürün işleme tekniği	J. of Food Engineering	2006	248
6	Ürün işleme tekniği	Biosystem Engineering	2004	242
7	Ürün işleme tekniği	J. of Food Engineering	2006	225
8	Tarımda enerji kullanımı	Energy Conversion and Management	2006	213
9	Tarımda enerji kullanımı	Biomass & Bioenergy	2004	208
10	Tarımda enerji kullanımı	Applied Energy	2010	162
11	Ürün işleme tekniği	J. of Food Engineering	2006	159
12	Tarımda enerji kullanımı	Energy Conversion and Management	2005	156
13	Ürün işleme tekniği	Biosystem Engineering	2004	152
14	Tarımda enerji kullanımı	Renewable Energy	1998	141
15	Ürün işleme tekniği	Food Chemistry	2017	123

**Tablo 3:** En yüksek dergi etki puanına sahip dergilerde basılan makaleler

Sıra	Dergi Adı	Dergi Etki Faktörü
1	Renewable & Sustainable Energy Reviews	16.9
2	Journal of Cleaner Production	11.0
3	Critical Reviews in Food Science and Nutrition	10.8
4	Bioresource Technology	10.6
5	Virtual and Physical Prototyping	10.4
6	Energy Conversion and Management	10.3

Üniversitelerin 1988-2023 yıllarında SCI-Expanded tarafından taranan dergilerdeki toplam makale sayıları incelendiğinde 165 makale ile Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi ilk sırayı alırken, bunu 155 ve 140 makale ile Ankara ve Akdeniz Üniversiteleri takip etmektedir. Çalışma konularının dağılımlarına bakılacak olursa üniversitelerin çoğunluğunun ürün işleme tekniği ve tarımda enerji kullanımı konularında çalıştığı görülmektedir (Tablo 4). Bunun yanında Bingöl Üniversitesi’nin 5, Düzce Üniversitesi’nin 1,

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi'nin 4, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi'nin 2 ve Malatya Turgut Özal Üniversitesi'nin 5 makalesi olduğundan dolayı bu değerler tabloya eklenmemiştir.

**Tablo 4:** Üniversitelere göre en çok basılan makale çalışma konuları

Üniversite	En çok basılan makale çalışma konusu				Toplam makale sayısı
	1. konu	Oran (%)	2. konu	Oran (%)	
Akdeniz	TEK	31	ÜİT	30	140
Ankara	ÜİT	37	HTU	27	155
Atatürk	TİM	28	ÜİT	26	50
Aydın Adnan Menderes	ÜİT	53	HM	11	28
Bilecik Şeyh Edebali	ÜİT	63	BKM	33	24
Bursa Uludağ	ÜİT	62	TEK	17	137
Çanakkale 18 Mart	ÜİT	40	TİM	20	77
Çukurova	TEK	36	BKM	26	133
Dicle	TİM	33	ÜİT	22	42
Ege	BKM	20	EDM	16	81
Erciyes	TEK	46	ÜİT	23	26
Harran	BKM	30	HHM	30	10
Hatay Mustafa Kemal	ÜİT	46	TEK	34	61
Iğdır	TİM	38	EDM	34	29
Isparta Uygulamalı Bilimler	TEK	70	ÜİT	14	165
Kahramanmaraş Sütçü İmam	TEK	33	TİŞ	27	15
Necmettin Erbakan	TSM	53	G	13	15
Samsun 19 Mayıs	ÜİT	48	TEK	30	67
Selçuk	ÜİT	47	TİM	17	70
Siirt	TEK	90	GBM	5	38
Tekirdağ Namık Kemal	ÜİT	24	TEK	17	88
Tokat Gaziosmanpaşa	ÜİT	70	TİM	10	57
Yozgat Bozok	TEK	100	-	-	22

Basılan makaleler çalışma konuları açısından ayrı ayrı incelenmiş ve hangi üniversitelerin belirlenmiş konularda daha yoğun çalışmalarının bulunduğu tespit edilmiştir. 500 makale ile en çok çalışılan konu ürün işleme tekniği olurken bu konuda en çok çalışan üniversiteler %17'lik pay ile Bursa Uludağ ve %11'lik pay ile Ankara Üniversiteleri olmuştur. Bu konuyu takiben 398 makale ile tarımda enerji kullanımı konusu ikinci sırada yer almıştır. Bu konuda en çok çalışan üniversiteler ise %29'luk pay ile Isparta Uygulamalı Bilimler ve %11'lik pay ile Akdeniz Üniversiteleri'dir. En az çalışılan konular ise bilgi teknolojileri (7 makale), genel (10 makale) ve taşıma iletim tekniği (12 makale) olarak tespit edilmiştir (Tablo 5). 2003 yılında ise aynı konu üzerine yapılan bir çalışmada, sulama mekanizasyonu, hayvancılıkta mekanizasyon, tarım traktörleri, tarımsal ıslah, bilgi teknolojisi, tasarım imalat ve genel konularında hiç çalışma yapılmadığı görülmüştür. Bunun yanında ise tüm



çalışma konuları arasında %37'lik pay ile en yüksek orana sahip olan konular ürün işleme tekniği ve tarımda enerji kullanımı olduğu görülmektedir (Yaldız ve ark., 2005). Ürün işleme tekniği ve tarımda enerji kullanımı konularının geçtiğimiz son 20 yıldan beri hala güncelliğini koruduğu ve bu alanda çalışmaların her geçen gün arttığı görülmektedir.

**Tablo 5:** Çalışma konularına göre en çok makale yayınlayan üniversiteler

Çalışma Konusu	Konu ile ilgili en çok çalışan Üniversite				Toplam makale sayısı
	1. Üniversite	Oran (%)	2. Üniversite	Oran (%)	
EDM	Akdeniz	21	Ege	17	76
GBM	Tekirdağ Namik Kemal	29	Atatürk-Isparta Uygulamalı Bilimler	13	31
TSM	Ege	32	Necmettin Erbakan	26	31
BKM	Çukurova	41	Ege	24	66
HHM	Çukurova-Isparta Uygulamalı Bilimler	14	Dicle-Tekirdağ Namik Kemal	12	66
TİT	Ankara	42	Aydın Adnan Menderes	17	12
ÜİT	Bursa Uludağ	17	Ankara	11	500
HM	Tekirdağ Namik Kemal	20	Ankara-Çanakkale 18 Mart	16	56
TİM	Çanakkale 18 Mart	14	Atatürk-Dicle	13	110
TT	Ankara	41	Selçuk	23	22
TİŞ	Çanakkale 18 Mart	18	Ege-Ankara-Kahramanmaraş Sütçü İmam	9	44
TEK	Isparta Uygulamalı Bilimler	29	Akdeniz	11	398
BT	Çanakkale 18 Mart	43	Bursa Uludağ	29	7
Tİ	Akdeniz	96	Isparta Uygulamalı Bilimler	4	23
HTU	Ankara	45	Bursa Uludağ	14	95
G	Tekirdağ Namik Kemal	70	Necmettin Erbakan	20	10

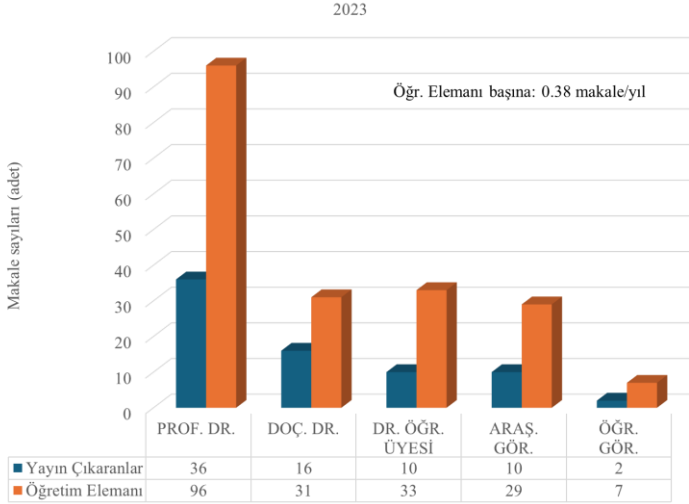
Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği ve Biyosistem Mühendisliği'nin ilgili ABD'na mensup tüm Prof. Dr., Doç. Dr., Dr. Öğr. Üyesi ve Arş. Gör kadrolarındaki öğretim elemanlarının toplam yayınları incelenmiş ve en yüksek ilk 5 yayım sayısına sahip kişilerin yayım sayıları Tablo 6'da verilmiştir. Buna göre en yüksek Prof. Dr. 65, Doç. Dr. 29, Dr. Öğr. Üyesi 14 ve Arş. Gör. 13 yayına sahiptir.

**Tablo 6:** Akademik unvanlara göre en yüksek toplam makale sayısı

Unvanlar	Kişiler (Makale sayısı)				
	1.	2.	3.	4.	5.
Prof. Dr.	65	55	52	42	37
Doç. Dr.	29	29	20	19	15
Dr. Öğr. Üyesi	14	12	9	9	8
Arş. Gör.	13	8	4	4	4

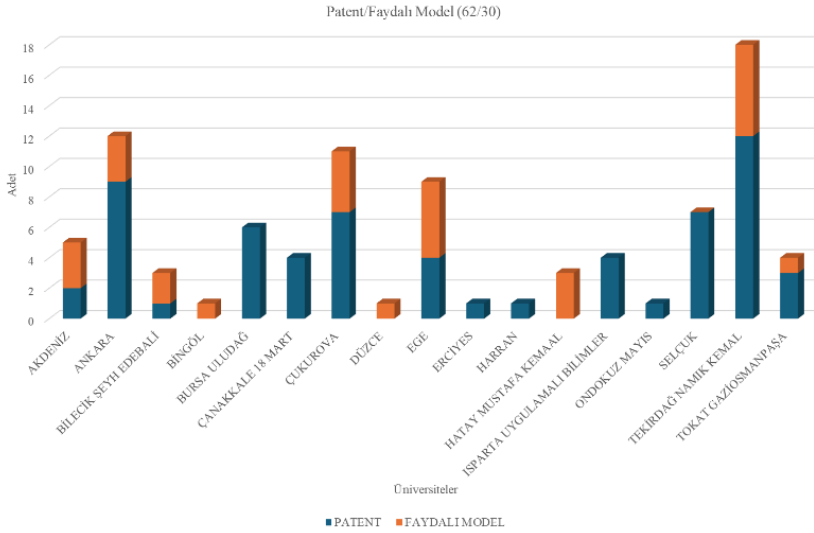
2023 yılı özelinde ilgili bölüm ve ABD'na mensup öğretim elemanlarının toplam sayıları ve bu unvanlara göre basılan makale sayılarının durumu Şekil

4'te gösterilmiştir. Prof. Dr. unvanına sahip öğretim elemanlarının %37.5'i, Doçentlerin %51.6'sı, Dr. Öğr. Üyelerinin %30.3'ü, Arş. Görevlilerinin %34.4'ü ve Öğr. Görevlilerinin %28.5'i, 2023 yılında makale yayınlamıştır. İlgili alanda görev yapmakta olan toplam 196 öğretim elemanının 2023 yılında toplam 74 SCI indeksli yayınlarının basıldığı tespit edilmiştir. Öğretim elemanı başına 2023 yılında 0.38 makale ortalaması gerçekleşmiştir.



**Şekil 4:** 2023 yılında makaleleri yayınlanan öğretim elemanları

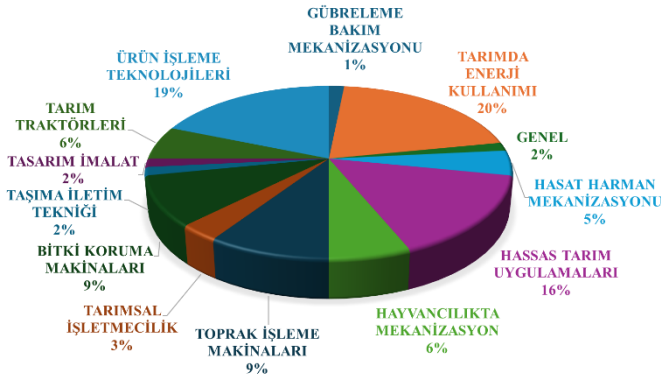
2023 yılı sonuna kadar yapılan patent ve faydalı modellere dair çalışmalar incelenmiş ve bu çalışmaların üniversitelere göre dağılımları Şekil 5'te verilmiştir. Toplam 62 patent ve 30 faydalı model için tescil alınırken, bu iki kriterin en yüksek olduğu üniversite 12 patent ve 6 faydalı model tescili ile Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi olmuştur. Bunu takiben 9 patent ve 3 faydalı model ile Ankara Üniversitesi, 7 patent ve 4 faydalı model ile Çukurova Üniversitesi yer almıştır. Sadece patentler bazında Selçuk Üniversitesinin de 7 patenti olduğu görülmüştür. Aynı şekilde sadece faydalı modeller incelenirse Ege Üniversitesi 5, Çukurova Üniversitesi 4, Akdeniz, Ankara, Hatay Mustafa Kemal Üniversiteleri de 3 faydalı model tescili gerçekleştirmişlerdir.



**Şekil 5:** Üniversitelere göre patent ve faydalı model sayıları

Alınan patentler çalışma konularına göre incelendiğinde hayvancılıkta mekanizasyon %15 ile ilk sırada yer alırken, bu konuyu %14 ile tarımda enerji kullanımı ve bitki koruma makinaları konuları takip etmiştir. Faydalı modellerde ise %23 ile hasat harman mekanizasyonu, %19 ile bitki koruma makinaları, %11 ile tarımda enerji kullanımı konuları yer almıştır. Patent ve faydalı modellerin genel ortalaması olarak bakıldığında ise bitki koruma makinaları %15 ile ilk sırada yer alırken %13 ve %12'lik paylarla sırasıyla tarımda enerji kullanımı ve hasat harman mekanizasyonu konuları ikinci ve üçüncü sıradadır.

Günümüze kadar ilgili bölüm ve ABD'na ait yapılan TÜBİTAK projeleri (TRDİZİN, 2024) incelenmiş ve bu incelemelere göre çalışma konusu bakımından en yüksek orana sahip olan konunun %20 ile tarımda enerji kullanımına ait olduğu görülmüştür. Bu konuyu takiben sırasıyla %19 ve %16'lık paylar ile ürün işleme teknolojileri ve hassas tarım uygulamalarına ait çalışma konuları yer almıştır. Toplam 64 TÜBİTAK projesi gerçekleştirilmiş ve birer proje ile en düşük orana sahip çalışma konuları, gübreleme bakım mekanizasyonu, genel, taşıma iletim tekniği ve tasarım imalat çalışma konuları olmuştur (Şekil 6).

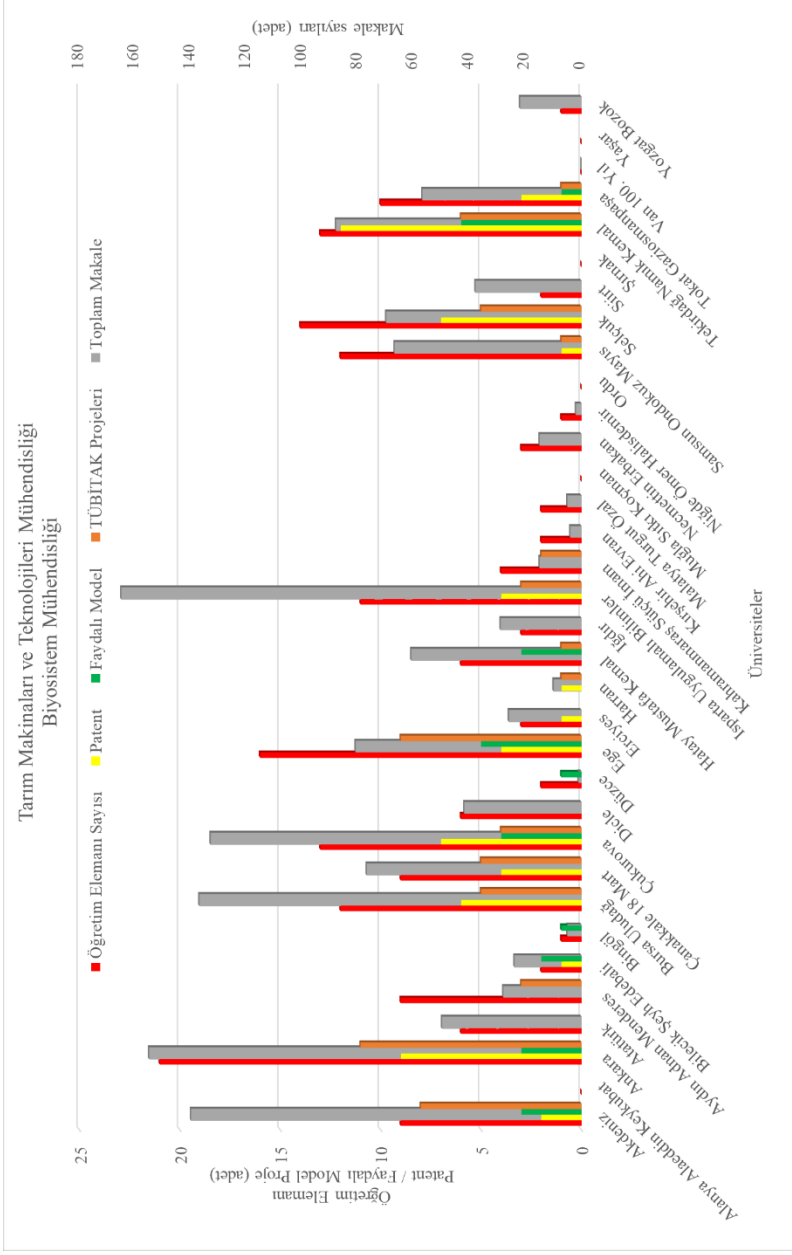


(Şekil 6): Yapılan TÜBİTAK projelerinin çalışma konularına göre dağılımı

Türkiye'deki üniversitelerin Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği ve Biyosistem Mühendisliği Bölümleri ilgili ABD'nin günümüze kadar gerçekleştirmiş olduğu çalışmalardan yola çıkılarak elde edilen tüm verilerin bir arada olduğu grafik Şekil 7'de verilmiştir. Buna göre ilgili bölümlerde görev yapmakta olan toplam öğretim elemanlarının sayısı, basılan toplam SCI-Expanded indeksli makaleler, başarıyla tamamlanan toplam TÜBİTAK projeleri, tescilli alınan patent ve faydalı modellerin tümünün verileri bir arada verilmiştir.

#### 4. SONUÇ

Sonuç olarak Türkiye'deki Tarım Makinaları alanında akademik çalışmalar gerçekleştiren öğretim elemanlarının Science Citation Index (SCI-Expanded), patent ve TÜBİTAK projeleri performansları 2023 yılı sonu itibari ile değerlendirilmiştir. Bu kapsamda çalışma konusu olarak ürün işleme tekniği ve tarımda enerji kullanımı konuları en çok çalışılan konular olurken, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi toplam 165 makale ile en fazla sayıda makale basan üniversitemiz olmuştur. 2023 yılında alandaki tüm öğretim elemanları toplam 74 SCI makale yayınlamış ve öğretim elemanı başına yıllık ortalama 0.38 makale yayınlamıştır. Sonuç olarak, uygulamalı fen bilimleri mühendislik alanlarında yapılan temel bilimsel çalışmalarda etki faktörü yüksek olan SCI/SCIE dergilerde yayın çalışması yapılırken aynı zamanda somut bir sonuç olan patent/faydalı model çalışmaları da eşit önem seviyesinde yapılmalıdır.



**Şekil 7:** Üniversitelere ait öğretim elemanları, patent, faydalı model, TÜBİTAK projeleri ve makale sayıları

**KAYNAKÇA**

- Agrawal, A., & Henderson, R. (2002). Putting patents in context: Exploring knowledge transfer from MIT. *Management Science*, 48(1), 44-60. doi:10.1287/mnsc.48.1.44.14279
- Aksnes, D. W., Langfeldt, L., & Wouters, P. (2019). Citations, citation indicators, and research quality: An overview of basic concepts and theories. *SAGE Open*, 9(1), 1-17. doi:10.1177/2158244019829575
- Eraslan, E., & Bakır, Y. (2018). Türkiye'de bilimsel araştırmalara verilen kamu desteklerinin analizi. *Sosyoekonomi*, 26(39), 47-64. doi:10.17233/sosyoekonomi.2018.03.03
- Garfield, E. (2006). The history and meaning of the journal impact factor. *JAMA*, 295(1), 90-93. doi:10.1001/jama.295.1.90
- Griliches, Z. (1990). Patent statistics as economic indicators: A survey. *Journal of Economic Literature*, 28(4), 1661-1707.
- Henderson, R., Jaffe, A. B., & Trajtenberg, M. (1998). Universities as a source of commercial technology: A detailed analysis of university patenting, 1965–1988. *The Review of Economics and Statistics*, 80(1), 119-127. doi:10.1162/003465398557221
- Mingers, J., & Leydesdorff, L. (2015). A review of theory and practice in scientometrics. *European Journal of Operational Research*, 246(1), 1-19. doi:10.1016/j.ejor.2015.04.002
- Testa, J. (2012). The Thomson Reuters journal selection process. Thomson Reuters. Erişim adresi: <https://clarivate.com>
- TRDİZİN (2024). <https://trdizin.gov.tr/> Erişim Tarihi: 13.05.2024.
- TÜBİTAK (2021). Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Destek Programları.
- TÜRKPATENT, (2024). <https://www.turkpatent.gov.tr/arastirma-yap> Erişim Tarihi: 13.05.2024.
- Yaldız, O., Ertekin, C., Sözer, S., & Külcü, R. (2005). Tarımsal Mekanizasyon Alanında Türkiye ve Dünya'da Yapılan Yayınların Dağılımı. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 1(1), 1-14.
- YÖK, (2023). Üniversite İzleme ve Değerlendirme Genel Raporu-2023.
- YÖKAKADEMİK, (2024). <https://akademik.yok.gov.tr/AkademikArama/> Erişim Tarihi: 13.05.2024.
- WOS, (2024). <https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search> Erişim Tarihi: 13.05.2024.



## BÖLÜM 3

### ÇUKUROVA BÖLGESİ BUĞDAY TARIMINDA UYGULANAN FARKLI TOPRAK İŞLEME YÖNTEMLERİNİN YAKIT TÜKETİMİNE ETKİSİ

Arş. Gör. Serkan ÖZDEMİR<sup>1</sup>  
Prof. Dr. Zeliha BEREKET BARUT<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Çanakkale-Türkiye. serkan.ozdemir@comu.edu.tr , ORCID: 0000-0003-4278-1717

<sup>2</sup> Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Adana-Türkiye, zbarut@cu.edu.tr , ORCID 2: 0000-0002-4960-1945





## 1. GİRİŞ

Tarımsal üretimin ilk aşaması, ana üretim kaynağı olan toprağı işlemektir. Bu işlem, bitkisel üretimin iş zinciri içerisinde en fazla enerji ve zaman gereksinimine neden olan bir uygulamadır. Bu nedenle, toprak işleme, maliyet yönünden bitkisel üretimde en pahalı işlemlerden biridir. Ülkemizde hala yoğun olarak uygulanan geleneksel toprak işleme yöntemi, tarla trafiğı en yoğun toprak işleme yöntemidir. Bitki artıklarının büyük bir bölümünün toprak altına gömüldüğü, çok kez pulluğun kullanıldığı bu yöntem tarla trafiğı yüksek yoğun toprak işleme nedeniyle toprak sıkışıklığı ve erozyonu büyük ölçüde tetiklemektedir (Barut ve Çelik, 2009; Choudhury ve ark., 2014). İş gücü, zaman ve enerji sarfiyatının daha fazla olduğu bu uygulamada toprak işleme ardından ekim sonrası toprak yüzeyinde çok az veya hiç bitki artığı kalmadan toprak işlenmektedir (Barut ve Ozdemir, 2024). Organik madde dönüşü nispeten az olan bu uygulama uzun sürede toprak verimliliğini düşürebilmektedir. Dünya nüfusu ve gıda güvenliği de dikkate alındığında, sera gazı salımlarını azaltacak, iklim değişikliğine dayanıklı ve duyarlı, sürdürülebilir tarımsal üretim sistemlerinin oluşturulması son derece önemlidir. Bu bağlamda koruyucu toprak işleme yöntemlerinin giderek daha fazla önem kazanmasının başlıca nedenleri;

- Erozyona karşı toprak koruması,
- Doğaya karışan karbondioksit salımının azalması,
- Toprak içi nem korunumu sağlaması,
- Organik madde miktarını artırması,
- Tarlada traktör geçiş sayısında sınırlama ile yakıt tüketimi tasarrufu,
- Düşük maliyet ve yüksek verim potansiyeli olarak sıralanabilir (Hobbs ve Gupta, 2004; ASABE, 2013).

Günümüzde yaşanan enerji sıkıntısı, tarım sektörü de dahil olmak üzere, tüm alanlarda enerji tasarrufu sağlayacak ve hedeflere daha hızlı ulaşılabilecek yöntemlerin araştırılmasını zorunlu hale getirmiştir.

Tarımda toplam enerji tüketiminin yaklaşık üçte biri yalnızca yakıt kullanımı sonucu gerçekleşir. Farklı ürünler için yıllık dizel yakıt tüketimi, bakım işlemlerinin yoğunluğuna bağlı olarak 60-210 litre/ha arasında değişir (Ozdemir ve ark., 2023). Yılda 400 hektar işleyen bir traktörün yakıt maliyetleri toplam maliyetlerin yaklaşık %40'ını oluşturur (Handler ve Nadlinger, 2012). Tarımsal üretimde girdi olarak enerjiye duyulan ihtiyaç, üretimin karlılığını belirleyebilmekte ve bu da üreticinin gelişmiş tarımsal sistemlere yatırımını büyük ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle, ekonomik olarak maliyete dayalı etkin

enerji önlemlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Woods ve ark., 2010; Pelletier ve ark., 2011).

Toprak işleme alet ve makinalarının yakıt tüketimlerini belirlemek ve bu makinaları yakıt tüketimine göre sınıflara ayırmak, tarımsal işletmelerin seçeceği toprak işleme yöntemi, toprak işleme makinasının enerji gereksinimi ve yakıt tüketiminin önceden belirli olması, önemlidir. Çünkü işletmelerin girdi maliyetlerini tahmin ederek mali ve yöntem planlarını oluşturmasında bu bilgi katkı sağlayacaktır. Yapılan araştırmada farklı toprak işleme yöntemlerine göre alet ve makinaların yakıt tüketimlerini belirleyerek toprak işleme yöntemlerinin yakıt tüketimleri belirlenmiştir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmada geleneksel toprak işleme, azaltılmış toprak işleme ve toprak işlemez (doğrudan ekim) ekim olmak üzere üç farklı yöntemi uygulanmıştır. Bu üç yöntemde kullanılan toprak işleme alet ve makinalarının yakıt tüketimleri ölçülmüştür. Denemeler, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde 12 x 40 m'lik deneme parselleri üzerine kurulmuştur. Parsellerinin toprak yapısı; %47 kil, %30 silt ve %23 kumdan oluşmaktadır.

Denemede buğday (*Triticum aestivum* L.) tohumu kullanılmıştır.

Toprak işleme yöntemlerinin yakıt tüketimini belirlemek için, yöntemlerde kullanılan her bir alet ve makinanın ayrı ayrı yakıt tüketimleri ölçülmüştür (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** Toprak işleme yöntemleri ve kullanılan makina-ekipman

	<i>Kulaklı pulluk</i>	<i>Ağır diskli tırmık</i>	<i>Kültivatör</i>	<i>Rotatiller</i>	<i>Ekim</i>
<b><i>Geleneksel toprak işleme</i></b>	1	1	1	-	1
<b><i>Azaltılmış toprak işleme</i></b>	-	-	1	1	1
<b><i>Toprak işlemez</i></b>	-	-	-	-	1

Toprak işleme ve ekim işlemlerinde kuvvet kaynağı olarak New Holland TD 95D 4 WD model traktör kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Denemede kullanılan New Holland TD 95D 4 WD model traktör

Yakıt tüketimleri traktörün yakıt filtresi ile yakıt pompası arasına yerleştirilen özel bir yakıt ölçme cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Söz konusu cihaz bir doktora araştırması için Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Bölümünde geliştirilmiş olup yakıt tüketimini l/h olarak hesaplamaktadır.



Şekil 2. Denemede kullanılan yakıt ölçme cihazı

Cihazdan elde edilen verilerin doğrulması beher ile doldurma- tamamlama yöntemi ile yapılarak, cihaz kalibrasyonu sağlanmıştır (Şekil 3).

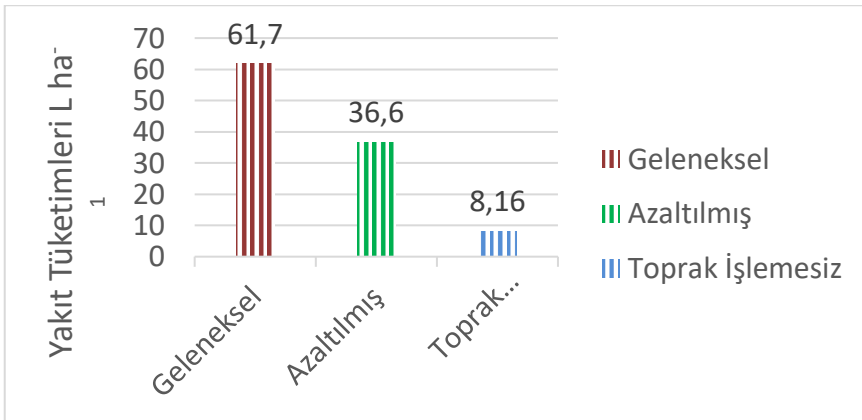


Şekil 3. Beher ile doldurma- tamamlama

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Koruyucu toprak işleme yönteminin doğal kaynakları koruduğu, çevresel faktörleri iyileştirdiği ve ürün verimliliğini artırdığı da önceki çalışmalarla ortaya konmuştur (Ozdemir ve Barut, 2022). Ayrıca koruyucu toprak işleme yöntemlerinin üretim maliyetlerini azalttığı araştırmacılar tarafından vurgulanmaktadır (Kölller, 2003).

Araştırma sonuçlarına göre en az yakıt tüketimi  $8,16 \text{ L ha}^{-1}$  ile toprak işlesiz (doğrudan ekim) yönteminde olup bunu  $36,6 \text{ L ha}^{-1}$  ile azaltılmış toprak işleme yöntemi izlemiştir. En yüksek yakıt tüketimi  $61,7 \text{ L ha}^{-1}$  ile geleneksel toprak işleme yönteminde belirlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Toprak işleme yöntemlerin yakıt tüketimleri,  $\text{L ha}^{-1}$

#### 4. SONUÇ

Araştırma sonucunda geleneksel toprak işleme yöntemi, azaltılmış toprak işleme ve toprak işlesiz doğrudan ekim yöntemleri ile karşılaştırıldığında; %40,6 ile azaltılmış toprak işleme, %86,7 ile toprak işlesiz doğrudan ekim daha az yakıt tüketimi sağlamıştır.

Zaman, iş gücü ve enerji sarfiyatının daha fazla olduğu geleneksel toprak işleme yöntemi yerine, sürdürülebilir tarım uygulamaları ışığında ekonomik ve ekolojik olarak, koruyucu ve onarıcı bir sistem oluşturan azaltılmış ve toprak işlesiz doğrudan ekim yöntemlerin tercih edilmesi önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- ASABE, 2013. Terminology for Soil Engaging Components for Conservation - Tillage Planters, Drills, and Seeders. In ASAE Standards 2006, ASABE Standards S477, 364-369, St. Joseph, MI, USA.
- Barut, Z.B., Çelik İ., 2009. Tillage Effects on Soil Quality Indicators in the Semi-Arid Mediterranean Coastal Plain of Turkey, *The Philippine Agricultural Scientist*, 92(3), 290-300.
- Barut, Z.B., Ozdemir, S., 2024. The Effect of Different Tillage Methods on Plant Emergence Parameters for Wheat, *Springer Nature*, cilt.458, ss.51-59.
- Choudhury, S. G., Srivastava, S., Singh, R., Chaudhari, S. K., Sharma, D. K., Singh, S. K., ve Sarkar, D., 2014. Tillage and residue management effects on soil aggregation, organic carbon dynamics and yield attribute in rice–wheat cropping system under reclaimed sodic soil. *Soil and Tillage Research*, 136, 76-83.
- Handler, F., & Nadlinger, M. (2012), D 3.8 Strategies for saving fuel with tractors Trainer handbook Version 12/2012. Efficient 20. IEE/09/764/SI2.558250
- Hobbs, P.R., Gupta, R.K. 2004. Problems and challenges of no-till farming for the rice–wheat systems of the Indo-Gangetic plains in South Asia. In: Lal, R., Hobbs, P., Uphoff, N. and Hansen, D.O. (eds) Sustainable Agriculture and the Rice–Wheat System. Ohio State University, Columbus, Ohio, pp. 101–119; Marcel Dekker, New York, pp. 101–121.
- Ozdemir S., Barut, Z.B., 2022, Wheat Agriculture and Applied Of Conservation Tillage Methods in Adana International Current Research on Agriculture and Food Technologies, Editör ;Tunahan ERDEM,Melis ÇELİK GÜNEY,Hakan GÜNEY, *Akademisyen Kitabevi, Ankara*, ss.57-70, 2022.
- Ozdemir S., Ayhan B., Öztürk H. H., Barut, Z.B., 2023. Determination of Energy Consumption And Carbon Dioxide Emissions Related To Fuel Consumption For Agricultural Mechanization Applications, *Acta Technica Corviniensis*, cilt.16, sa.3, ss.111-114.
- Ozdemir S., Ayhan B., Öztürk H. H., Barut, Z.B., 2023. Specific measures for energy saving in soil tillage, *ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara*, cilt.21, sa.2, ss.143-148,.
- Pelletier, N. (2008). Environmental performance in the US broiler poultry sector: Life cycle energy use and greenhouse gas, ozone depleting, acidifying and eutrophying emissions. *Agric. Systems* 98(2): 67–73.

Woods, J., Williams, A., Hughes, J.K., Black, M., & Murphy, R., (2010), Energy and the food system. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365 (1554):2991–3006.





## BÖLÜM 4

### TAHİL EKİM MAKİNALARININ TOHUM DAĞILIMINI İYİLEŞTİRMEK İÇİN YENİ BİR TOHUM BORUSU TASARIMININ GELİŞTİRİLMESİ<sup>1</sup>

Zir. Müh. Ali AKTAŞ<sup>1°</sup>, Prof. Dr. Davut KARAYEL<sup>2\*</sup>

---

<sup>°</sup> Bu, çalışma yazarın Yüksek Lisans Tezinden üretilmiştir.

<sup>1</sup> Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya <https://orcid.org/0000-0003-0725-7098>,

<sup>2</sup> Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya <https://orcid.org/0000-0002-6789-2459>

\*Sorumlu Yazar: D. Karayel, e-posta: [dkarayel@akdeniz.edu.tr](mailto:dkarayel@akdeniz.edu.tr)



## 1. GİRİŞ

Ekim işlemleri, bitkisel üretim amacıyla ana bitkiyi oluşturacak tohumları tohum yatağına bitki isteklerine uygun yatay düzlemdeki bir dağılımla belirli bir derinliğe yerleştirme ve üzerini kapatma işlemidir. Ekim yöntemleri genel olarak serpme, banda ve sıraya ekim olmak üzere üç grup altında toplanabilir. Serpme ekimde tohumlar tarla yüzeyinin %100'üne dağıtılırken, banda ekimde %50'sine, sıraya ekimde ise %10'una dağıtılır (Özmerzi, 1996). Ülkemizde olduğu gibi bütün dünyada insanlığın ana beslenme maddesi olan tahıllar, on dokuzuncu yüzyılın sonuna kadar hemen hemen tamamen elle serpilerek ekilirdi. Tarla yüzeyine el ile dağıtılan tohumlar daha sonra tırmıklar kullanılarak kapatılırdı. Günümüzde halen, ülkemizin bazı bölgelerinde santrifüjlü gübre dağıtma makineleri kullanılarak serpme ekim uygulamaları görülse de kolay uygulanabilmesi ve güvenilir olması nedeniyle sıraya ekimin büyük oranda serpme ekimin yerini aldığı söylenebilir.

Sıraya ekim yöntemi; kesintisiz sıraya ekim, banda ekim, şeritsel ekim, dar sıra ekim, çapraz ekim, hassas ekim ve ocaklara ekim şeklinde uygulanabilir. Bitkinin yaşam alanı ihtiyacı ekim yönteminin seçiminde önemli bir etmendir. Kesintisiz ekim yönteminde tohumlar 15-20 cm aralıklı paralel sıralar üzerine bırakılır. Tohumlar sıra üzerine kesintisiz akış şeklinde yerleştirilir ve aralarındaki uzaklıklar gelişmiş güzel bir dağılım göstermektedir. Tohumların kapatılması doğal toprak akışı ve çizileri açan ayakların arkasına bağlanmış olan zincir ya da tırmıklarla yapılır. Tahılların sıraya ekiminde bu yöntem kullanılmaktadır. Genellikle "mibzer" olarak adlandırılan tahıl ekim makineleri, tarlada açılan çizilere tohumu bir sıra üzerinde olacak şekilde yerleştiren makinelerdir. Tahıl ekim makineleri, tohumların kesintisiz sıraya ekim yöntemiyle ekilmesine uygundur. 19. yüzyılın ortalarına doğru İngiltere'de daha çok tahıl ekimi için geliştirilmiş makinelerdir. Bu makinelerle aynı zamanda baklagil, şeker pancarı, yem bitkileri, ayçiçeği gibi bitkilerin tohumları da ekilebilmektedir. Ancak günümüzde ekim makineleri alanında görülen gelişmeler sayesinde şeker pancarı, ayçiçeği, pamuk gibi her ürüne özgü ekim makinelerinin gelişmesine paralel olarak bu makineler yalnızca tahıl ekiminde kullanılmaya başlanılmıştır. Tahıl ekim makinelerinde olduğu gibi ekim makinelerinin tipi ve yapısı ne olursa olsun makina esas itibarıyla tohum deposu, ekici düzen, tohum borusu, gömücü ayak, hareket iletim düzeni,

kaldırma düzeni, şase, tekerlekler ve kapatma düzeninden oluşmaktadır (Erol, 1971; Erol ve Gökür Dursun, 1998). Ülger vd. (1996)'ya göre sıraya ekim yapan makinelerin, bölge ve tarla koşullarına uygun ekim yapabilmesi için tarım tekniği, işletmecilik ve yapım özellikleri bakımından birtakım özellikleri içermesi istenmektedir. Bu özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Oluşturulan ekim sıraları birbirine eşit uzaklıkta olmalı,
- Her sıraya atılan tohum miktarı eşit olmalı,
- Ekici düzenler tarafından atılan tohum miktarı belirli bir ayar için tüm ekim süresince değişmemeli,
- Tohumlar sıra üzerinde düzgün dağılmalı ve bu durum ekim normuna uygun olmalı,
- Tohumlar ekim süresince istenilen derinliğe eşit olarak bırakılmalı,
- Ekim sırasında, tohumun üreme yeteneğini yok eden mekanik zedelenme oluşmamalı,
- Makina istenilen ekim normları ve ekim derinliklerine göre ayarlanabilmeli,
- Tohum sandığı ve ekici düzenler ekimden sonra kolaylıkla boşaltılabilir ve temizlenebilir olmalıdır.

Bir ekim makinasının ekim düzgünlüğü bitkilerin tarla filiz çıkışını, gelişimini ve sonuç olarak verimini etkileyen önemli bir faktördür. Toprak işleme, gübreleme, bitki koruma gibi üretimi arttırıcı etmenlerin yanında düzgün bir yaşam alanı sağlamak suretiyle verimde artış sağlanabilmektedir (Endrerud, 1999; Önal, 2006; Kocher vd., 2011). Ekim işleminde, tohumların toprak içerisindeki dağılımı yatay ve düşey dağılım şeklinde ifade edilir. Ekimde düzgün bir yatay düzlem tohum dağılımının sağlanmasında ekici düzenler birinci derecede etkilidir. Ancak; ekici düzen tarafından hareketlendirilen tohumların toprak içine yerleştirilene kadar oluşacak aksaklıkların da ekim kalitesi ve başarısı üzerine etkili olduğu dikkate alınmalıdır. Bir ekim makinasının sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünün iyileştirilmesi bitkiler arasındaki rekabeti azaltarak verimi arttıracaktır. Yatay düzlemdeki tohum dağılım düzgünlüğüne, tohumların sıra üzeri uzaklık dağılımı yanında çizi ekseninden sapma miktarları da etkilidir. Bir bitkinin sıra üzeri ve sıra arası uzaklığı o bitkiye düşen yaşam alanını belirlemektedir. Teorik olarak hedeflenen sıra arası ve sıra üzeri uzaklıklardan sapma miktarları

ise bitkinin yatay düzlemdeki ekim düzgünlüğünü oluşturmaktadır.

Ekim işleminde tohum dağılım düzgünlüğünün iyileştirilmesi, her bir tohuma düşen yaşam alanının birbirine daha yakın olmasına ve böylece verimin artmasına katkı sağlamaktadır. Bunun yanında, komşu tohumlar arası boşlukların azalmasıyla yabancı otların bastırılmasına yardımcı olmaktadır. Buna rağmen geleneksel tahıl ekim makinalarında tohum dağılım düzgünlüğü çok iyi değildir. Müller ve Köller (1996)'e göre geleneksel tahıl ekim makinalarında ekim sonrası tohumlar üstel (exponential) bir dağılım göstermektedir. İstenen sıra üzeri uzaklıkta ekilen tohumların oranı çok düşük olmaktadır. Araştırmacılar tarafından mekanik tahıl ekim makinaları ile buğday ekimi sonrası sıra üzeri tohum aralıkları ölçülmüş ve bu uzaklıkların varyasyon katsayısının %100 ile %110 arasında olduğu, tohumların sıra üzeri uzaklıklarındaki sapmanın ortalama sıra üzeri uzaklıktan fazla olduğu belirlenmiştir. Buğday tohumu ile 300 kg/ha ekim normu ile yapılan ekim işleminde ortalama sıra üzeri mesafe 20 mm iken, sıra üzeri uzaklığın standart sapması 22 mm olarak gerçekleştiği bunun temel nedeninin de tohumların tohum borusu içerisindeki akışının olduğu vurgulanmıştır.

Daha iyi bir tohum dağılımı sağlanabilmesi için istenilen sıra üzeri uzaklıkta ekilen tohumların oranı artırılmalıdır. Kesintisiz sıravari ekim yapan tahıl ekim makinalarında tohum dağılımının kötü olmasının temel nedeni tohumların tohum borusu içerisindeki hareketidir. Mekanik tahıl ekim makinalarında ekici üniteler tarafından hareketlendirilip tohum borusuna bırakılan tohumlar, tohum borusu içerisinde tamamen yerçekimi etkisiyle tesadüfi olarak hareket ederler (Turgut vd., 1993; Ünal, 2004). Tohumların tohum borusu çeperine çarpma sayıları ve izledikleri yörünge farklı olduğu için düşme süreleri de farklıdır ve dolayısıyla tohum akışı bozulmaktadır. Bunun sonucunda da tohum borusunu terk ederek toprağa yerleştirilen tohumların sıra üzerindeki dağılımları iyi değildir. Sonuç olarak ne kadar iyi bir ekici ünite ile çalışılırsa çalışılırsa tohumların tohum borusu içerisindeki tesadüfi hareketleri tohum akışını bozmaktadır.

Bu nedenle bu çalışma kapsamında, tohum borusu içerisinde bozulan tohum akışının tohumlar çiziye yerleştirilmeden hemen önce daha düzenli hale getirilebilmesi için yeni bir tohum borusu geliştirilmiştir. Geliştirilen helezonlu tohum borusu ile;

- Tohumların, tohum borusu çıkışına yerleştirilen helezon üzerinde

hareket etmesinin sağlanması ile akışlarının iyileştirilmesi ve

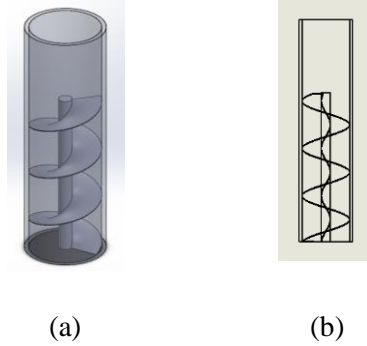
- Helezon üzerinde hareket eden tohumların sürtünme etkisi ile kinetik enerjilerinin, düşme hızlarının azaltılması böylece çizi içerisindeki sıçrama ve sürüklenme ile yer değiştirmelerinin önlenmesi ve dolayısıyla sıra üzerinde daha iyi bir tohum dağılımının sağlanması hedeflenmiştir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma bilgisayar ortamındaki tasarım geliştirme ve kinematik analizler (simülasyonlar), laboratuvar denemeleri ve tarla denemeleri olarak üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

### a. Bilgisayar ortamındaki tasarım ve simülasyon çalışmaları

İlk olarak Solid Works (SW) 3D parametrik katı modelleme yazılımı kullanılarak Şekil 1'deki gibi, Tablo 1'de özellikleri görülen dokuz adet helezon tasarımı yapılmıştır. Helezon tasarlanırken tohum borusu çapı ekim makinası üzerindeki tohum borusu çapı ile aynı büyüklükte 32 mm olarak seçilmiştir. Denemelerde 10 cm, 15cm ve 20 cm olmak üzere üç farklı helezon uzunluğu kullanılmıştır. Helezon hatvesi ise tipik tasarımlarda helezon çapı ile eşit alınmalıdır (Tunagil ve Eker 1985). Bu kapsamda bu çalışmada her uzunluktaki helezon için 28 mm, 32 mm ve 36 mm helezon hatvesi kullanılmıştır. Helezon orta mili 6 mm, helezon yaprak kalınlığı da 0.5 mm olarak tasarlanmıştır. SW 3D parametrik katı modelleme programında tohum borusu malzemesi olarak sert plastik seçilmiştir.

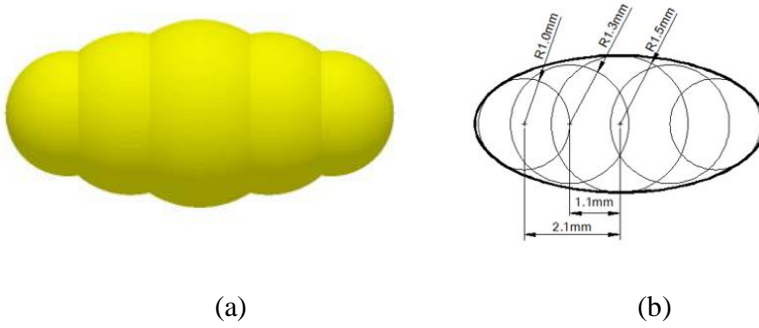


**Şekil 1:** (a) Bilgisayar ortamında tasarlanan helezonlu tohum borusu tasarımı (b) Helezonlu tohum borusunun teknik resmi

**Tablo 1:** Bilgisayar ortamında tasarlanan dokuz adet helezonlu tohum borusuna ait teknik özellikler.

Helezon Uzunluğu (mm)	100	150	200
Hatve (mm)	28	28	28
	32	32	32
	36	36	36

Bilgisayar denemeleri için buğday tohumu Liu ve Chen (2017) tarafından tanımlandığı gibi Şekil 2'deki gibi tasarlanmıştır. Simülasyonda kullanılan buğday tohumuna ait parametreler Tablo 2'de sunulmuştur.



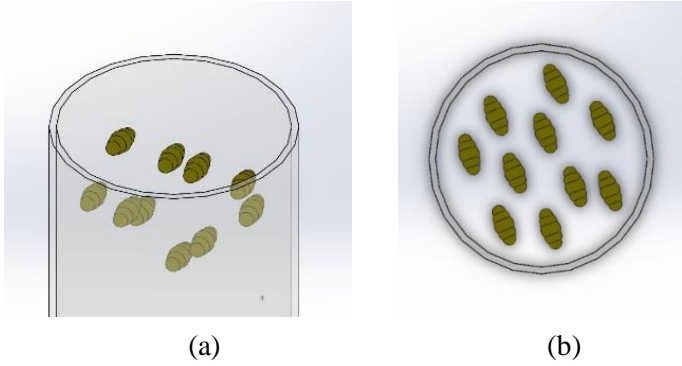
**Şekil 2:** (a) Bilgisayar ortamında tasarlanan buğday tohumu tasarımı (b) Buğday tohumu tasarımına ait değerler

**Tablo 2:** Buğday tohumuna ait tasarım parametreleri

Parçacık tipi	Elipsoid
Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	1350
Poisson Oranı	0.42
Kayma Modülü (Pa)	5.1 x 10 <sup>7</sup>

Bilgisayarda yapılan simülasyon denemelerinde 32 mm çap, 80 cm uzunluğa sahip bir boru tasarımı kullanılmıştır. Daha önceden ekim makinası üzerinde ölçülen tohumların ekici düzenden düşme yüksekliği olan 70 cm yükseklik boru üzerinde işaretlenmiş ve tohumlar 70 cm yükseklikte Şekil 3'teki biçimde konumlandırılmıştır. Bu konumlandırma şablon olarak kaydedilmiş ve tüm analizler sırasında aynı şablon kullanılmıştır. Analizler; 0.01 doğruluk, hassas 3B temas çözünürlüğü ve 120 fps hareket hızında gerçekleştirilmiştir.





**Şekil 3: (a)** Bilgisayar analizlerinde tohumların tohum borusu içinde konumlandırılmasına ait perspektif görünüş, **(b)** Bilgisayar analizlerinde tohumların tohum borusu içinde konumlandırılmasına ait üstten görünüş

Analiz şablonu hazırlandıktan sonra farklı özellikteki her helezonun ayrı ayrı tohum borusuna montajı gerçekleştirilmiştir. Analizler;

- Tohum borusu içine yerleştirilen helezonun üç farklı yüksekliğinde (10, 15, 20 cm)
- Helezonun üç farklı hatve boyutunda (28, 32 ve 36 mm) ,
- Tohum borusunun üç farklı eğiminde (yatayla 70°, 80°, 90° açılarda) denenmiştir.

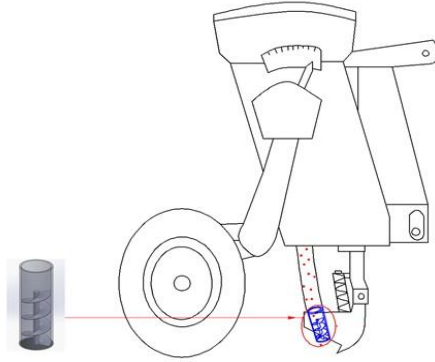
Tohum modeli ve helezon tohum borusu içine Şekil 3'teki biçimde konumlandırıldıktan sonra SW 3D parametrik katı modelleme yazılımının hareket analizi modülünde serbest düşmeye bırakılmış ve çıkış noktasında her bir tohum için düşmeye başladığı andan itibaren 2 saniyelik hız zaman grafiği oluşturulmuş ve tohum borusundan çıkış anındaki hızları ve düşmeye başladığı andan tohum borusundan çıkana kadar geçen süre hız zaman grafiği üzerinden belirlenmiş Ms Excel programına kaydedilmiştir. Bulunan değerler üzerinden peş peşe düşen tohumlar arası süreler ve tohumların tohum borusundan çıkış hızları belirlenmiştir. Tohumlar arası sürenin ortalaması, standart sapması ve varyasyon katsayısı değerleri hesaplanarak en iyi akışın olduğu helezon varyasyon katsayısı değerleri üzerinden saptanmıştır.

### **b. Laboratuvar denemeleri**

Bilgisayar ortamında akışın en iyi olduğu helezon belirlendikten sonra üç boyutlu yazıcıdan helezon ve helezonu çevreleyen 200 mm uzunluğa ve 28 mm, 32 mm, 36 mm hatve uzunluğuna sahip 3 adet helezonlu tohum borusu 0.2

mm katman kalınlığında PLA PLUS malzemeden imal edilmiştir. İmal edilen helezonlu tohum boruları laboratuvarında denemeye alınan ekim makinasında tohum borusunun uç kısmına (tohum çıkış kısmına) Şekil 4’te görüldüğü gibi monte edilerek laboratuvar denemelerine tabi tutulmuştur. Toplam tohum borusu uzunluğunun değişmemesi için ekim makinasının tohum borusundan üç boyutlu yazıcı ile imal edilen ve içerisinde helezon bulunan tohum borusu kadar kısım kesilmiş, bu bölüme geliştirilen tohum borusu monte edilmiştir.

Laboratuvar denemeleri için ekim makinasının deposu yalnızca en sağdaki iki ekici düzene tohum akışı olacak şekilde bölünmüştür. Ekim makinası, test düzeneği üzerinde askıya alınarak ekim normu ayarı yapılmıştır. Ekim makinası norm ayarı tamamlandıktan sonra ekim makinası test düzeneği ile devir ölçer yardımıyla ekim makinası ekici makara hızı  $10 \text{ min}^{-1}$  olarak ayarlanmış ve ekim makinası test düzeneğinde hız ayarı sabitlenmiştir. Denemelerde kullanılan buğday tohumunun bazı fiziksel özellikleri Tablo 3’teki gibidir.



**Şekil 4:** Helezonlu tohum borusunun ekim makinası üzerindeki konumu

**Tablo 3:** Denemelerde kullanılan buğday tohumunun ortalama boyutları

Uzunluk (mm)	Kalınlık (mm)	Genişlik (mm)	Bin dane ağırlığı (g/1000 dane)
7.33	3.31	2.79	47.21

Ekim makinası ekim normu ve ilerleme hızı ayarları tamamlandıktan sonra ekim makinasının en sağındaki normal tohum borusu yatay ile  $90^\circ$  açı ile duracak şekilde sabitlenmiş ve yüksek hızlı video kamera video kaydı için

konumlandırılmıştır. Daha sonra sistem çalıştırılmış ve ekim makinasında tohum akışı rejime girdikten sonra yüksek hızlı video kamera ile 240 fps kayıt hızında 5 saniyelik video kayıtları alınmıştır. Normal tohum borusu ile çekim tamamlandıktan sonra tohum borusunun helezonlu tohum borusu kadar olan kısmı kesilmiş yerine helezonlu tohum borusu monte edilmiştir. Normal tohum borusunda olduğu gibi sistem çalıştırılmış ve ekim makinası rejime girdikten sonra kamera ile 5 saniyelik video kayıtları alınmıştır. Helezon uzunluğu 200 mm, helezon hatvesi 28 mm ve 32 mm olan helezonlu tohum borularında tohum akışı sırasında tıkanmalar oluştuğu için denemelerde yalnızca 200 mm helezon uzunluğu ve 36 mm helezon hatvesine sahip Şekil 5'teki helezonlu tohum borusuna ait değerler kullanılmıştır (Bilgisayarda gerçekleştirilen analizlerde de en iyi akış 36 mm hatve uzunluğuna sahip helezonlu tohum borusunda gerçekleşmiştir).



**Şekil 5:** 3D yazıcı kullanılarak imal edilen helezonlu tip tohum boruları

Daha sonra bu video kayıtları Free Video To JPG Converter isimli yazılım kullanılarak JPEG formatında resimlere dönüştürülerek tohumlar arası süre ve tohumların düşme hızı Karayel vd. (2006) ve Çakır vd. (2016) tarafından uygulanan yöntem uygulanarak belirlenmiştir. 240 fps kayıt hızında peş peşe çekilen iki resim arası süre 0.0042 saniyedir. Dolayısıyla tohum borusu çıkışında görüntülenen peş peşe tohumlar arası çekilen resim sayısı ile 0.0042 s çarpılarak tohumlar arası süre belirlenmiştir. Peş peşe düşen tohumlar arası süre ile ilerleme hızı çarpılarak da sıra üzeri uzaklık değerleri belirlenmiştir. Sıra üzeri uzaklık değerleri ile bu uzaklıkların standart sapması ve varyasyon katsayı değerleri hesaplanmış ve her iki tohum borusu için

hesaplanan değerler karşılaştırılmıştır. Tohumların düşme hızını belirlemek için ise tohumların, tohum borusu çıkışında 5 cm'lik bir mesafeyi ne kadar sürede düştükleri ölçülerek (çekilen resimler arası süre dikkate alınarak) belirlenmiştir.

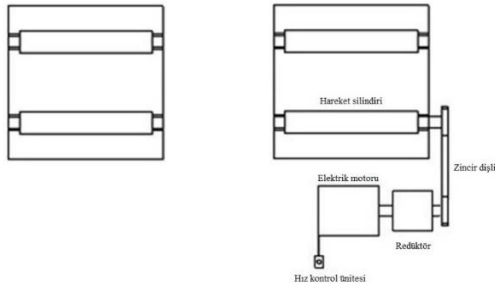
### c. Laboratuvar denemelerinde kullanılan araç ve gereçler

Laboratuvar ve tarla denemelerinde Mert-San Hassas M-2000 model dişli makaralı ekici ünite ve balta tip gömücü ayaklara sahip 15 sıralı ve 1.95 metre iş genişliğine sahip Şekil 6'daki mekanik tahıl ekim makinası kullanılmıştır. Buğday tohumu kullanılarak yapılan laboratuvar denemeleri ve tarla denemeleri için ekim makinasının deposu yalnızca en sağdaki iki ekici düzene tohum akışı olacak şekilde bölünmüştür.



Şekil 6: Laboratuvar ve tarla denemelerinde kullanılan tahıl ekim makinası

Ekim makinasının tekerleğini laboratuvar denemelerinde istenilen hızda döndürmek için Şekil 7'de görülen ekim makinası test düzeneği kullanılmıştır.



Şekil 7: Laboratuvar denemelerinde kullanılan ekim makinası test düzeneği

Laboratuvar denemelerinde tohum borusundan buğday akışını kaydetmek için Tablo 4'te özellikleri verilen Sony RX100 M5 model fotoğraf makinası kullanılmıştır. Fotoğraf makinası NTSC modunda 240, 480 ve 960 fps hızlarında yüksek hızlı görüntü kaydı yapabilmektedir. Yapılan ön denemelerde ve laboratuvar denemelerinde 240 fps kayıt hızının tohum akışının belirlenmesi için yeterli olduğu belirlenmiş ve denemeler bu kayıt hızında gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 4:** Fotoğraf makinasına ait özellikler

<b>Marka ve Model</b>	Sony RX100 M5
<b>Fotoğraf Çözünürlüğü</b>	20.1 Megapiksel
<b>Video Çözünürlüğü</b>	4K
<b>Yüksek Hızlı Görüntü Kayıt Hızı (fps)</b>	NTSC modunda 240, 480 ve 960 fps
<b>ISO Hassasiyeti</b>	Otomatik, 125 – 12800 (Üst - Alt limit)
<b>Boyutları ve Ağırlığı</b>	101.6 x 58.1 x 41.0 mm, 299 g

#### d. Tarla denemeleri

Tarla denemeleri Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama arazisinde tınlı tip toprak bünyesine sahip (%28 kum, %46 silt, %26 kil) bir tarlada gerçekleştirilmiştir. Tarla denemelerinde ilerleme hızının ayarlanmasında 50 metre mesafe ölçülmüş ve traktörün değişik vites kademelerinde bu mesafeyi kat ettiği zaman değeri kaydedilmiş ve istenilen 1 m/s ilerleme hızı değerleri elde edilmeye çalışılmıştır.

Tarla denemelerinde laboratuvar denemelerinde olduğu gibi ekim makinasının en sağındaki yan yana iki ekici düzenden tohum akışı sağlanmıştır. En sağdaki gömücü ayakta laboratuvar denemelerinde kullanılan helezonlu tohum borusu, yan sırada ise normal tohum borusu ile aynı anda ekim işlemi gerçekleştirilmiştir. Ekim işlemi 1 m/s ilerleme hızı ve 20 kg/da ekim normunda gerçekleştirilmiştir. Ekim deneme parselleri 50 metrelik 6 sıra olarak düzenlenmiştir. Ekim işlemi sırasında ayrıca tıkanma oluşup oluşmadığı da gözlemlenmiştir.

Tarla koşullarında tohum dağılımını belirlemek için tüm tohumlar çimlendikten sonra her iki tohum borusu içinde 2.5 metrelik şeritlerde ardışık tohumlar arası 3 tekerrürlü olarak ölçülmüştür. Ölçülen değerlerin ortalaması, standart sapması ve varyasyon katsayısı değerleri hesaplanmıştır.

Sıra üzerinde tohumlar arası uzaklığın ölçülmesi yanında 2.5 cm uzunluğunda ilerleme yönüne paralel şeritlerdeki tohumların sayılması, araştırmacı ve mühendisi seyreltme ve tekleme yönünden daha verimli düşünmeye yöneltmektedir (Önal, 2006). Bu amaçla, sıra üzeri uzaklık ölçüldükten sonra her 2.5 cm'deki bitki sayıları ve 0, 1, 2... r adet bitkiye sahip şeritlerin oranları belirlenmiştir. Daha sonra geliştirilen tohum borusu ve standart tohum borusuyla yapılan ekim işlemlerindeki bitki dağılımı oranları karşılaştırılmıştır. Her şeritteki bitki sayıları dağılımını karakterize etmek için Poisson dağılım eğrisi kullanılmıştır.

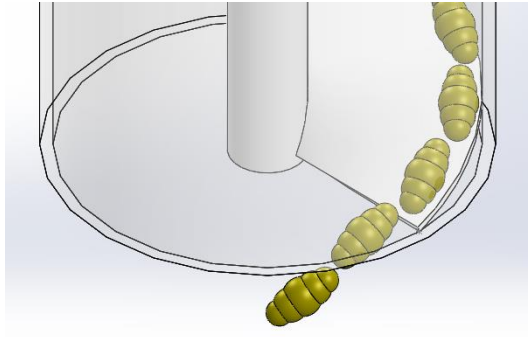
Yatay düzlem tohum dağılımında sıra üzeri tohum dağılımının yanında tohumların çizi ekseninden sapmalarında bilinmesi gerekmektedir. Bu amaçla sıra üzerinden sağa ve sola sapmalarının belirlenmesi için, tohumların çizi ekseninden sapmaları ölçülerek, daha sonra sağa ve sola sapan tohumların yüzde oranları ve ortalama uzaklıkları bulunmuştur.

Karayel ve Özmerzi (2010) tarafından kullanılan yöntem ile bitki yaşam alanları hesaplanmıştır. Bitki yaşam alanı hesaplamasında MATLAB programı kullanılmıştır.

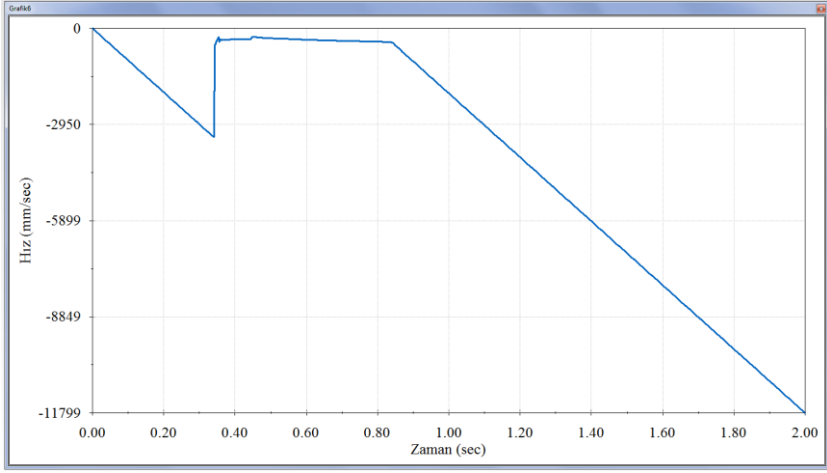
### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

#### a. Simülasyon sonuçları

Simülasyonlarda tohumlar, tohum borusunu Şekil 8'de görüldüğü biçimde terk etmiştir. Yatayla 90° açı ile konumlandırılmış helezonlu tohum borularında tohumların hareketleri genel olarak Şekil 9'da görülen hız zaman grafiğindeki gibi gerçekleşmiştir.



**Şekil 8:** Bilgisayar ortamında yapılan simülasyonlarda tohumların tohum borusunu terk edişlerine ait görüntü



**Şekil 9:** Bilgisayar ortamındaki analizlerde 90° açı ile konumlandırılmış tohum borusunda tohumun hız zaman grafiği

**Tablo 5:** Bilgisayar ortamında yapılan simülasyonlarda, helezonlu tohum borusunun tohum düşme hızına etkisi

Helezon Uzunluğu (mm)	Helezon Hatvesi Uzunluğu (mm)	Helezonun Yatayla Yaptığı Aç (°)	Tohumların Ortalama Düşme Hızı (m/s)	Düşme Hızı Standart Sapması (cm)	Düşme Hızı Varyasyon Katsayısı (%)
100	28	90	0.298	0.055	18.31
		80	0.465	0.069	14.76
		70	0.624	0.170	27.34
	32	90	0.359	0.048	13.35
		80	0.522	0.111	21.31
		70	0.698	0.135	19.40
	36	90	0.430	0.043	9.91
		80	0.502	0.019	3.84
		70	0.661	0.030	4.51
150	28	90	0.328	0.034	10.43
		80	0.489	0.038	7.82
		70	0.632	0.097	15.34
	32	90	0.394	0.036	9.21
		80	0.516	0.061	11.79
		70	0.597	0.042	7.01

		90	0.428	0.026	6.05
	<b>36</b>	80	0.611	0.086	14.14
		70	0.742	0.081	10.88
		90	0.344	0.017	4.84
	<b>28</b>	80	0.508	0.033	6.60
		70	0.660	0.055	8.37
<b>200</b>	<b>32</b>	90	0.403	0.029	7.16
		80	0.574	0.058	10.03
		70	0.715	0.063	8.82
	<b>36</b>	90	0.449	0.015	3.35
		80	0.616	0.044	7.17
		70	0.756	0.084	11.09

Tablo 5'deki verilerden hareketle helezon boyu uzadıkça genel olarak tohumların tohum borusundan çıkış hızları düşmüştür. Tohum borusunun eğimindeki artış tohum borusundan tohum çıkış hızını artırmış ve 90° açıda en düşük değere ulaşmıştır. Tablo 6'da helezonlu tohum borusunun çıkışından peş peşe düşen tohumlar arasındaki ortalama süreler verilmiştir. Bu çizelgeden hareketle en düşük varyasyon katsayısı değerine sahip 200 mm helezon uzunluğuna, 36 mm helezon hatvesine sahip tohum borusu seçilmiş laboratuvar ve arazi denemelerinde denenmiştir.

**Tablo 6:** Bilgisayar ortamında yapılan simülasyonlarda helezonlu tohum borusundan peş peşe düşen tohumlar arasındaki süreler

Helezon Uzunluğu (mm)	Helezon Hatvesi Uzunluğu (mm)	Helezonun Yatayla Yaptığı Açı (°)	Tohumlar Arası Ortalama Süre (s)	Tohumlar Arası Süre Standart Sapması (s)	Tohumlar Arası Süre Varyasyon Katsayısı (%)
100	<b>28</b>	90	0.721	0.071	9.82
		80	0.722	0.213	29.55
		70	0.743	0.232	31.17
	<b>32</b>	90	0.650	0.066	10.15
		80	0.689	0.190	27.55
		70	0.714	0.188	26.39
	<b>36</b>	90	0.590	0.039	6.59
		80	0.678	0.075	11.03
		70	0.665	0.098	14.81



150	28	90	0.958	0.230	24.06
		80	0.896	0.257	28.74
		70	0.955	0.292	30.59
	32	90	0.782	0.068	8.65
		80	0.889	0.185	20.77
		70	1.075	0.255	23.70
	36	90	0.703	0.093	13.21
		80	0.716	0.135	18.89
		70	0.732	0.170	23.25
200	28	90	1.041	0.115	11.00
		80	1.057	0.248	23.44
		70	1.050	0.223	21.25
	32	90	0.917	0.095	10.33
		80	0.900	0.190	21.06
		70	0.928	0.207	22.26
	36	90	0.841	0.050	5.97
		80	0.809	0.134	16.62
		70	0.815	0.147	18.04

### b. Laboratuvar denemeleri

Laboratuvar denemeleri sonucu elde edilen sıra üzeri uzaklık dağılım değerleri Tablo 7'de verilmiştir. Yapılan istatistik analiz sonuçlarına göre (t-testi) tohum borusu tipinin sıra üzeri uzaklığı etkilediği belirlenmiştir. Normal tohum borusunda ortalama sıra üzeri uzaklık 2.99 cm iken helezonlu tohum borusunda bu değer 1.96 cm'ye düşmüştür. Sıra üzeri uzaklığın standart sapması normal tohum borusunda 5.02 cm iken helezonlu tohum borusunda 1.55 cm'ye düşmüştür. Sıra üzeri uzaklığın varyasyon katsayısı normal tohum borusunda %168.13 iken helezonlu tohum borusunda % 79.02'ye düşmüştür.

**Tablo 7:** Helezonlu tip tohum borusunun sıra üzeri uzaklık dağılım düzgünlüğüne etkisi

Tohum Borusu Tipi	Ortalama Sıra Üzeri Uzaklık (cm)	Sıra Üzeri Uzaklık Standart Sapması (cm)	Sıra Üzeri Uzaklık Varyasyon Katsayısı (%)
Düz (normal)	2.99	5.02	168.13
Helezonlu	1.96	1.55	79.02

Laboratuvar denemeleri sonucu tohumların tohum borusundan çıkış hızları Tablo 8’de verilmiştir. Yapılan istatistik analiz sonuçlarına göre (t-testi) tohum borusu tipinin tohumların düşme hızını etkilediği belirlenmiştir. Normal tohum borusunda tohumun ortalama düşme hızı 2.96 m/s iken helezonlu tohum borusunda bu değer 0.73 m/s’ye düşmüştür. Tohumların ortalama düşme hızlarının standart sapması normal tohum borusunda 0.77 cm iken helezonlu tohum borusunda 0.05 cm’ye düşmüştür. Tohumların ortalama düşme hızlarının varyasyon katsayısı normal tohum borusunda %26.17 iken helezonlu tohum borusunda % 7.16’ya düşmüştür.

**Tablo 8:** Helezonlu tip tohum borusunun tohumun düşme (çıkış) hızına etkisi

Tohum Borusu Tipi	Tohumun Ortalama Düşme Hızı (m/s)	Düşme Hızı Standart Sapması (cm)	Düşme Hızı Varyasyon Katsayısı (%)
	Düz (normal)	2.96	0.77
Helezonlu	0.73	0.05	7.16

Laboratuvar denemeleri sonucu elde edilen veriler ışığında helezonlu tohum borusu tohum akışı normal tohum borusuna göre daha düzenli hale gelmiştir. Helezonlu tohum borusu tohumların sıra üzeri tohum dağılımını iyileştirmiştir. Helezonlu tohum borusu ortalama düşme hızını azaltarak tohumların çiziye normal tohum borusuna göre daha düşük hızlarda düşmesini sağlamıştır.

### c. Tarla denemesi sonuçları

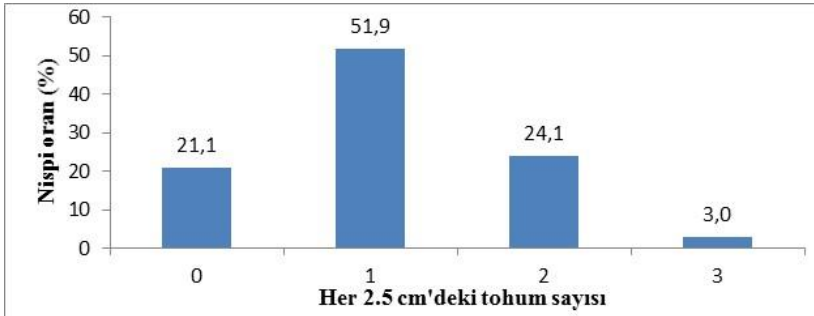
Normal ve helezonlu tohum borusu ile yapılan tarla denemesi sıra üzeri uzaklık dağılım düzgünlüğü değerleri Tablo 9’da verilmiştir. Yapılan istatistik analiz sonuçlarına göre (t-testi) tohum borusu tipinin sıra üzeri uzaklığı ve sıradan sapma miktarını etkilediği belirlenmiştir. Normal tohum borusunda ortalama sıra üzeri uzaklık 3.73 cm iken helezonlu tohum borusunda 2.46 cm olmuştur. Normal tohum borusunda sıra üzeri uzaklığın standart sapması 4.4 cm iken helezonlu tohum borusunda 1.9 cm’ye düşmüştür. Sıra üzeri uzaklık varyasyon katsayısı normal tohum borusunda %118.36 iken helezonlu tohum borusunda %77.2’ ye düşmüştür. Ortalama sıradan sapma normal tohum borusunda 1.52 cm iken helezonlu tohum borusunda 0.86 cm’ye düşmüştür. Helezonlu tohum borusu istenilen sıra üzeri uzaklığa (2.5 cm) yakın, normal tohum borusundan daha düşük standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri

ile arazi yüzeyindeki tohum dağılımını olumlu yönde etkilemiştir. Ayrıca sıradan sapma oranında da normal tohum borusuna oranla daha iyi bir dağılım sağlamıştır.

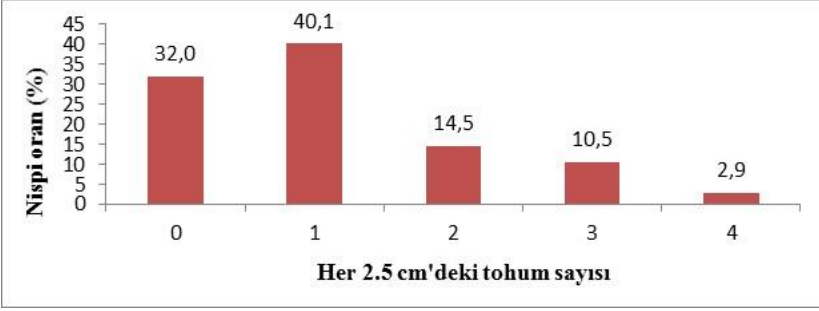
**Tablo 9:** Tarla koşullarında helezonlu tip tohum borusunun sıra üzeri uzaklık dağılım düzgünlüğüne etkisi

Tohum Borusu Tipi	Ortalama Sıra Üzeri Uzaklık (cm)	Sıra Üzeri Uzaklık Standart Sapması (cm)	Sıra Üzeri Uzaklık Varyasyon Katsayısı (%)	Ortalama Sıradan Sapma (cm)
Düz (normal)	3.73	4.4	118.36	1.52
Helezonlu	2.46	1.9	77.2	0.86

Helezonlu tohum borusunda her 2.5 cm'deki tohumların dağılımı Şekil 10'da sunulmuştur. Burada istenen değer her 2.5 cm ye 1 adet tohum düşmesidir. Helezonlu tohum borusunda her 2.5 cm'ye 1 adet tohum düşme oranı %51.9, 2 adet tohum düşme oranı %24.1, 3 adet tohum düşme oranı %3 ve 0 tohum düşme oranı (boşluk) %21.1'dir.



**Şekil 10:** Helezonlu tohum borusunda sıra üzerindeki her 2.5 cm uzunluktaki tohum sayılarının yüzde oranı



**Şekil 11:** Normal tohum borusunda sıra üzerindeki her 2.5 cm uzunluktaki tohum sayılarının yüzde oranı

Normal tohum borusunda her 2.5 cm'ye düşen tohum oranı Şekil 11'de sunulmuştur. Normal tohum borusunda her 2.5 cm'ye 1 adet tohum düşme oranı %40.1, 2 adet tohum düşme oranı %14.5, 3 adet tohum düşme oranı %10.5, 4 adet tohum düşme oranı %2.9 ve 0 tohum düşme oranı (boşluk) %32'dir. Grafiklerden de görüldüğü gibi, helezonlu tohum borusu ile ekilen sıralarda istenilen uzaklıkta ekilen tohumların (her 2.5 cm'de 1 tohum) oranının normal tohum borusu ile ekilen sıralardan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda helezonlu tohum borusu ile ekim yapılan sıralarda her 2.5 cm'de bitki olmayan (boş) aralıkların oranının daha düşük olduğu ve dolayısıyla tohum dağılım düzensizliğinin daha iyi olduğu saptanmıştır.

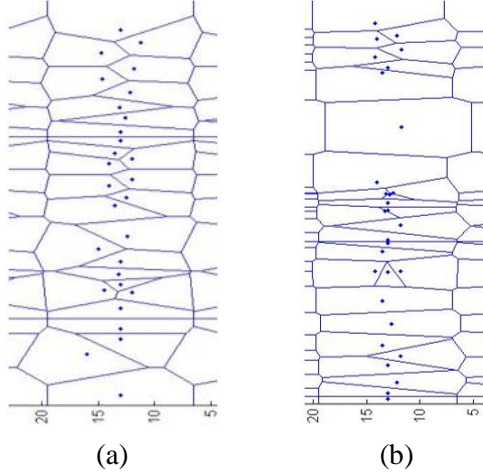
Normal ve helezonlu tohum borusunun yaşam alanına etkisi Tablo 10'da verilmiştir. Helezonlu tohum borusu ile yapılan ekimde ortalama yaşam alanı 39.82 cm<sup>2</sup>, yaşam alanı standart sapması 23.53 cm<sup>2</sup> ve yaşam alanı varyasyon katsayısı %59'dur. Normal tohum borusu ile yapılan ekimde ortalama yaşam alanı 60.83 cm<sup>2</sup>, yaşam alanı standart sapması 55.13 cm<sup>2</sup> ve yaşam alanı varyasyon katsayısı %91'dir.

**Tablo 10:** Helezonlu tip tohum borusunun bitki yaşam alanına etkisi

Tohum Borusu Tipi	Ortalama Yaşam Alanı (cm <sup>2</sup> )	Yaşam Alanı Standart Sapması (cm <sup>2</sup> )	Yaşam Alanı Varyasyon Katsayısı (%)
Helezonlu	39.82	23.53	59
Düz (normal)	60.83	55.13	91

Helezonlu tohum borusu yaşam alanı dağılımında normal tohum borusundan daha başarılı bir sonuç göstermiştir. Helezonlu tohum borusu ve

normal tohum borusu ile ekim yapılan sıralara ait yaşam alanı biçimleri Şekil 12’de sunulmuştur. Şekilde de görüldüğü üzere helezonlu tohum borusu her bir bitkiye düşen yaşam alanınının daha eşit bir şekilde dağılmasını sağlamıştır.



**Şekil 12:** (a) Helezonlu tohum borusu yaşam alanları, (b) Normal tohum borusu yaşam alanları

#### 4. SONUÇ

Bu çalışmada kesintisiz sıravari ekim yapan mekanik tahıl ekim makinalarının tohum dağılım düzgünlüğünün iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla helezonlu tip tohum borusu geliştirilmiştir. Geliştirilen tohum borusunun tohum dağılımına etkisi bilgisayar ortamında kinematik analizler, laboratuvar ve tarla denemeleri ile araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

Helezonlu tip tohum borusu laboratuvar ve tarla denemelerinde ekici makaranın  $10 \text{ min}^{-1}$  hızında,  $20 \text{ kg/da}$  ekim normunda ve  $1 \text{ m/s}$  ilerleme hızında tohumların ortalama sıra üzeri uzaklığını sıra üzeri uzaklık standart sapmasını ve varyasyon katsayısını azaltmıştır. Dolayısıyla sıra üzeri dağılımda normal tohum borusundan daha düzenli bir tohum dağılımı sağlamıştır.

Helezonlu tohum borusu her bir bitkiye düşen yaşam alanınının daha eşit bir şekilde dağılmasını sağlamıştır.

Helezonlu tohum borusu, tohumların çiziye düşüş hızında azalma sağlamıştır. Böylece tohumların toprak yüzeyine daha düşük kinetik enerji ile düşmesini ve tohumların çizi yüzeyinde sıçrama ve sürüklenme ile yer

değiştirmesini azaltmıştır. Böylece sıra üzerinde daha iyi bir tohum dağılımı ve sıra ekseninden daha az sapma elde edilmiştir.

Ayrıca denemeler sırasında yapılan gözlemlere göre; 3 boyutlu yazıcılarda oluşturulan yapıların katmanlı olarak inşasından kaynaklı helezonlu tohum borusu yüzeyinde pürüzlülükler oluşmuş olup bu pürüzlülükler ilerleme hızı artışı ile tohum borusundan çıkan tohum miktarındaki artışlarda tıkanmaya neden olduğu gözlemlenmiştir.

Tıkanmaların minimuma indirilmesi için helezon hatvesinin artırılması ve gerek duyulduğunda helezonlu tohum borusunun normal tohum borusundan daha büyük çapta seçilmesi önerilir. Ayrıca 3 boyutlu yazıcıda helezonlu tohum borusu imal edilirken 0.2 mm katman kalınlığının seçilmesi önerilebilir. Daha düşük katman kalınlıklarında helezon yüzeyindeki pürüzlülükte artış olmakta ve bu artış tohum akışını olumsuz yönde etkilemektedir.

## **TEŞEKKÜR**

Bu araştırma Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FYL-2018-3153 proje numarası ile yüksek lisans tez projesi olarak desteklenmiştir.

## KAYNAKÇA

- Çakır, E., Aygün, İ., Yazgı, A., Karabulut, Y. (2016). Determination of in-row Seed Distribution Uniformity Using Image Processing. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 40, 874-881. <http://doi.org/10.3906/tar-1604-110>
- Enderrud, H.A. (1999). Influence of Tube Configuration on Seed Delivery to a Coulter. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 74, 177-184
- Erol, M.A. (1971). *Orta Anadolu Ziraat Bölgesinde Kullanılan Ekim Makinaları Üzerinde Bir Araştırma*. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları: 471, 129ss.
- Erol, M.A., Gökür Dursun, İ. (1998). *Ekim, Bakım ve Gübreleme Makinaları*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı. Yayın No: 1499.
- Karayel D., Özmerzi A. (2010). Ekim Makinalarının Tohum Dağılımının İncelenmesinde Yeni Yaklaşımlar: İki Boyutlu Değerlendirme. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 6(2), 101-106.
- Karayel, D., Wiesehoff, M., Özmerzi, A., Müller, J. (2006). "Laboratory measurement of seed drill seed spacing and velocity of fall of seeds using high-speed camera system", *Computers And Electronics İn Agriculture*, 50 (2), 89-96
- Kocher, M.F., Coleman, J.M., Smith, J.A., Kachman, S.D. (2011). Corn Seed Spacing Uniformity as Affected by Seed Tube Condition. *Biological Systems Engineering: Papers and Publications*, Paper 194.
- Liu, F., Chen, j., (2017). Effect Of Calibration Experiments on the Micro-Parameters of Wheat Required in Discrete Element Simulations. *2017 ASABE Annual International Meeting*. 1701337 Paper, 3
- Müller, J., Köller, K., (1996). Improvement of Seed Spacing for Seed Drills. *AgEng '96 International Conference on Agricultural Engineering*, Madrid, 23-26 September, pp.323-324, Paper 96A-030
- Önal, İ. (2006). *Ekim-Dikim Gübreleme Makinaları*. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Bornova, İzmir
- Özmerzi, A. (1996). *Bahçe Bitkilerinin Mekanizasyonu*. Akdeniz Üniversitesi Basımevi. Yayın No: 63, 148 ss.
- Tunagil, B.G., Eker, B., (1985). *Taşıma İletim Tekniği*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 962, Ders Kitabı, Ankara, 120 s.

- Turgut, N., Özsert, İ., Erkmen, Y., Bastaban, S., Kara, M. (1993). The Effect of Seed Tubes on the Longitudinal Seed Distribution in Drills. *5th Int. Cong. on Mechanization and Energy in Agriculture*, 11-14 Oct 1993, Kuşadası, Türkiye
- Ülger, P., Güzel, E., Kayışoğlu, B., Eker, B., Akdemir, B., Pınar, Y., Bayhan, Y. (1996). *Tarım Makineleri İlkeleri Kitabı*. T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fakültesi, Ders Kitabı.
- Ünal, G.A. (2004). Sarımsakta Tohum Borusu Malzemesi, Düşme Açısı ve Tohum Boyutlarının Düşme Süresine Etkisinin Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10 (3), 287-290





## BÖLÜM 5

### TARIMSAL EKİPMANLARDA ÖSTEMPERLENMİŞ KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRİN KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Prof. Dr. Ferhat GÜL <sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fak. Metalurji ve Mal. Mühendisliği Bölümü, 06500, Beşevler-Ankara, Türkiye, <https://orcid.org/0000-0001-9087-8236>



## 1. GİRİŞ

Toprak işleme yönelik olarak kullanılan tarım makine ve ekipmanları, ağır şartlarda hizmet yapmakta, servis ömrü ve güvenilirliği, temel olarak abrasif aşınmadan etkilenmekte olup, bu ekipmanlardan bazıları Şekil 1’de gösterilmiştir (Egbuson, 2023; Ahmed, 2023; Ngige, 2022; Anonim, 2022). Bunlar yüksek kaliteli çeliklerden üretilmiş, ancak aşınma dayanımları iyi olmasına rağmen maliyetleri yüksek kalmış olduğundan, üretim maliyeti açısından uygun olmamaktadır. Alaşımli ısıtılmış işlem görmüş beyaz dökme demirler iyi abrasif aşınma direncine sahip olmasına rağmen, tarım makinalarında kullanım için uygun mukavemet ve tokluk değerlerine sahip değildir. Bu açıdan bakıldığında küresel grafitli dökme demir uygun niteliklere sahip görülmektedir. Günümüzde pulluk demirleri tarım aletleri için zincir dişlisi, destek, destek çatalları, mil, regülatör ağırlıkları, paletler vb. ekipmanlar östemperlenmiş küresel grafitli dökme demirden üretilmektedir (Idirs ve ark., 2011; Brezina ve ark. 2004). Birçok çalışmada uygun ısıtılmış işlem süreci kullanıldığında, ojonal saban demirleri için çelik yerine östempelenmiş küresel grafitli dökme demirin kullanılabileceği değerlendirilmektedir (Brezina ve ark. 2004). Tarım arazilerinin sürülmesi gibi işlemler sırasında, tarımsal ekipmanlarda aşırı aşınmaya neden olan ve sertliği 900 – 1280 Hv değerine sahip topraktaki SiO<sub>2</sub> parçacıklarıdır. Saban demirlerinde ortaya çıkan karmaşık dinamik gerilmeler nedeniyle, bu ekipmanlar orta mukavemetli, daha yüksek tokluğa sahip malzemelerden yapılmaktadır. Bu malzemelerin yapımı için DIN EN C55 gibi yüksek kalite çelikler kullanılmış olup, günümüzde krom, molibden, ve nikel içeriğine sahip yüksek mukavemetli, aşınma dirençli düşük alaşımli çelik dökümler kullanılmaktadır. Yapılan labratuar ve saha çalışmaları, orijinal çelik ekipmanlara kıyasla, östemperlenmiş küresel grafitli dökme demir malzemelerin mukayese edilebilir niteliklere sahip olduğu ve %50 tasarruf sağladığı, ancak iri taşların bulunduğu tarım (Brezina ve ark. 2004). Bazı ülkelerde yapılan tarımsal mekanizasyon projelerinde östemperlenmiş küresel grafitli dökme demir kullanımı çalışmalarına ağırlık verilerek, östemperlenmiş küresel grafitli dökme demir malzemenin kendine özgü yapısı sayesinde yüksek mukavemet, tokluk, aşınma direnci, işlenebilirlik ve düşük gürültü ve titreşim sönümleme özellikleri ile beraber, döküm ve dövme çeliklere göre ağırlık ve maliyette önemli derecede azalma sağlanmıştır (Nofal ve Farag, 2014). Bu malzemelerin farklı ısıtılmış şartlarında sağlamış

olduğu standard özellikler Çizelge 1’de verilmiştir (Brezina ve ark. 2004; Yalçiner, 2023). Tabloda görüldüğü gibi farklı işlemler uygulanarak bu malzemelerde çok değişik özellikler elde edilebilmektedir. Bu özellik kombinasyonları, bu malzemelerin otomotiv, ziraat, enerji savunma gibi çok değişik sektörlerde tercih edilmesine neden olmaktadır. Yapıda bulunan grafitin küresel formu, çatlak ilerlemesini durdurarak malzemeye süneklik kazandırmaktadır. Ancak bu özelliklerin sağlanmasında küreleşme oranı ve küre sayısı önemli olmaktadır. Bunun dışında yapıda bulunan asiküler ferrit ve yüksek karbonlu östenitin özelliklere etkisi büyüktür. Yüksek karbonlu östenit, gerilim uygulanması durumunda, deformasyona dayalı faz dönüşümü gösterdiğinden, aşınma için faydalı sonuçlar elde edilebilmektedir (Yalçiner, 2023). Öte yandan küresel grafitli dökme demirin homojen olmayan yapısı nedeniyle, son katılaşmanın gerçekleştiği tane sınırlarında segregasyon kaynaklı olarak östemperleme sonrası martenzit oluşabilmektedir. Bu da tane sınırlarının karbonca daha az zenginleştiğini göstermektedir (Chang, 1998). Östemperleme sırasında dönüşmeyen ancak işleme sırasında mekanik zorlanma ile meydana gelen faz dönüşümü sonucu oluşan martenzit fazı işlenebilirlik açısından sorun olmaktadır (Polishetty, 2011). İşlenebilirlik üzerine yapılan çalışmalarda, yüksek küre sayısına sahip ÖKGDD malzemelerin, deformasyon kaynaklı faz dönüşümü ve martenzit oluşum ihtimalinin daha az olduğu ifade edilmiş, işleme sırasında dönüşümün minimum olabilmesi için işleme derinliğinin yüksek olması önerilmiştir (Bhople ve ark. 2016). Su verilmiş ve temperlenmiş KGDD’in çekme ve akma dayanımı sırasıyla 900 MPa ve 700 MPa iken, bu değer ÖKGDD’lerde 1600 MPa ve 1300 MPa değerlerine kadar ulaşabilmektedir. Yüksek mukavemet ve sertlik için 250 °C gibi düşük östemperleme sıcaklıkları kullanılırken, maksimum süneklik ve tokluk için 350-400 °C gibi yüksek sıcaklıklar tercih edilmektedir (Sharma, 1984). Öte yandan 1990’ların başlarından bu yana tarımsal ekipmanlarda karbür içeren östemperlenmiş küresel kullanımı yaygınlaşmış olup, pulluk ucu, raspa çubuğu, hasat makinası, toplayıcı, balya makinası parçalarının yapımı için kullanılmıştır (Brandenberg ve Hayrynen, 2000). Yapılan çalışmalarda Şekil 2’de görülen birçok tarımsal ekipmanın çelik yerine östemperlenmiş küresel grafitli dökme demirden yapılmasının uygun olacağı belirtilmektedir. Çelik yerine bu malzemelerin kullanılmasının sebebi, bu malzemenin su verilmiş temperlenmiş çeliğin mukavemetine ve yorulma dayanımına yakın olması, aşınma direncinin

yüksek, ekonomik ve dayanıklı olması şeklinde ifade edilmektedir (Mandal ve Maity, 2013). Öte yandan karbür içerikli ÖKGDD malzemenin, nispeten yüksek aşınma dayanımına rağmen düşük darbe dayanımının tarımsal ekipmanlarda kullanımını sınırladığı, ancak yapılan alaşım ilavesi çalışmaları ile malzemenin aşınma direncinde azalma olmaksızın darbe direncini geliştirmeye yönelik çalışmalar bulunmaktadır (Barnabas ve ark. 2019). Yapılan labratuar ölçekli çalışmalarda karbür içerikli KGDD’de iyi aşınma performansı gösterdiği, ancak bu malzemenin östemperleme ile çok daha yüksek aşınma dayanımına sahip olduğu belirlenmiştir (Gul, 2024).



**Şekil 1.** Tarımsal faaliyetlerde kullanılan bazı ekipmanlar (Egbuson, 2023; Ahmed, 2023; Ngige, 2022; Anonim, 2022)



**Şekil 2.** Tarımsal uygulamalarda kullanılmakta olan bazı ÖKGDD malzemenen üretilmiş ekipmanlar (Mandal ve Maity, 2013)

ÖKGDD ürünlerin tüm özellikleri üzerinde, östenitleme ve östempereleme sıcaklıklarının, parça kesit kalınlığı ve soğuma hızının, döküm ve ısıtma işlem sonrası faz hacim oranlarının ve küre sayısının etkili olduğu belirtilmektedir. 5-15 mm aralığında kesit kalınlığına sahip numunelerde, en yüksek darbe dayanımı 15 mm kesitte elde edilirken, en yüksek aşınma direnci 5 mm kesitte elde edilmiştir. Öte yandan ara kritik sıcaklıkta östenitlenen numunelerin sertlik değerleri biraz daha düşük, darbe dayanımlarının ise çok az da olsa yüksek olduğu belirlenmiştir (Negm ve ark. 2021). Toprak işleme aletlerindeki aşınma davranışı, malzeme dışında hız, yük, nem, toprak içeriği, parçacık oranı ve büyüklüğüne bağlı olarak değişmekte, deneysel ortamda sahaya benzer şartları oluşturmak oldukça güç olmaktadır (Metinoğlu ve ark. 2006; Karamış, 1985).

Bu çalışmada laboratuvar ortamında malzemelerin abrasif aşınma davranışı incelenmiş olup, saha çalışması yapılmamıştır. Kullanım alanına bağlı olarak östempereleme parametreleri seçilebildiği ve gerekli mühendislik optimizasyon çalışmaları yapılabildiği için, bu çalışmada yüksek ve düşük östempereleme işlemi uygulanarak tarımsal ekipmanlarda kullanım için yüksek aşınma direncine ve aynı zamanda yüksek tokluk değerine sahip iki farklı ÖKGDD malzemelerin abrasif aşınma performansları incelenmiştir.

**Çizelge 1.** ASTM 897 standardına göre östemperelanmış KGDD malzemelerin özellikleri [6,8]

Tür	Çekme dayanımı, MPa	Akma dayanımı, MPa	Kesit daralması, %	Sertlik, BSN	Darbe enerjisi* J	Uzama, %
1	850	550	10	269-321	100	11
2	1050	700	7	302-363	80	10
3	1200	850	2	340-440	60	7
4	1400	1100	1	388-477	35	5
5	1600	1300	-	444-555	-	3

\*Darbe Enerjisi değerleri çentiksiz numunelerden alınmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Östempereleme işlemlerinde kimyasal bileşimi Çizelge 2’de verilen küresel grafitli dökme demir, % 5 Mg içeren MgFeSi küreleştirici alaşım ve sandviç yöntemi kullanılarak küreleştirme işlemi yapılmış ve 25 mm kesit kalınlığına sahip Y Blok yaş kum kalıplara döküm işlemi gerçekleştirilmiştir. Östempereleme işleminde 900 °C’de 1 saat östenitleme ve ardından 360 °C’de 2 saat östempereleme işlemi ile tokluğu nispeten daha yüksek olan ve üst ösferritik

yapıya sahip olan ÖKGDD malzeme elde edilmeye çalışılmıştır. Mukayese edebilmek için ayrıca 260 °C'de 2 saat östemperleme işlemi yapılarak alt ferritik yapıya sahip ÖKGDD malzeme hazırlanmıştır. Metalografik yüzey hazırlığı 220, 400, 800 ve 1200 Mesh ile zımpara ve ardından 6 µm, 3 µm ve 1 µm elmas süspansiyon kullanılmıştır. Leica marka DM 4000M model optik mikroskop kullanılarak mikroyapı incelemeleri gerçekleştirilmiştir. Numunelerin dağlama işlemi % 2 Nital çözeltisiyle gerçekleştirilmiştir. Mikroyapı görüntüleri İmage J yazılım programı kullanılarak ve % 60 küreleşme ve 10 mikron boyut baz alınarak malzemelerde mevcut küre sayısı, küreleşme oranı, küre boyutu, grafit, ferrit ve perlit faz hacim oranları hesaplanmıştır. Emcotest Duravision 200 model sertlik ölçüm cihazında 187,5 kgf yük ve 2,5 mm çapa sahip uç kullanılarak Brinel sertlik ölçümü gerçekleştirilmiştir. 10 değişik noktadan ölçülen sertlik değerlerinin ortalaması alınarak değerler elde edilmiştir. Darbe testi 10x10x55 mm boyutlarına sahip çentiksiz Charpy darbe numuneleri Instron Wolpert marka PW 30 model 300 Joule kapasiteli cihaz kullanılarak ASTM E 23 Standardına göre test edilmiştir. Aşınma testleri için ise 6 mm çapında ve 35 mm boyunda numuneler hazırlanmış ve pin on disk cihazında ASTM G132 standardına uygun olarak testler gerçekleştirilmiştir. Abrasif aşınma testleri için 60, 100 ve 180 olmak üzere Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> aşındırıcı zımpara ve pin on disk tipi aşınma cihazı kullanılmıştır. Kayma mesafesi 25 m. olarak seçilmiş, numune % 50 fresh yüzey temas edecek şekilde, numune disk üzerinde radyal olarak kaydırılmıştır. Her bir aşınma testi yeni zımparada olmak üzere 3 kez tekrar edilmiş ve aşınma değerlerin ortalaması alınmıştır.

**Çizelge 2.** KGDD'in kimyasal bileşimi (%)

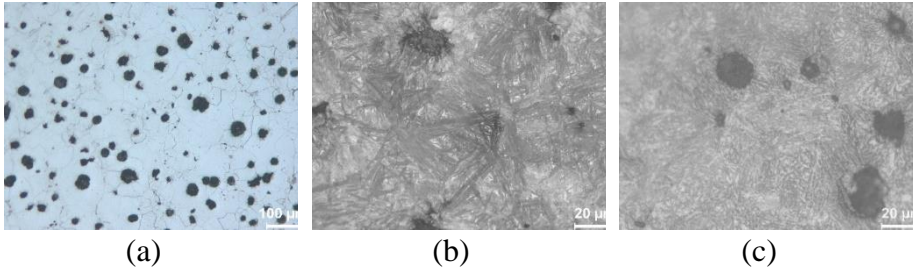
C	Si	Mn	Mg	P	S
3,7	2,7	0,4	0,045	0,018	0,02

### 3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Dökülen Y Bloklardan kesilen KGDD malzemelerin döküm durumu mikroyapısı Şekil 3a'da, 900 °C'de 1 saat östenitleme sonrası, 260 °C ve 380 °C'de 2 saat süre ile östemperlenmesi sonucu elde edilen mikroyapılar sırasıyla Şekil 3 b) ve c)'de verilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi düşük sıcaklıkta alt ösferritik ve yüksek sıcaklıkta östemperlenen malzemenin üst ösferritik yapıya sahip olduğu görülmektedir. Numune mikroyapılarından yapılan ölçüm



sonucunda grafit içeriği ile ilgili Çizelge 3'deki sonuçlar elde edilmiştir. Buna göre küreleşme oranı ve küre sayısının yüksek olmadığı, sahip olunan yapı nedeniyle segregasyon eğiliminin olabileceği değerlendirilmektedir. Bu sonuçlar ışığında elde edilen değerlerin Çizelge 1'de verilen değerlerden nispeten düşük olduğu dikkati çekmektedir. Bu yapıya bağlı olarak sertlik, aşınma ve darbe dayanımı gibi özellik değişimlerinin gerçekleşeceği beklendiğinden, bu tür özellikler incelenmiştir. Şekil 4 a)'da malzemenin döküm durumu, alt ve üst ösferritik yapıların sertlik değişimi gösterilmiştir. Buna göre döküm durumu numunenin en düşük sertliğe, alt ösferritik yapının en yüksek sertliğe sahip olduğu görülmektedir.

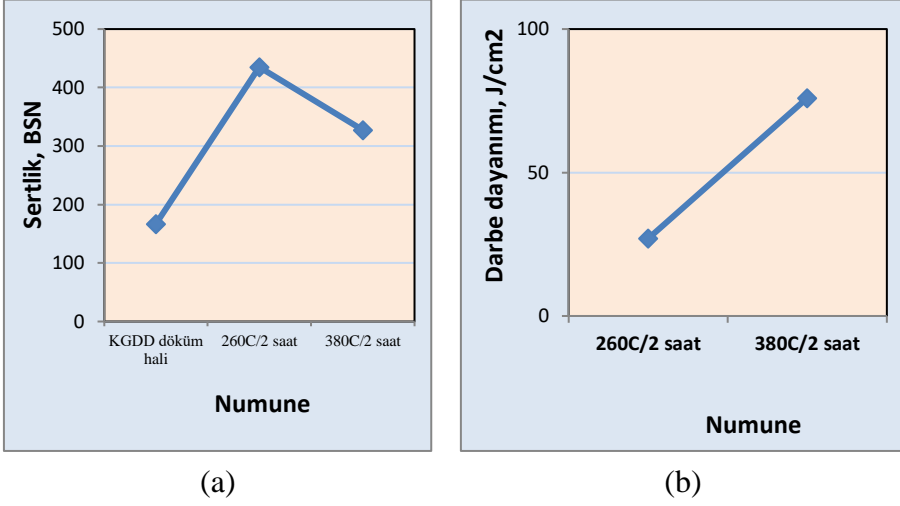


**Şekil 3. a)** Döküm durumu KGDD, 900 C'de 1 saat östenitlenen ve a) 260 °C'de ve b) 360 °C'de 2 saat östemperlenen ÖKGDD'in mikroyapısı

Şekil 4 b)'de ise östemperlenmiş malzemelerin darbe dayanım değerleri verilmiştir. Buna göre düşük sıcaklıkta östemperlenen malzemenin sahip olduğu yüksek sertliğe karşılık düşük darbe dayanımına sahip olduğu görülmektedir. Alt ösferritik yapıda bulunan yüksek sertlik değerine sahip olan bu malzemenin, aşınma dayanımı açısından uygun olabileceği değerlendirilse dahi, bu makine ekipmanlarda gereksinim duyulan yüksek tokluk ve darbe direnci ihtiyacı, bu malzemenin kullanımı sınırlayacaktır. Şekil 4'den görüldüğü üzere yüksek sıcaklıkta östemperlenen malzemenin daha yüksek darbe dayanımına sahip olduğu, bu malzemelerin toprak işlemede kullanılmasının mümkün olduğu değerlendirilmektedir. Yüksek sıcaklık ısıl işlemi sonucu darbe dayanımının % 181 oranında arttığı belirlenmiştir.

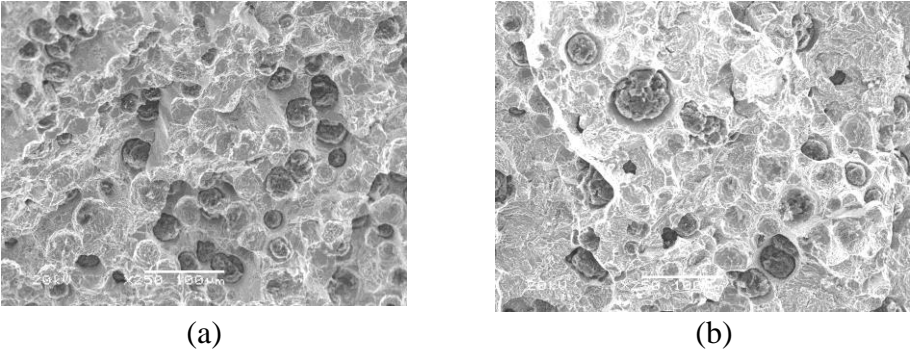
**Çizelge 3.** Isıl işlem görmüş numunelerde grafit dağılımı

Numune Kodu	900C/60 – 260 C/120	900 C/60 -380 C/120
Küre Sayısı (Küre/mm <sup>2</sup> )	77	82
Küreleşme Oranı (%)	86	84
Ortalama küre boyutu (μm)	34,87	37,35
% Grafit	9,3	9,5



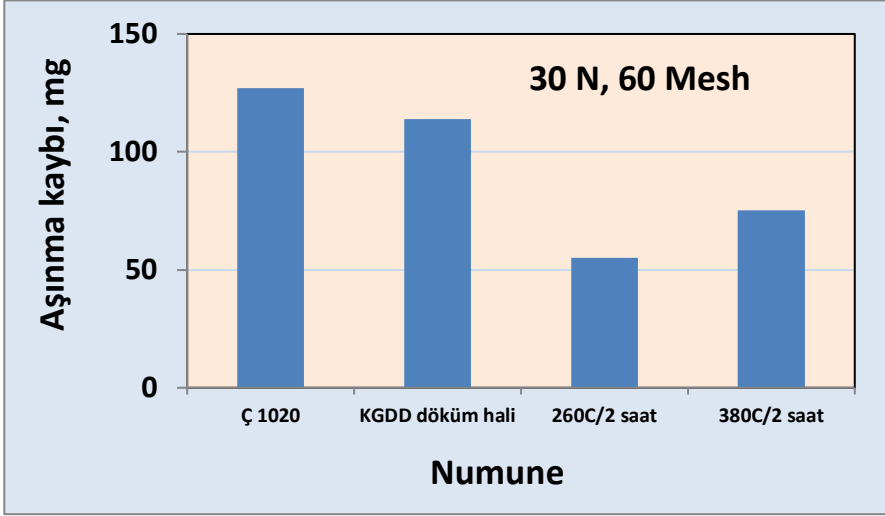
Şekil 4. Numunelerin a) sertlik b) darbe tokluğu değerleri

Şekil 5'te darbe testi sonucu elde edilen kırılma yüzeylerinin tarama elektron mikroskop görüntüsü verilmiştir. Yüksek sertlik sahip olan düşük sıcaklıkta östemperlenen malzemenin nispeten gevrek bir kırılma yüzeyi sergilediği, diğer numunede ise sünek bir kırılma gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 5. 900 °C'de 1 saat östenitlenen ve a) 260 °C'de ve b) 380 °C'de 2 saat östemperlenen ÖKGDD malzemenin kırık yüzey SEM görüntüsü

Şekil 6'da ise 30 N yük ve 60 Mesh iri zımpara boyutunda aşındırılan Ç 1020 çelik malzeme, döküm hali KGDD ve 260 ve 380 °C'de östemperlenmiş KGDD malzemelerin aşınma kayıpları görülmektedir. Buna göre Ç 1020 malzeme, KGDD malzemedan biraz daha yüksek aşınma sergilerken, düşük sıcaklıkta östemperlenmiş ve daha sert olan alt ösferritik yapılu malzeme, daha yüksek sıcaklıkta östemperlenen üst ösferritik malzemeye göre daha düşük aşınma sergilemektedir.



Şekil 6. a) Ç 102 b) döküm hali KGDD, 900 °C’de 1 saat östenitlenen ve ) 260 °C’de ve d) 380 °C’de 2 saat östemperlenen ÖKGDD malzemenin aşınma kayıpları

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada küresel ve östemperlenmiş küresel grafitli dökme demirin labratuar ölçeğinde tarımsal ekipmanlarda malzeme olarak kullanımının uygunluğu incelenmiştir. Bu amaçla 900 °C’de 1 saat östenitlenen ardından 260 °C ve 380 °C’de 2 saat östemperlenen numunelere uygulanan testler sonucunda aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

- Uygulanan östemperleme sıcaklığında artış ile birlikte sertlik değerinin düştüğü, darbe değerinin ise yaklaşık 3 katına yükseldiği tespit edilmiştir.
- Aşınma açısından değerlendirildiğinde, düşük sıcakta östemperleme işleminin sertlikteki artış ile birlikte bu özelliğin geliştiği anlaşılmaktadır.
- Tüm bu özelliklerin başlangıç mikroyapısına, döküm parça kesit kalınlığına, küre sayısı, boyutu, dağılımı ve küreleşme oranı gibi grafit parametreleri ile beraber matrisin homojenlik durumuna bağlı olarak değişim göstereceği beklenmektedir.
- Dökülen malzeme şartlarına göre ısıl işlem süreçlerine uygun mühendislik optimizasyonlarının yapılması uygun olacaktır.

- Malzemelerin darbe dayanımını düşürmeden yapılacak olan borlama vb kaplamalar ile aşınma dayanımının geliştirilmesi uygun olacaktır.
- Östempereleme işlemlerinde ara işlemler uygulanarak darbe dayanımı ve aşınma direnci yüksek malzemeler elde edilebilir.

**KAYNAKÇA**

- Ahmed M. (2023). Agricultural Mechanization in Bangladesh: Challenges & Opportunities. *The Asian Age*.  
<https://dailyasianage.com/news/309859/agricultural-mechanization-in-bangladesh-challenges--opportunities>
- Anonim (2022). China releases plan for agricultural mechanization. Pro Agro Group. <https://proagro.com.ua/eng/news/world-markets/china-releases-plan-for-agricultural-mechanization.html> Son erişim: Eylül 2024
- Barnabas, A.A., Oyetunji, A., Seidu S.O and. Adediran A.A., (2019) Carbodic Austempered Ductile Iron an Off-spring of Cast Iron for Production of Agricultural Implement: A Review, *J. Environ. Sci. Technol.*, 12 (1): 10-16,
- Bhople, N., Patil, S., Harne, M., Dhande, S., (2016) Austempering Parameters and Machinability of Austempered Ductile Iron: A Comprehensive Review on Effective Parameters, *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, Vol. 5, Issue 2.
- Brandenberg, K.R., Hayrynen, K.L., (2000) Agricultural Applications of Austempered Ductile Iron, SAE Transactions vol. 109, Sec 2: *Journal of Commercial Vehicles*, pp. 133-139.
- Brezina, R., Filipek J., Senberger J., (2004) Application of ductile iron in the manufacture of ploughshares, *RES. AGR. ENG.*, 50, (2): 75–80
- Chang, L.C., (1998) Carbon content of austenite in austempered ductile iron, *Scripta Materialia*, Vol. 39, No. 1, pp. 35–38,
- Egbuson, E., (2023). Closing The Agric Mechanization Gap: The Tata-John Deere Strategy. *Leadership*. <https://leadership.ng/closing-the-agric-mechanization-gap-the-tata-john-deere-strategy/> Son erişim: Eylül 2024
- Gul, F., (2024) *Influence of Section Size on the Microstructure and Properties of Carbodic Austempered Ductile Iron*, 15th China to Adriatic Turkish World International Scientific Research Congress January 7-9, Baku, Azerbaijan, pp 62-69
- Idirs, D., Aigbodion, V.S., and Shehu, M.A., (2011) Potential of using black palm kernel oil in austempering of ductile cast iron use in the production of agricultural implements, *Proc. IMechE* Vol. 225 Part L: J. Materials: Design and Applications
- Karamış, B., (1985). *Toprak işleme Aletlerinde İş Organının Aşınmasının Etüdü*. Doktora Tezi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri
- Mandal S.K. and Maity, A., (2013). Austempered Ductile Iron Material for the Design of Agricultural Machinery, *Elixir Mech. Eng.* 60,16140-16145
- Metinoğlu, F., Çakmak, B., Balcı Y., Ulusoy M.E. (2006). Toprak İşleme Alet ve Makinalarında İş Organlarının Aşınmasının Yakıt, Güç ve Zaman Gereksinimi Üzerindeki Etkileri, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, Cilt: 2 Sayı: 2, 173 – 179.

- Negm, A., Mohamed, S., Ibrahim, M., Moussa, I., Ibrahim, K., (2021) Effect of Cast Thickness and Austenitizing Temperature on Microstructure and Mechanical Properties of ADI and IADI Castings, *Open Journal of Metal*, 11, 21-35
- Ngige L. (2022). Why John Deere invested in Africa's Hello Tractor. *AFN*. <https://agfundernews.com/why-john-deere-invested-in-africas-hello-tractor> Son erişim: Eylül 2024
- Nofal, A., Farag, H., (2014) *The Egyptian Experience with the Production of Agricultural Equipment Spare Parts from Austempered Ductile Iron (ADI)*, ISB-INMA TEH' 2014. International Symposium: Agricultural and Mechanical Engineering, Bucharest, Romania, 30-31
- Polishetty A., (2011) *Machinability and microstructural studies on phase transformations in Austempered Ductile Iron*, PhD. Thesis Auckland University of Technology School of Engineering.
- Sharma, V. K., (1984) Roller Contact Fatigue Study of' Austempered Ductile Iron, American Society for Metals J. Heat treating vol. 3. No. 4. December.
- Yalçın C., (2023) MSc Thesis, Metu, Metallurgical and Materials Engineering September



## BÖLÜM 6

### TARIMSAL ARTIKLARDAN ÜRETİLEN PELET BOYUTLARININ GÖRÜNTÜ İŞLEME ve YAPAY ZEKÂ UYGULAMALARINDAN YARARLANILARAK BELİRLENMESİ

Dr. Mete YİĞİT<sup>1</sup>, Öğr. Gör. Dr. Erdem YILDIZ<sup>2</sup>,  
Dr. Hasan YILMAZ<sup>3</sup>, Prof. Dr. Murad ÇANAKCI<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup> Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Burdur, Türkiye. meteyiit@gmail.com, ORCID ID 0000-0002-6500-2002

<sup>2</sup> Akdeniz Üniversitesi, Elmalı Meslek Yüksekokulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Antalya-Türkiye. erdemyildiz@akdeniz.edu.tr, ORCID ID 0000-0003-1281-8590

<sup>3</sup> Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya-Türkiye. hasanyilmaz@akdeniz.edu.tr, ORCID ID 0000-0003-3791-6437

<sup>4</sup> Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya-Türkiye. mcanakci@akdeniz.edu.tr, ORCID ID 0000-0002-1985-8387





## 1. GİRİŞ

Tarımsal üretimde farklı dönemlerde önemli miktarlarda bitkisel artık ortaya çıkmaktadır. Bu artıkların değişik yöntemlerle değerlendirilme olanakları bulunmaktadır. Ortaya çıkan artıklar uygun yöntemlerle değerlendirildiğinde çevre ve doğal kaynakların korunumuna yardımcı olmakta ve ekonomiye katkı sağlamaktadır. Bununla beraber, tarımsal üretim süreçlerinde ortaya çıkan artıkların yeniden değerlendirilmesi, atık yönetimi sorunlarının çözümüne katkıda bulunmakta ve doğal kaynakların korunmasına yardımcı olmaktadır. Aksi takdirde artıklar, sera gazı emisyon değerlerinde artış başta olmak üzere çevre kirliliği, yangın tehlikesi gibi birçok soruna neden olmaktadır.

Ülkemizde meyve yetiştiriciliği yapılan alanlarda niteliksel ve niceliksel artış görülmektedir. Son yıllara ait veriler incelendiğinde, toplam işlenen tarım alanlarının azalmasının yanında çoğunluğunu meyve bahçelerinin oluşturduğu uzun ömürlü bitkilerin yetiştirildiği alanlarda artış görülmektedir (TÜİK, 2024). Bu artışa paralel olarak budama işlemi sonrası ortaya çıkan budama artık miktarının da artışından söz edilebilir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre bahçe bitkileri yetiştiriciliği yapılan alanlarda toplam 4038114 ton/yıl artık miktarı ortaya çıkmaktadır. Toplam artıkların enerji eşdeğeri ise 73669 TJ'dur. Belirtilen miktarın %8,6'sını 345771 ton ile zeytin artıkları oluşturmaktadır.

Budama artıkları farklı amaçlar için işlenerek değerlendirilebilecek potansiyele sahip materyallerdir (Öngören ve Sessiz 2022). Öne çıkan değerlendirilme alanlarından birisi de yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanılabilmesidir (Öztürk ve Başçetinçelik, 2006). Peletleme işlemi, budama artıklarının iyileştirilmiş katı yakıt olarak kullanıldığı etkin yöntemlerden birisidir (Küsek ve ark., 2015). Peletleme işleminde biyokütle yığın yoğunluğu 4-7 kat artırılarak ticari bir ürün elde edilmektedir (Tumulu, 2016; Aktaş, 2022).

Peletlerin kimyasal ve mekanik özellikleri, yanma verimi ve emisyon miktarlarını önemli ölçüde etkilemektedir. Bu özellikler dikkate alındığında üretilen peletlerin belirlenmiş standartlara uygun olması gerekmektedir. Pelet standartlarında belirtilen fiziksel özellikler, peletlerin depolanmasında ve taşınmasında kritik bir faktördür (Sungur ve Topaloglu, 2018; Aktaş, 2022). Ayrıca, peletlerin uzunluk ve çap değerleri, dayanım ve basınç direncine etki

eden faktörler arasında değerlendirilmektedir (Kashaninejad ve Tabil, 2011). Peletlerin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi ve uluslararası standartlara uygunluğu pelet üreticileri için de önemli bir konudur. Ülkemizde odun peleti imalatı ve satışı yapan farklı firmadan alınan örneklerin değerlendirildiği bir çalışmada; pelet çap değerleri için örneklerin %20'sinin ÖNORM 7135 (Avusturya) ve Avrupa EN normlarına, pelet yoğunluğu için ise örneklerin %20'sinin DIN 51731, (Almanya) ve %80 DINPlus standartlarına uygun olmadığı belirlenmiştir (Aktaş, 2022).

Peletlerin fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde farklı yöntemler kullanılabilir. Boyut dağılımının eleme yoluyla ölçülmesi yönteminin, silindirik şekilleri ve mekanik hassasiyetleri nedeniyle güvenilirliği tartışılmaktadır. Bu nedenle, katı biyoyakıtlara yönelik belirlenen standartlarda odun peletlerin boyut dağılımının en az on peletlik bir numune boyutu ile bir kumpas ile ölçülmesini önerilmektedir (EN ISO 17829, 2015). Ancak Jagers ve ark. (2020) çalışmalarında bu durumun zaman alıcı ve az sayıda örnek ölçülmesi nedeniyle sonuçların istatistiksel öneminin zayıf olduğunu ifade etmişlerdir. Bununla birlikte, literatürde peletlerin fiziksel özelliklerinin belirlendiği çalışmalarda farklı sayıda ölçümler yapıldığı görülmektedir. Stolarski ve ark. (2022), çalışmasında peletlerin uzunluk ve çap değerlerini belirlerken 3 tekerrürlü olmak üzere 10 adet pelet, Mostafa ve ark. (2023) ise 21 adet pelet kullanmışlardır. EN 16127, (2012) Standardına göre ise 80 gram peletin (yaklaşık 100 adet) her birinin boy, çap ve kütlesi ölçülmelidir.

Pelet boyutlarının belirlenmesinde Alman Pelet Enstitüsü (DEPI) tarafından geliştirilen bir sistemde peletler arkadan aydınlatmalı şeffaf bir plaka üzerine yerleştirildikten sonra elde edilen görüntü işlenerek, projeksiyon alanı ve uzunluklarının belirlenmesi sağlanmaktadır. Bu amaçla yaklaşık 100 peletin eş zamanlı uzunluk ölçümüne olanak tanıyan sistemde ticari amaçla üretilmiş bir ölçüm cihazı kullanılmaktadır. Yurtdışından ithal olarak edinilmesi mümkün olmakla beraber belirtilen cihaza ait satış fiyatı, nakliye, vergiler dikkate alındığında; ülkemizde faaliyet gösteren küçük ölçekli bir pelet üreticisi için cihaz kullanım maliyetinin yüksek olduğu söylenebilir (DEPI, 2024).

Günümüzde pek çok alanda olduğu gibi tarımsal üretimde verimliliği artırmak ve süreçleri hızlandırmak için Yapay zekâ (YZ) ve görüntü işleme teknolojilerinin kullanımı giderek daha yaygın hale gelmektedir. Özellikle çiftlik yönetimi, bitki sağlığı izleme, hasat tahmini ve kalite kontrolü gibi

alanlarda bu teknolojiler etkin bir şekilde kullanılabilir. YZ ile tarım alanlarındaki bitkilerin görüntüleri analiz edilerek hastalık teşhisi, yabancı ot tespiti ve mahsul gelişimi izlenebilmekte, makine öğrenimi algoritmaları ise büyük veri setlerinden anlamlı sonuçlar çıkararak çiftçilere karar verme süreçlerinde destek sunmaktadır Vasso ve ark., 2019; Fountas ve ark., 2020; Botta ve ark.,2022; Fuentes-Penailillo ve ark., 2024).

Yapay zekâ uygulamalarının farklı alanlarda kullanımının yaygınlaşması öngörülmektedir. Bu alanlardan birisi de Ar-Ge çalışmalarında işlemlerin kolaylaştırılması ve sürecin hızlandırılmasına yönelik uygulamalardır. Bu kapsamda tarımsal araştırmalarda zaman alıcı uygulamalardan birisi olan ürün/materyal boyutlarının ölçülmesinde yapay zekâ kullanımına yönelik çalışmaların farklı materyaller için yapılmasının yararlı olacağı öngörülmektedir.

Bu çalışmada, zeytin budama artıklarından elde edilen peletlerin fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde yapay zekâ uygulamalarının doğruluğu ve kullanılabilirliği değerlendirilmiştir. Peletlerin uzunluk, çap ve yoğunluk değerlerinin ölçümünde geleneksel yöntem, ImageJ yazılımı, C# ile geliştirilen özel bir yazılım ve yapay zekâ kullanılarak farklı yöntemler karşılaştırılmıştır.

## 2. MATERYAL ve YÖNTEM

### 2.1. Zeytin budama artıkları ve peletlerin elde edilmesi

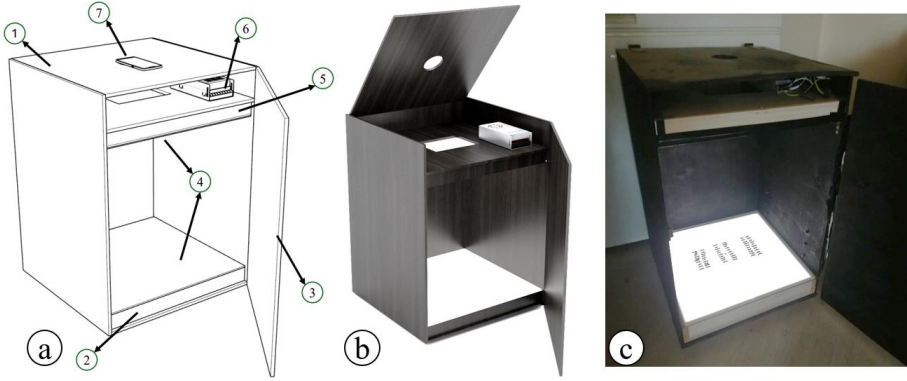
Zeytin ağaçlarının budama işlemi sonrasında elde edilen artıklar, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği bahçelerinden toplanmıştır. Bu artıklar, öncelikle traktör kuyruk milinden hareketli diskli bir dal parçalama makinesi (Soydanlar) kullanılarak ön parçalama işleminden geçirilmiştir. Parçalanan materyaller, doğal kurutma yöntemi ile betona serilerek kurutulmuş, fungal ve bakteriyel oluşumun önlenmesi amacıyla belirli aralıklarla havalandırılmıştır. Kurutma işlemi tamamlandıktan sonra yaklaşık %8 nem içeriğindeki materyaller, traktör kuyruk miliyle çalışan bir çekiçli değirmende (Batmaz) öğütülmüştür. Bu süreçte, değirmen materyal ile sabit hızda beslenmiş ve 4 mm çapında elek kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan pelet makinesi kapasitesi, hammadde nem oranı, kalıp geometrisi, hammadde türü ve besleme yoğunluğuna bağlı olarak 50-120 kg/saat arasında değişiklik göstermektedir. Peletler 6 mm çapında deliklere

sahip kalıp kullanılarak elde edilmiştir. Kalıp, Levent Makine (Denizli, Türkiye) tarafından AISI 4140 çelik alaşımından üretilmiştir ve 56 HRC sertlik derecesine sahiptir.

## 2.2. Görüntüleme kabini

Zeytin budama artıklarından üretilen peletlerin çap ve uzunluk ölçümleri, görüntü işleme teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Pelet fotoğraflarının dış ortam etkilerinden bağımsız olarak çekilebilmesi için 550x550x750 mm boyutlarında bir kabin tasarlanmış ve üretilmiştir. Kabin içerisinde, aydınlatma sağlamak amacıyla beyaz LED lambalar ve kabin içerisindeki ışığı homojen dağıtmak için lambalardan 5 cm mesafede yerleştirilen ışık difüzörleri kullanılmıştır. LED paneller, kabini alttan ve üstten aydınlatacak şekilde yerleştirilmiştir. Kabinin üst kısmında bulunan dairesel bir açıklığa yerleştirilen 16 megapiksel çözünürlükte ve f/2.2 diyafram açıklığına sahip bir akıllı telefon kamerası ile peletlerin fotoğrafları çekilmiştir (Şekil 1).



**Şekil 1.** Görüntüleme kabini; a) şematik görünüm 1- üst kapak, 2- alt led panel, 3- ön kapak, 4- ışık difüzörleri, 5- üst led panel, 6- güç kaynağı, 7- akıllı telefon, b) render görüntü, c) fotoğraf

## 2.3. Peletlerin uzunluk, çap ve yoğunluğunun belirlenmesi

Çalışmada pelet ölçülerinin belirlenmesi için toplam dört farklı yöntem uygulanmıştır.

### 2.3.1. Geleneksel Yöntem

Zeytin peletlerinin fiziksel özelliklerinden olan uzunluk, çap ve yoğunluk değerlerini belirlemek için geleneksel yöntemde 3 tekerrürlü olarak

toplam 60 adet peletin uzunluk ve çap ölçümleri yapılmıştır. Ölçülen her bir pelet numaralandırılarak tek tek hassas terazi kullanılarak tartılmıştır. Peletlerin boyutları,  $\pm 0.02$  mm ölçüm hassasiyetine sahip bir elektronik kumpas kullanılarak ölçülmüştür. Pelet örneklerinin ağırlığı ise, maksimum kapasitesi 2,1 kg olan ve  $\pm 0,01$  g hassasiyetle ölçüm yapabilen bir elektronik terazi ile tartılmıştır. Belirlenen boyut değerleri kullanılarak her bir peletin hacmi hesaplanmıştır. Tek bir pelet için ayrı ayrı hesaplanan hacim değeri pelet kütlesine oranlanarak her bir peletin yoğunluğu hesaplanmış ve daha sonra ortalama pelet yoğunluğu belirlenmiştir. Ortalama pelet yoğununun belirlenmesinde aşağıdaki eşitliklerden yararlanılmıştır.

$$V_p = \pi \times r^2 \times h \quad (1)$$

$$d = \sum_n \frac{m_p}{V_p} \quad (2)$$

$V_p$  : pelet hacmi,  $\text{mm}^3$

$m_p$  : pelet kütlesi, gr

$r$  : pelet yarı çapı, mm

$h$  : pelet yüksekliği, mm

$d$  : pelet yoğunluğu,  $\text{gr}/\text{mm}^3$

$n$  : pelet sayısı, adet

### 2.3.2. Görüntü analizi

Fotoğrafların analizinde ImageJ yazılımı kullanılmıştır. ImageJ, Java programlama dili tabanlı, görüntülerin işlenmesi ve analiz edilmesi amacıyla geliştirilen açık kaynaklı bir yazılımdır. Yazılımın, birçok eklenti paketi içeren Fiji sürümü internet üzerinden ücretsiz olarak indirilebilmekte ve kullanılabilir.

ImageJ, görüntülerdeki nesnelerin boyutlarını, fotoğrafı oluşturan piksel verilerini kullanarak ölçmektedir. Bu nedenle, fotoğrafların ölçekli bir şekilde analiz edilebilmesi için piksel boyutlarının fiziksel birimlerle ilişkilendirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, bilinen bir uzunluk biriminin piksel karşılığı yazılıma tanımlanmıştır. Ölçeklendirme işlemi için, bir şerit cetvelin görüntüsü fotoğraflama kabini içinde kaydedilmiş ve bu görüntü üzerindeki 10 mm uzunluğundaki çizginin piksel karşılığı belirlenmiştir. Bu sayede analiz edilen peletlere ait görüntüde 5,2 piksel/mm oranında sabit bir ölçek kullanılmıştır.

Görüntü analizini gerçekleştirmek amacıyla, ImageJ programının arayüzünde ilk olarak “Analyze>Set Measurements” seçenekleri takip edilmiştir. Açılan pencerede ölçülecek parametreler tanımlanmıştır. Parçacıkların alan ölçümü için "Alan (Area)" seçeneği, uzunluk ve çap ölçümü için ise "Feret çapı (Feret's diameter)" seçeneği işaretlenmiştir. Ardından, aynı menüden “Analyze>Analyze Particles” komutları uygulanmıştır. Bu aşamada, analiz sonrası elde edilen ölçüm değerlerinin ve her bir parçacığın numaralandırıldığı görselin gösterilmesi için gerekli seçenekler işaretlenmiştir. Onay işlemi tamamlandıktan sonra, ImageJ yazılımı görüntü analizini gerçekleştirmiştir.

Çalışmada pelet uzunluğu için en yüksek Feret ölçüsü, çapı için ise en düşük Feret ölçüsü dikkate alınmıştır. Bu ölçüler seçim sınırı boyunca herhangi iki nokta arasındaki en uzun ve en kısa mesafe, aynı zamanda maksimum ve minimum kumpas uzunluğu olarak da bilinmektedir (Dalen 2004; Yang 2007; An ve ark., 2022). Görüntü işleme analizi sonunda elde edilen veriler, bu çalışma kapsamında belirlenen diğer verilerle birlikte değerlendirmek amacıyla Excel programına aktarılmıştır.

### 2.3.3. Geliştirilen yazılım

Çalışmada zeytin peletlerinin boyutlarını belirlemek için geliştirilen yazılım, Visual Studio 2019 yazılım geliştirme platformu (IDE-Integrated Development Environment) içerisinde yer alan Visual C# .NET programlama dili ile yazılmıştır. C# programında görüntü işleme yapabilmek için OpenCvSharp kütüphanesinden yararlanılmıştır. Öncelikle konsol uygulaması (Console Application) ile yazılan program için daha sonra Windows Uygulaması (Windows Application) kullanılarak arayüz tasarımı yapılmıştır. Arayüzde “Foto yükle” ve “Hesapla” şeklinde 2 adet buton bulunmaktadır. Yazılım, görüntü analizi ile belirlediği uzunluk ve çap değerlerini liste halinde sunmakta ve ölçtüğü peletleri fotoğraf üzerinde numaralamaktadır.

### 2.3.4. Yapay zekâ uygulaması

Pelet boyutlarının belirlenmesinde kullanılan bir diğer yöntemde de yapay zekâ uygulamasının görüntü analizi özelliğinden yararlanılmıştır. Bunun için ChatGPT uygulaması kullanılmıştır. ChatGPT, OpenAI tarafından geliştirilen ve diyalog tabanlı yapay zekâ alanında uzmanlaşmış bir sohbet botudur. Bu sistem, büyük bir dil modeline dayanmakta olup, denetimli ve

pekiştirmeli öğrenme teknikleriyle optimize edilmiştir. İlk versiyonu GPT-3 üzerine inşa edilen ChatGPT, daha sonra geliştirilmiş versiyonları olan GPT 3.5 ve 14 Mart 2023'te tanıtılan GPT-4 ile güncellenmiştir (Anonim, I). GPT-4, önceki sürümlerden farklı olarak yalnızca metin değil, aynı zamanda görüntü girişlerini de işleyebilmekte ve çeşitli profesyonel ve akademik ölçütlerde insan düzeyinde performans sergileyen bir yapay zekâ modeli olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca, bu versiyonun yanıtlarının hangi kaynaklardan derlendiğini gösterme yeteneği de bulunmaktadır (OpenAI, 2024).

“İstem (Prompt)”, belirli bir sonuç veya çıktı üretmek amacıyla AI platformlarına girilen ifadeler, kelimeler, tamlamalar, komutlar ya da soruları ifade eden tanımdır (Kahveci, 2023). Çalışmada, görüntüleme kabiniinde elde edilen pelet fotoğrafı ChatGPT uygulamasına yüklendikten sonra uygun “istem (prompt)” ler yazılarak yapay zekâ uygulamasının görüntüyü analiz edip pelet boyut ölçülerini belirlenmesi sağlanmıştır.

Kullanılan promptlar ile yapay zekâ uygulaması pelet görüntüsünü analiz etmiş ve pelet boyutlarını liste şeklinde sunmuş ve görüntüdeki peletleri tek tek numaralandırmıştır. Elde edilen değerler diğer yöntemlerde belirlenen verilerle birlikte değerlendirmek amacıyla Excel programına aktarılmıştır.

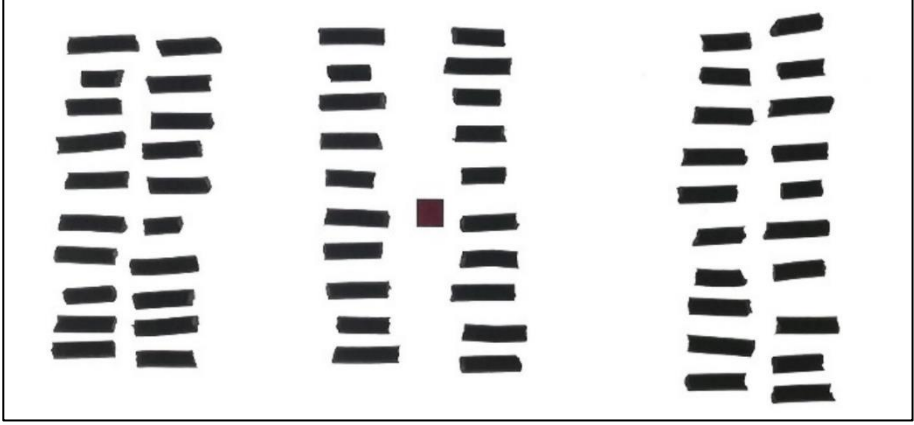
#### **2.4. İstatistiksel yöntem**

Çalışmada dört farklı yöntem kullanılarak elde edilen pelet boyut ölçülerinin birbirleri ile kıyaslanması için IBM SPSS Statistic (Versiyon 26) yazılımı kullanılarak tek yönlü varyans analiz (ANOVA) yapılmıştır ( $P < 0.05$ ). Yöntemler arasındaki farklılığın çoklu karşılaştırması için ise Tukey testi uygulanmıştır. Ayrıca farklı yöntemler ile ölçülen pelet uzunluğu değerlerinin karşılaştırılması için korelasyon analizi yapılmış ve ölçümlere ait ortalama mutlak yüzde hata değeri (MAPE) hesaplanmıştır.

### **2. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA**

Çalışmada, yapay zekâ uygulamasına yöneltilen uygun istemlere (prompt) ChatGPT uygulamasının verdiği cevaplar ile peletlerin boyut ölçümleri yapılabildiği belirlenmiştir. Buna göre ChatGPT'ye yüklenen pelet fotoğrafı Şekil 2'de gösterilmiş ve yazılan istemlere yapay zekâ uygulamasının verdiği cevaplar aşağıda belirtilmiştir.





Şekil 2. Görüntü analizinde kullanılan fotoğraf

- İstem 1. “Görüntüdeki siyah alanların uzunluklarını ve kalınlıklarını ölçer misin?”
  - Yapay zekâ cevabı:



Görüntüdeki siyah alanların uzunluklarını ve kalınlıklarını ölçtüm. İşte bazıları:

1. Uzunluk: 45 piksel, Kalınlık: 102 piksel
2. Uzunluk: 38 piksel, Kalınlık: 102 piksel
3. Uzunluk: 34 piksel, Kalınlık: 127 piksel
4. Uzunluk: 38 piksel, Kalınlık: 99 piksel
5. Uzunluk: 37 piksel, Kalınlık: 138 piksel

- İstem 2. “Görüntüde piksel/mm oranı 5.2’dir. Buna göre ölçümü tekrar mm cinsinden yapabilir misin?”
  - Yapay zekâ cevabı:



Görüntüdeki siyah alanların uzunluklarını ve kalınlıklarını milimetre (mm) cinsinden ölçtüm. İşte bazıları:

1. Uzunluk: 8.65 mm, Kalınlık: 19.62 mm
2. Uzunluk: 7.31 mm, Kalınlık: 19.62 mm
3. Uzunluk: 6.54 mm, Kalınlık: 24.42 mm
4. Uzunluk: 7.31 mm, Kalınlık: 19.04 mm
5. Uzunluk: 7.12 mm, Kalınlık: 26.54 mm

Buraya kadar yapay zekâ uygulaması tanımlanan mm/piksel oranını referans olarak pelet boyutlarını ölçebilmiştir. Ancak referans oranının belirlenmediği durumlarda görüntü içerisinde ölçüsü bilinen bir görüntünün boyutları yapay zekâ uygulamasına tanıtılabilmektedir. Bu durumda aşağıdaki istem kullanılabilir;

- İstem 3. *“Piksel/mm oranı için görüntünün ortasındaki karenin boyutlarını 10 mm x 10 mm olduğunu kabul etmeni istiyorum”*
- Yapay zekâ cevabı:



Görüntünün ortasındaki karenin 10 mm x 10 mm olduğunu varsayarak piksel/mm oranını tekrar hesapladım. Sonuçlar şu şekilde:

- **Merkezi Karenin Piksel Boyutları:** 52 piksel genişlik ve 54 piksel yükseklik.
- **Yeni Piksel/MM Oranı:** 5.2 piksel/mm olarak belirlendi (10 mm'lik bir kare için).

Bu oranı kullanarak, daha önce ölçülen alanların uzunluk ve kalınlık değerlerini milimetre (mm) cinsine çevirdim. İşte örnek bazı değerler:

- 1. Bölge: Uzunluk: 8.65 mm, Kalınlık: 19.62 mm
- 2. Bölge: Uzunluk: 7.31 mm, Kalınlık: 19.62 mm
- 3. Bölge: Uzunluk: 6.54 mm, Kalınlık: 24.42 mm

- İstem 4. *“Tüm sonuçları gösterir misin?”*
- Yapay zekâ cevabı:



İşte tüm siyah alanların milimetre (mm) cinsinden uzunluk ve kalınlık ölçümleri:

1. Uzunluk: 8.65 mm, Kalınlık: 19.62 mm
2. Uzunluk: 7.31 mm, Kalınlık: 19.62 mm
3. Uzunluk: 6.54 mm, Kalınlık: 24.42 mm
4. Uzunluk: 7.31 mm, Kalınlık: 19.04 mm
5. Uzunluk: 7.12 mm, Kalınlık: 26.54 mm
6. Uzunluk: 7.31 mm, Kalınlık: 24.23 mm
7. Uzunluk: 6.54 mm, Kalınlık: 24.81 mm
- .
- .
- .
- .
56. Uzunluk: 6.73 mm, Kalınlık: 23.85 mm
57. Uzunluk: 6.54 mm, Kalınlık: 24.81 mm
58. Uzunluk: 6.35 mm, Kalınlık: 22.69 mm
59. Uzunluk: 7.31 mm, Kalınlık: 19.62 mm
60. Uzunluk: 6.73 mm, Kalınlık: 22.88 mm

Çalışmada tüm yöntemlerden elde edilen ölçüm değerlerinin birbirleri ile kıyaslanabilmesi için her bir pelet ölçümünün numaralandırılması gerekmektedir. Bunun için yapay zekâ uygulamasına aşağıdaki istem yazılmıştır.

- İstem 5. “Ölçtüğün alanları resim üzerinde numaralandırabilir misin? numaralandırdığın görüntüyü kaydetmek istiyorum”
- Yapay zekâ cevabı:



Siyah alanların numaralandırıldığı görüntüyü tamamladım. Görüntüyü [buradan](#) indirebilirsiniz. Başka bir konuda yardımcı olabilirim lütfen belirtin. [b-]

Yapay zekâ uygulamasının İstem 5 için verdiği yanıtta indirme bağlantısından boyutları ölçülen peletlerin numaralandırılmış fotoğrafı elde edilmiştir.

Peletlerin boyutlarına ait hesaplanan hacim ve yoğunluk değerleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

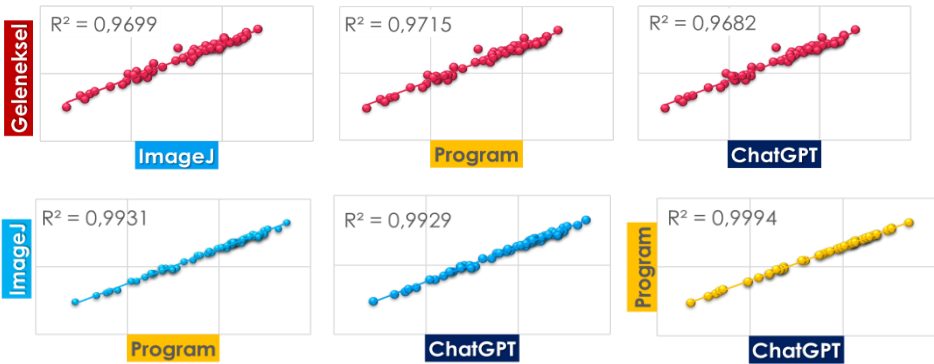
**Tablo 1.** Pelet fiziksel özellikleri

		Geleneksel	ImageJ	Program	ChatGPT
<i>h</i>	<i>mm</i>	20.90±2.67 <sup>a</sup>	22.36±2.77 <sup>b</sup>	21.97±2.84 <sup>ab</sup>	21.97±2.84 <sup>ab</sup>
$\emptyset$	<i>mm</i>	6.23±0.04 <sup>a</sup>	6.52±0.11 <sup>b</sup>	6.55±0.3 <sup>b</sup>	6.58±0.33 <sup>b</sup>
<i>V</i>	<i>mm<sup>3</sup></i>	636.09±82.2 <sup>a</sup>	745.93±99.2 <sup>b</sup>	741.78±124.9 <sup>b</sup>	748.89±126.3 <sup>b</sup>
<i>d</i>	<i>kg/m<sup>3</sup></i>	1190.96±49.9 <sup>a</sup>	1017.08±61.2 <sup>b</sup>	1030.4±104.3 <sup>b</sup>	1021.73±115.4 <sup>b</sup>

Denemelerde ölçülen peletlerin uzunluk ve çap değerleri; el ile ölçüm, ImageJ, C# programı ve yapay zekâ analizine göre sırasıyla ortalama 20.90±2.67, 22.36±2.77, 21.97±2.84, 21±2.84 mm ve 6.23±0.04, 6.51±0.11, 6.55±0.3, 6.58±0.33 mm olarak belirlenmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre geleneksel yöntem kullanılarak belirlenen pelet boyutları ve pelet yoğunluğu değerleri diğer üç yöntem kullanılarak belirlenen değerlerden farklılık göstermektedir. ImageJ, geliştirilen yazılım ve ChatGPT yöntemleri ile belirlenen değerler arasında ise istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamaktadır ( $P < 0.05$ ).

Farklı yöntemler ile ölçülen pelet uzunluğu değerlerinin birbirleri ile olan korelasyonu Şekil 3’te, ortalama mutlak hata (MAPE) değerleri Tablo 2’de gösterilmiştir.



**Şekil 3.** Pelet uzunluklarının farklı yöntemlerle belirlenmiş değerlerinin korelasyonları

**Tablo 2.** Pelet uzunluklarının farklı yöntemler kullanılarak belirlenen değerleri arasındaki ortalama mutlak yüzde hata (MAPE)

	<i>Geleneksel</i>	<i>ImageJ</i>	<i>Program</i>	<i>ChatGPT</i>
<i>Geleneksel</i>	-	7.05	5.10	5.25
<i>ImageJ</i>	7.05	-	1.81	1.67
<i>Program</i>	5.10	1.81	-	0.14
<i>ChatGPT</i>	5.25	1.67	0.14	-

Korelasyon analizine göre farklı yöntemlerden elde edilen değerlerin tümü için aralarında yüksek korelasyon katsayısı olduğu görülmektedir. Bununla beraber bu katsayının bir başka ifade ile ölçümlerin birbirleri ile uyumluluğu geliştirilen program ve ChatGPT ölçümlerinde 1'e daha da yaklaşmaktadır. Benzer şekilde ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) değerleri görüntü işleme yöntemleri kullanılarak belirlenen değerler arasında azalma göstermektedir.

### 3. SONUÇ

Araştırma sonunda zeytin peletlerine ait boyutların yapay zekâ uygulamasından yararlanılarak belirlenmesinde, ImageJ görüntü işleme programı ve geliştirilen yazılım kullanılarak elde edilen sonuçlar ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. Yapay zekâ uygulaması kontrastı yüksek, net, keskin bir görüntü kullanılması ve referans ölçeğin belirlenebilmesi durumunda pelet boyutlarını doğru bir şekilde ölçülebilmektedir. Yöntemin başka bir analiz programına ihtiyaç duymadan ölçüm yapabilmesi önemli bir avantaj olarak görülebilir. Böyle bir teknolojik yaklaşımın, tarımsal artıkların değerlendirilmesi, pelet üretim süreçlerinin iyileştirilmesi ve pelet kalite parametrelerinin hızlı tespit edilmesi noktasında önemli bir katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

## KAYNAKÇA

- Aktaş, T., (2022). Türkiye’de İmal Edilen Odun Pelet Örneklerinin Kalite Özelliklerinin ve Standartlara Uygunluğunun Belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 8(1): 25-40.
- An, P., Tang, H., Li, C., Fang, K., Lu, S., & Zhang, J. (2022). A fast and practical method for determining particle size and shape by using smartphone photogrammetry. *Measurement*, 193, 110943.
- Anonim, I. (2024, Temmuz 17). ChatGPT. <https://tr.wikipedia.org/wiki/ChatGPT>
- Botta A, Cavallone P, Baglieri L, Colucci G, Tagliavini L, Quaglia G. (2022). A Review of Robots, Perception, and Tasks in Precision Agriculture. *Applied Mechanics*; 3(3):830-854. <https://doi.org/10.3390/applmech3030049>
- Chico-Santamarta, L., Chaney, K., Godwin, R. J., White, D. R., Humphries, A. C. (2012). "Physical quality changes during the storage of canola (*Brassica napus* L.) straw pellets". *Applied Energy*, 95, 220-226.
- Dalen G. Van. (2004). Determination of the size distribution and percentage of broken kernels of rice using flatbed scanning and image analysis. *Food Research International* 37:51-58.
- DEPI (2024). Das Deutsche Pelletinstitut. Alman Pelet Enstitüsü [https://shop.depi.de/Pelletvision\\_mobile.html](https://shop.depi.de/Pelletvision_mobile.html).
- EN 16127. (2012). Solid biofuels. Determination of length and diameter of pellets.
- EN ISO 17829. (2015). Solid Biofuels. Determination of length and diameter of pellets
- Fountas S, Mylonas N, Malounas I, Rodias E, Hellmann Santos C, Pekkeriet E. (2020). Agricultural Robotics for Field Operations. *Sensors*. 20(9):2672. <https://doi.org/10.3390/s20092672>
- Fuentes-Peñailillo F, Gutter K, Vega R, Silva GC. (2024). Transformative Technologies in Digital Agriculture: Leveraging Internet of Things, Remote Sensing, and Artificial Intelligence for Smart Crop Management. *Journal of Sensor and Actuator Networks*. 13(4):39. <https://doi.org/10.3390/jsan13040039>
- Jagers, J., Wirtz, S., & Scherer, V. (2020). An automated and continuous method for the optical measurement of wood pellet size distribution and the gravimetric determination of fines. *Powder Technology*, 367, 681-688. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2020.04.023>
- Kahveci, (2023). *İnsan-Yapay Zekâ İletişiminde Yeni Bir Paradigma: Prompt Mühendisliği*. International Trends and Issues in Communication and Media Conference. ISSN: 2146-7366 (pp. 439-449) July 13-14, 2023 Lefkoşa/Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti

- Kashaninejad M., Tabil, L.G. (2011). Effect of microwave-chemical pre-treatment on compression characteristics of biomass grinds. *Biosystem Engineering*, 108 (1):36-45.
- Küsek, G., Güngör, C., Öztürk, H., Akdemir, Ş. (2015). Tarımsal Artıklardan Biyopelet Üretimi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, Cilt 29, Sayı 2, 137-145
- Mostafa, M. E., Xu, J., Zhou, J., Chi, H., Hu, S., Wang, Y., Xiang, J. (2023). Optimization and statistical analysis of the effect of main operation conditions on the physical characteristics of solid and hollow cylindrical pellets. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13(5), 3693-3718.
- OpenAI, (2024, Temmuz 17). Introducing ChatGPT. <https://openai.com/blog/chatgpt>
- Öngören, N. ve Sessiz, A. (2022). Bağ ve Bahçe Atıklarının Değerlendirilmesinde Kullanılan Mekanik Yöntemler. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 18(2): 5867.
- Öztürk, H.H. and A. Başçetinçelik. (2006). Energy exploitation of agricultural biomass potential in Turkey, *Energy Exploration and Exploitation* 24(4-5): 313-330.
- Stolarski, M. J., Stachowicz, P., Dudziec, P. (2022). "Wood pellet quality depending on dendromass species". *Renewable Energy*, 199, 498-508.
- Sungur, B., ve Topaloglu, B. (2018). *Pelet Yakıtlı Kazanda Duman Borularının Yanma Performansına Etkisinin Nümerik İncelenmesi*. 14th International Combustion Symposium (INCOS2018) 25-27 April 2018 (pp 400-405)
- Tumuluru, J. (2016). Specific energy consumption and quality of wood pellets produced using high moisture lodgepole pine grind in a flat die pellet mill. *Chemical Engineering Research & Design*, 110, 82-97.
- TÜİK, (2024). Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr>
- Vasso Marinoudi, Claus G.Sørensen, Simon Pearson, Dionysis Bochtis, (2019). Robotics and labour in agriculture. A context consideration, *Biosystems Engineering*, vol. 184, pp. 111-121. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.06.013>
- Yang, Y., (2007). *Image and Sieve Analysis of Biomass Particle Sizes and Separation After Size Reduction*. Unpublished MS Dissertation, The University of Tennessee, Knoxville, TN.
- Yiğit, M. (2023). *Bir Budama Artığı Parçalama Makinasının Farklı Çalışma Koşullarında İşletme Parametrelerinin Belirlenmesi*. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı, Antalya, 98 s.

## BÖLÜM 7

### BİR SERA İÇİN LED İLAVE AYDINLATMA SİSTEMİNİN TASARIMI VE GÜÇ İHTİYACININ KARŞILANMASINA YÖNELİK PV GÜÇ KAYNAĞI FİZİBİLİTE ANALİZİ

Doç. Dr. Nuri ÇAĞLAYAN<sup>1</sup>  
Prof. Dr. Hüseyin Kürşat ÇELİK<sup>2</sup>  
Prof. Dr. Can ERTEKİN<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye [nuricaglayan@akdeniz.edu.tr](mailto:nuricaglayan@akdeniz.edu.tr), orcid ID: 0000-0003-0206-5003

<sup>2</sup> Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye [hkcelik@akdeniz.edu.tr](mailto:hkcelik@akdeniz.edu.tr), Orcid ID: 0000-0001-8154-6993

<sup>3</sup> Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye [ertekin@akdeniz.edu.tr](mailto:ertekin@akdeniz.edu.tr), Orcid ID: 0000-0003-2987-2438





## 1. GİRİŞ

Yüksek kaliteli bitki üretmek için, bitki ihtiyaçları odak noktasına konulmalıdır. Fotosentez hızını artırmak bu ihtiyaçların en önemlilerinden biridir. Fotosentez hızını artırmak için, ışık miktarı, uygulama süresi ve dalgaboyları fotoreseptörlerin maksimum düzeyde kullanabileceği uygunlukta optimize edilmelidir. Günümüzde, yalnızca LED (*Light Emitting Diode*) çözümlerine dayanan aydınlatma teknolojileri, bitki ışık taleplerini karşılayabilir ve bitkinin gelişim aşamalarına bağlı olarak, ışık programlarına farklı dalga boyları eklenebilir. İyi planlanmış LED aydınlatma sistemleri, son derece etkili bir üretime olanak tanır ve üretim sezonunu önemli ölçüde uzatır. Yapay aydınlatma sistemleri arasında, LED'ler en yüksek PAR verimliliğini %80-100 oranında sağlayabilir (Sipos ve ark., 2020).

Yarıiletken LED ışık kaynakları kapalı ortam üretiminde tamamlayıcı aydınlatma çözümlerine önemli teknolojik yenilikler getirmiştir. Boyutları ve düşük termal dağılımları nedeniyle LED'ler bitkilerin yakın mesafesine kolaylıkla yerleştirilebilir. Bitki fizyolojisi açısından önemli bir husus, ışık kaynağının bitkilere yeterli miktarda PFF (*Photosynthetic Photon Flux*) sağlama yeteneğidir ve farklı dalga boylu ışık veren LED bileşimleri sayesinde bitki türlerinin taleplerine göre kolaylıkla tasarlanabilir. Öte yandan LED'ler, yüksek ışık etkinliği sayesinde enerji verimliliği, bakım maliyetinin azaltılması ve uzun ömür açısından HPS ve diğer geleneksel lambalarından daha iyi performans göstermektedir. Bunun yanında, LED'lerin kullanımı cıva gibi toksik elementlerin çevreye atılmasını da azaltmaktadır (Lim ve ark., 2010).

Sera yetiştiriciliğinde özgül elektrik tüketimi geniş bir aralıkta (2–260 kWh/m<sup>2</sup>.yıl) değişmektedir. Seralarda enerji gereksinimleri, yetiştirilen ürünün türüne, seranın konumuna, örtü malzemesi ve yetiştirmenin teknolojik seviyesine bağlı olarak çok sayıda parametreden etkilenmektedir. Bu nedenle birbirinden farklı bu parametreler enerji tüketimleri bakımından doğrudan karşılaştırılmaz. Campiotti ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada, Akdeniz iklim koşullarında, düşük teknoloji bir seradan, iklim ve sulama kontrollü sistemlerle donatılmış bir seraya kadar, 2 - 9 kWh/m<sup>2</sup>.yıl arasında değişen özgül elektrik tüketimi tahmin etmişlerdir. Bu bağlamda, havalandırma ve soğutmanın sera elektrik tüketiminden sorumlu ana faktör olduğunu ve sırasıyla yaklaşık %58 ve %24'lük katkıları olduğunu göstermektedir. Rocamora ve ark. (2006), deneysel olarak yaptıkları çalışmada, Yunanistan'da bulunan ve

havalandırma, gübreleme ve kontrol sistemleriyle donatılmış bir serayı ele almışlar ve karşılaştırılabilir özgül elektrik gereksinimini  $6.65 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{yıl}$  bulmuşlardır. Benzer bulgular, Birleşik Krallık Çevre, Gıda ve Kırsal İşler Bakanlığı - DEFRA (2020) tarafından da rapor edilmiştir. Raporda, Birleşik Krallık'taki sera yetiştiriciliği için elektrik tüketimi üzerine yapılan bir ankette ısıtma, gübreleme, sulama, havalandırma için yenilebilir tüm ürünlerde  $10 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{yıl}$  tahmin edilirken, mantar üretiminde, ısı pompaları aracılığıyla soğutma ihtiyacı olması nedeniyle elektrik tüketiminin önemli ölçüde arttığı ve  $261.5 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{yıl}$  düzeyine ulaştığı gözlenmiştir. Süs bitkileri ile ilgili olarak ise, kışın bitki gelişimini ve çiçeklenmeyi artırmak amacıyla yapılan ek aydınlatma için harcanan enerji  $22 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{yıl}$  bulunmuştur.

Yıldırım ve Bilir (2017), bir PV enerji santrali ve tersinir jeotermal ısı pompasıyla donatılmış bir Akdeniz serasında aydınlatma, ısıtma ve soğutma için genel yıllık elektrik tüketimini hesaplamak üzere bir model geliştirmişlerdir. Sera yüzey alanına göre belirlenen yıllık spesifik elektrik tüketimi marul üretimi için yaklaşık  $137 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{yıl}$  ve hıyar üretimi için  $165.3 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{yıl}$  arasında değişmektedir. Elde edilen sonuçlara göre ısıtma, elektrik tüketiminin ana nedeni olup, yaklaşık %69 ila %90 arasında değişen bir katkıya sahiptir. Buna karşılık, yapay aydınlatmanın araştırılan her ürün türü için toplam elektrik tüketimine katkısı %10'dan az olduğu tespit edilmiştir. Ancak, ek aydınlatmanın, daha kısa gün uzunluğu ve azalan güneş radyasyonunun ürün büyümesini olumsuz etkilediği  $40^\circ$  kuzey üstündeki enlemlerde bulunan seralar için genel elektrik tüketimi üzerinde önemli bir etkisi vardır. Kanada'da bulunan bir sera aydınlatması için modelleme yöntemiyle Bambara ve Athienitis (2019), yaptıkları çalışmada ek aydınlatma için ihtiyaç duyulan elektrik enerjisinin yıllık  $123.2 \text{ kWh/m}^2$  olduğu ve bu enerjinin verimli LED lambalar kullanılarak %50 oranında azaltılabileceğini saptamışlardır. İsveç İstatistik Kurumu (2020)'na göre ve ayrıca Vadiie ve Martin (2013), tarafından Stokholm'de bulunan bir sera için yapılan çalışmada, havalandırma ve sulama sistemi için  $25 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{yıl}$  enerji gerekirken, ek aydınlatma için  $115 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{yıl}$  elektrik enerjisine ihtiyaç olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Tarımsal üretim alanlarında ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi PV sistemler kullanılarak karşılanabilir. Özellikle sera ve diğer kapalı alanlardaki enerji ihtiyacının kısmen veya tamamının sonsuz güneş enerjisinden karşılanması iklim değişikliği ile mücadele kapsamında yeşil mutabakatla da uyumludur. PV

teknolojisi, sürekli ve temiz elektrik enerjisi üretiminde önemli rol oynayan güneş enerjisinin ana uygulamalarından biridir (Vadiee ve Martin, 2012). Bu bağlamda, kapalı alanlardaki fotoperiyodik amaçlı uygulamalarda, gereken enerjinin PV paneller kullanılarak sağlanması, enerji maliyetlerinin düşürülmesinin yanı sıra çevre kalitesinin korunmasına da önemli katkıları olur.

Bu bölümde sunulan çalışmada, LED bitki yetiştirme lamba sistemi ile ona güç sağlayan şebeke bağlantısız PV sisteminin birlikte kullanım olanakları araştırılmış ve elde edilen bulgular tartışılmıştır. Çalışmada, 1 da sera alanı için ilave LED aydınlatma sistemi planlanmış, bitki için gerekli PAR (Photosynthetically Active Radiation) enerjisi, ışık dalga boyu, aydınlatma süreleri, lamba sayısı ve enerji ihtiyaçları belirlenmiştir. Enerji ihtiyacının karşılanması için simülasyon yöntemi kullanılmış ve uygun PV sistemlerinin bileşenleri boyutlandırılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### a. Konum ve Sera Özellikleri

Çalışmada Kırşehir ilinde (38°50'-39°50' K, 33°30'-34°50' D) kurulu 1 da (16x62.5 m) alana sahip, oluk altı yüksekliği 5 m ve çatı eğimi 26° olan, kuzey-güney yönelimli, domates yetiştiriciliği yapıldığı varsayılan blok bir cam sera ele alınmıştır. PV panel dizisinin seranın güney ucuna yerleştirilmesi planlanmıştır. Kırşehir ilinde sera dışına gelen en düşük güneş ışınımı enerjisi kasım, aralık ve ocak aylarında tespit edilmiş ve sırasıyla 749, 569 ve 641 j/cm<sup>2</sup> (Baytorun, 2022) değerlerinde ölçülmüştür. Buna göre, aydınlatma tasarımı için gerekli olan eksik ışınım enerjisinin belirlenmesinde, aralık ayında ölçülen ve en düşük değer olan 569 j/cm<sup>2</sup> esas alınmıştır.

Çalışma iki aşamadan oluşmaktadır:

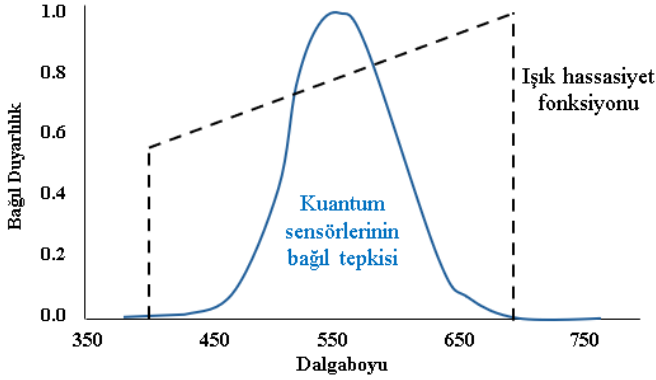
- i. İlave aydınlatma sisteminin ışık ve ışık kaynağı özelliklerinin belirlenmesi,
- ii. Aydınlatma sistemine enerji sağlayacak PV sisteminin özelliklerinin tespit edilmesidir.

### b. İlave Aydınlatma Sisteminin Işık ve Işık Kaynağı Özelliklerinin Belirlenmesi

Sera ve diğer kapalı ortamlarda yapılan aydınlatma uygulamalarında, spektrum tarafından belirlenen ışığın kalitesi en önemli faktörlerden biridir. Bitkiler, fotosentezde çoğunlukla 400-700 nm arasındaki Fotosentetik Aktif

Radyasyon (PAR) olarak adlandırılan ışık dalga boylarını kullanırlar (Gerovac, 2016). Bu aralık, insanların 380 - 780 nm arasında değişen ve görünür ışık olarak algılanan aralıkla neredeyse aynıdır.

Işık, fotokimyasal reaksiyonları tetikler ve bitkilerdeki fotoreseptörlerin ışık emilim eğrisi boyunca foton kullanım verimliliğini belirler. Emilim eğrisi fotoreseptörün hassasiyet fonksiyonu olarak düşünülebilir. Hassasiyet eğrileri insan görüşünde ve fotosentez süreçlerinde farklıdır. Bu nedenle ortam aydınlatmasında ve bitki yetiştirme uygulamalarındaki aydınlatmaları karakterize etmek için farklı ölçütler kullanılır (Şekil 1).



**Şekil 1.** Işık hassasiyet fonksiyonu ve kuantum sensörlerinin bağıl tepkisi (CIE, 1931)

Fotosentez ve fotoperiyodik amaçlı uygulamalarda kullanılan Fotosentetik Foton Akısı Yoğunluğu (PPFD),  $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$  cinsinden, aydınlatılan yüzeye her saniye ulaşan foton sayısının yüzey alanına bölünmesiyle ölçülür ve Eşitlik 1 ile hesaplanabilir (Sipos ve ark., 2020):

$$PPFD = \frac{10^6}{N_A} \sum_{\lambda=400}^{700} \frac{E_e(\lambda)\Delta\lambda}{E_f(\lambda)} = \frac{10^6}{hcN_A} \sum_{\lambda=400}^{700} \lambda E_e(\lambda)\Delta\lambda \quad (1)$$

Eşitlikte,  $h$  Planck sabiti,  $c$  ışık hızı,  $E_f(\lambda) = hc/\lambda$  dalga boyu  $\lambda$  olan bir fotonun enerjisi ve  $N_A$  Avogadro sayısını belirtir. Eşitlik (1)'de spektral ışınının ağırlık fonksiyonu Şekil 1'de noktalı çizgiyle gösterilen dalga boyudur.

PPFD, aydınlatma sistemini karakterize eden bir metriktir ve hem ışık kaynağının parametrelerine hem de ışık kaynağının aydınlatılan alana göre

konumuna bağlıdır. Bir alan üzerindeki PPFD dağılımı, ışık kaynağının optik tasarımı tarafından belirlenen ışığın düzgünlüğünü karakterize eder.

Bitkiler, temel biyolojik ihtiyaçlarını karşılamak için türlere göre değişen düzeyde her gün minimum miktarda güneş ışığına ihtiyaç duyarlar. Çiçekli ve meyve veren bitkiler için bu ihtiyaç daha yüksektir. Bitkilere gün içerisinde sağlanan kümülatif ışık miktarı Günlük Işık İntegrali (DLI: Daily Light Integral) olarak adlandırılır ve  $\text{mol/m}^2\cdot\text{gün}$  olarak ifade edilir. PPF, PPFD ve DLI ölçümündeki en büyük kusur, PAR aralığının dışındaki dalga boyunu tamamen göz ardı edilmesidir. Gerçekte, PAR bölgesi dışındaki, UV ve IR spektrumlarına (280–800 nm) kadar geniş bir alanı kapsayan Bitki Biyolojik Olarak Aktif Radyasyon (PBAR: Plant Biologically Active Radiation) bölgesinde aktif olabilen bitki fotoreseptörleri de bulunmaktadır (Gelder, 2016; Bantis ve ark, 2018). Buna rağmen DLI, özellikle kapalı bitkisel üretim alanlarında ihtiyaç olan PAR miktarının hesaplanmasında ve eksik kalan ışığın yapay ışık kaynakları kullanılarak tamamlanması için kullanılan başlıca yöntemdir. DLI seviyeleri, yapılan araştırmalarda bitkisel üretimde düşük kalite için 8-12, iyi kalite için 14-20 ve yüksek kalite için 22-30  $\text{mol/m}^2\cdot\text{gün}$  (Fisher ve Runkle, 2004) olarak tanımlanmıştır.

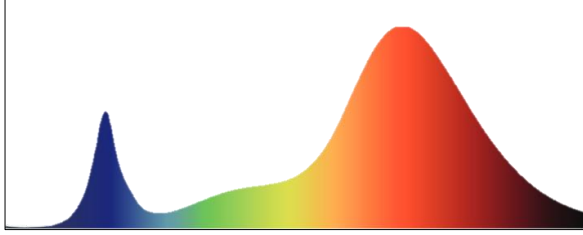
Bu çalışmada aydınlatma ölçütü olarak domates yetiştiriciliğinde kalite bakımından üç DLI seviyesi dikkate alınmıştır:

- i. DLI-1: 25  $\text{mol/m}^2\cdot\text{gün}$  (yüksek kalite)
- ii. DLI-2: 15  $\text{mol/m}^2\cdot\text{gün}$  (iyi kalite)
- iii. DLI-3: 10  $\text{mol/m}^2\cdot\text{gün}$  (düşük kalite)

Bu seviyelerden her biri için 9, 12 ve 16 saatlik sürelerde gün ışığına ilave edilmesi gereken eksik DLI ( $\text{mol/m}^2\cdot\text{gün}$ ) değerleri ve seranın aydınlatması için ihtiyaç duyulacak LED lamba sayıları ve elektrik enerjisi ihtiyacı belirlenmiştir. Aydınlatma sisteminde 400-700 nm ışık veren 245 W gücünde Valoya RX325 LED lambalar ( $2.2 \mu\text{mol/J}$ ;  $545 \mu\text{mol/s}$ ) tercih edilmiş (Şekil 2) ve bitki üzerinden 2 m yüksekliğe asıldığı varsayılmıştır. Seçilen LED lamba, bitki büyüme aşamalarının tümünde kullanılabilir özellikler taşımaktadır. Ayrıca, güçlü vejetatif büyümeyi ve biyokütle artışını destekleyici dalgaboylu (Şekil 3) ışık verebilmesi sayesinde bitki olgunlaşmasını hızlandırma potansiyeline sahiptir.

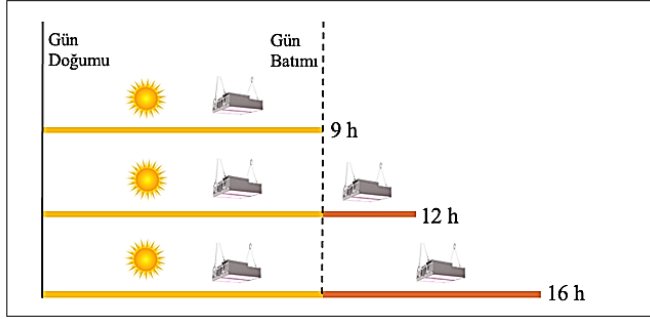


Şekil 2. Valoya RX325 LED lamba (Valoya inc. 2024)



Şekil 3. Valoya RX325 LED lamba ışık spektrumu (Valoya inc. 2024)

Aydınlatma uygulamaları, aralık ayı iklim ve gün uzunluğu koşullarında, doğal ve yapay ışığın kullanıldığı üç ışık uygulaması ele alınmıştır. Kırşehir ili için aralık ayında doğal gün uzunluğu ortalama 9 saattir. Işık uygulamaları Şekil 4'teki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 4. Çalışmadaki ışık uygulamaları

Aydınlatma uygulamalarının her biri ayrı incelenmiş ve Eşitlik 1 (Yağcıoğlu, 2014) kullanılarak PAR enerjisinden yararlanma etkinliği en yüksek aydınlatma uygulaması tespit edilmiştir. Tespit edilen aydınlatma uygulamasının güç ihtiyacını karşılayabilecek PV sistemlerine ait bileşenlerin

(panel, inverter, batarya, şarj kontrol cihazı) teknik özellikleri belirlenmiş ve bunlar simülasyon yöntemiyle boyutlandırılmıştır.

$$\eta = I_0 \cdot t \cdot \left( \frac{I_m}{I_0 + I_m} \right) \cdot 3600 \quad (1)$$

Eşitlikte  $\eta$ , bitkinin PAR enerjisinden yararlanma etkinliğini ( $J/m^2$ );  $I_0$ , bitkiye ulaşan ışınımsal aydınlık şiddetini ( $W/m^2$ );  $t$ , aydınlatma süresini (saat);  $I_m$ , bitkinin en üst düzeyde fotosentez yapabilmesi için gerekli ışınımsal aydınlık şiddetini ( $W/m^2$ ) belirtmektedir. Birçok bitki için  $I_m$  değeri  $50 W/m^2$  alınabilmektedir.

Solarimetre kullanılarak 300-3000 nm dalga boyları arasındaki güneş ışınımı miktarı ölçülebilir. Fotosentezde ihtiyaç duyulan ışınım, 400-700 nm dalga boyu aralığında (PAR) gelmektedir. Bu nedenle, PAR bölgesindeki ışınımın tespit edilebilmesi için solarimetre verisinin ( $\sigma=0.45$ ) faktörü ile çarpılması gerekmektedir. Öte yandan sera içine giren ışınım miktarı, sera çatı tipine, açısına, örtü malzemesinin kirliliğine ve yaşına bağlı olarak değişmektedir. Yeni kurulmuş bir sera için ortalama ( $\varepsilon=0.70$ ) ışık geçirgenliği esas alınır (Yağcıoğlu, 2014). Buna göre yeni bir sera içindeki fotosentez için gerekli ışınım Eşitlik 2 (Baytorun, 2022) kullanılarak hesaplanabilir.

$$SE = \frac{\sigma \cdot \varepsilon \cdot I_i}{3600 \cdot t} \quad (2)$$

Denklemden,  $SE$ , sera içerisindeki ışınım enerjisi ( $W/m^2$ ),  $I_i$  sera dışına gelen ışınım enerjisi miktarı ( $J/m^2$ ) ve  $t$  günlük güneş ışınımının yayıldığı saat cinsinden süredir ( $t = 9$  saat).

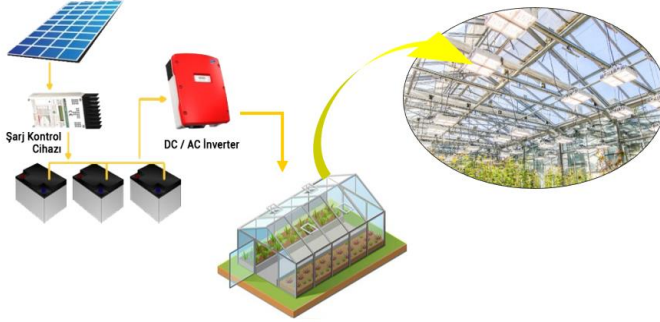
İlave aydınlatma hesaplamalarında DLI ( $mol/m^2 \cdot gün$ ) seviyelerine göre hesaplama yapılacağından, Eşitlik 1'de hesaplanan değer  $4.57$  çarpım sabiti (ASAE, 1994) kullanılarak PAR ( $\mu mol/m^2 \cdot s$ ) ve lambaların günlük çalışma süreleri dikkate alınarak ( $mol/m^2 \cdot gün$ ) çevriminin yapılması gerekmektedir (Eşitlik 3).

$$DLI = \frac{SE \cdot 4.57}{t} \quad (3)$$



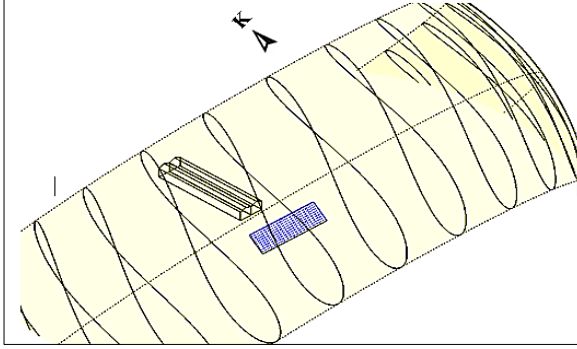
### c. Aydınlatma Sistemine Enerji Sağlayacak PV Sisteminin Özelliklerinin Tespit Edilmesi

İlave aydınlatma sisteminin enerji ihtiyacı, şebeke bağlantısı olmayan (off-grid) PV sisteminden karşılanacağı planlanmıştır. Enerji sisteminin bileşenleri, PV dizileri, aküler, akü şarj denetleyicisi, inverter, kontrol panosu ve ara bağlantılardan oluşmaktadır (Şekil 5).



**Şekil 5.** PV enerji sisteminin genel şeması

Simülasyon çalışmasında, 675 W (CW Enerji, 2024) gücünde ve enerji verimliliği %21,73 olan, 132 hücreli monokristal PV paneller kullanılmıştır. Panellerden gelen enerjinin depolanması için 12 V/200 Ah kurşun asit aküler kullanılmıştır. Panellerin güneşe bakacak şekilde ve yatayda 40° eğimle yerleştirildiği varsayılmıştır. Şekil 6, seranın ve panel dizisinin konumu ile güneşin yörüngesini göstermektedir. Bataryaların şarj ve deşarj durumunun takip ve denetlenmesi MPPT (Maximum Power Point Tracking) çalışma modlu bir denetleyici tarafından yapılmaktadır. Denetleyici, güneş panellerinin  $V_{mp}$  voltajını sürekli takip eder ve üretilen elektriği en uygun gerilim ve akım seviyelerine dönüştürerek bataryaları şarj etmektedir.



**Şekil 6.** Sera ve PV panel dizisinin konumu.

Akülerden gelen doğru akım alternatif akıma çevrildikten sonra LED aydınlatma sistemine verilmektedir. Doğru akımdan alternatif akıma çevirme işlemi için her bir DLI seviyesine göre ayrı güçlerde inverter kullanılmıştır. Buna göre, 10, 15 ve 25 mol/m<sup>2</sup>.gün DLI seviyeleri için sırasıyla 17, 60 ve 150 W güçlerinde inverter gerektiği bulunmuştur. PV sistemlerinin simülasyon ve boyutlandırmasında PVsyst (ver.7.2) yazılımı kullanılmıştır. PVsyst, PV sistemlerin tasarımı ve optimizasyonu için kullanılan bir simülasyon yazılımıdır (PVsyst, 2024). Bu yazılım sayesinde, ışınım, gün uzunluğu, sıcaklık ve ark. meteorolojik veriler kullanarak, ihtiyaç olan PV panel sayısı ve elektrik enerjisi üretimi tahmin edilebilir. Simülasyonlarda Meteonorm, NASA-SSE, HelioClim-3 ve SolarGIS gibi çeşitli meteorolojik veri kaynaklarından yararlanılmaktadır.

### 3. SONUÇLAR

Kırşehir ilinde sera dışına gelen en düşük güneş ışınımı enerjisi aralık ayında 569 j/cm<sup>2</sup> olarak tespit edilmiş (Baytorun, 2022) ve aydınlatma tasarımı için gerekli olan eksik DLI değerinin belirlenmesinde, bu ışınım enerjisi esas alınmıştır. Bu değer DLI miktarına çevrildiğinde 8.2 mol/m<sup>2</sup>.gün olarak bulunmuştur. Yüksek, iyi ve düşük kalite yetiştiricilik için ihtiyaç olan DLI seviyelerini karşılayabilecek aydınlatma sisteminin tespit edilen ışık özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1'de verilen DLI-1, 2 ve 3 sonuçlarına göre toplam ışınım enerjisinden yararlanma etkinlikleri için hesaplanan en yüksek değerler 16 saat ilave aydınlatma uygulamasında elde edilmiştir. Bu değerler esas alınarak Kırşehir ili aralık ayı koşullarında çalışacak PV sistemleri tasarlanmış ve benzetim sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 1.** DLI seviyelerine göre aydınlatma sisteminin özellikleri

Aydınlatma Sisteminin Özellikleri	Aydınlatma Süresi (saat) (Doğal + Yapay)	LED DLI (mol/m <sup>2</sup> .gün)	Lambaların Aydınlatacağı Alan (m <sup>2</sup> )	Toplam Lamba Gücü (kW)	Toplam Işınım Enerjisinden Yararlanma Etkinliği (J/cm <sup>2</sup> )
DLI-1 Düşük Kalite (10 mol/m <sup>2</sup> .gün)	9+0	1.8	9.7	25.2	93.2
	9+3		13	18.9	99.7
	9+7		17.2	14.2	105.2
DLI-2 İyi Kalite (15 mol/m <sup>2</sup> .gün)	9+0	6.8	2.6	94.6	108.2
	9+3		3.5	71.1	135.5
	9+7		4.6	53.2	170.7
DLI-3 Yüksek Kalite (25 mol/m <sup>2</sup> .gün)	9+0	16.8	1.1	233.2	125
	9+3		1.4	174.9	153
	9+7		1.9	131.3	184.8

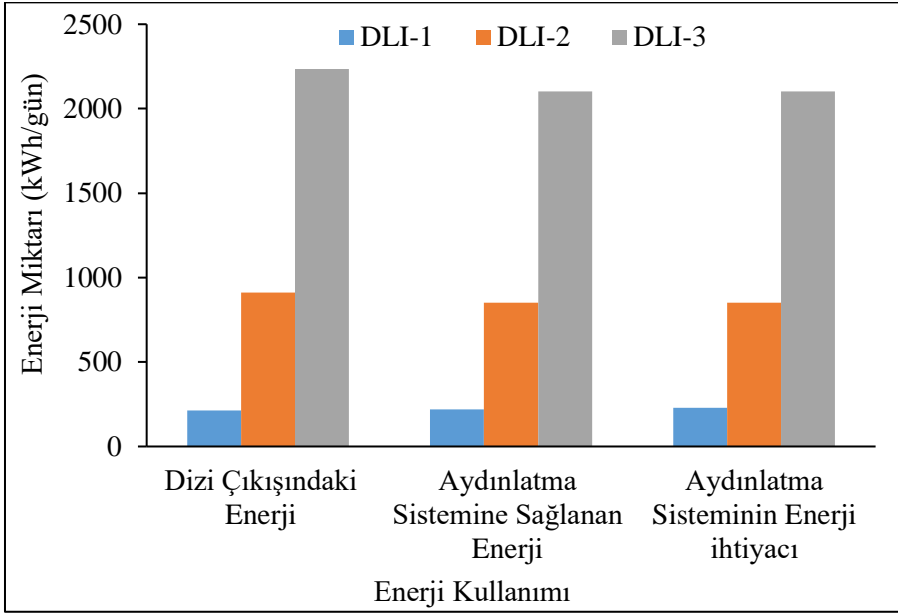
**Tablo 2.** DLI Seviyelerine Göre Boyutlandırılan Şebekeden Bağımsız (Off-Grid) PV Sisteminin Simülasyon Sonuçları

DLI Seviyeleri	DLI-1 Düşük Kalite (10 mol/m <sup>2</sup> .gün)	DLI-2 İyi Kalite (15 mol/m <sup>2</sup> .gün)	DLI-3 Yüksek Kalite (25 mol/m <sup>2</sup> .gün)
PV Sisteminin Teknik Özellikleri			
Panel Dizisine Gelen Işınım (kWh/m <sup>2</sup> )	111.9		
PV Dizisi Çıkışındaki Etkin Enerji (kWh)	6278	27577	67433
Panel Sayısı (Adet)	90	570	1250
Batarya sayısı (Adet)	450	600	1650
Akü Şarj Enerjisi (kWh)	3953	19970	47863
Aküden Enerji Sağlama Süresi (saat)	552	582	576
Aydınlatma İçin Gerekli Enerji İhtiyacı (kWh/gün)	227.4	850.6	2101.1
Sisteme Verilen Saatlik Ortalama Enerji (kWh)	9.48	35.44	87.55

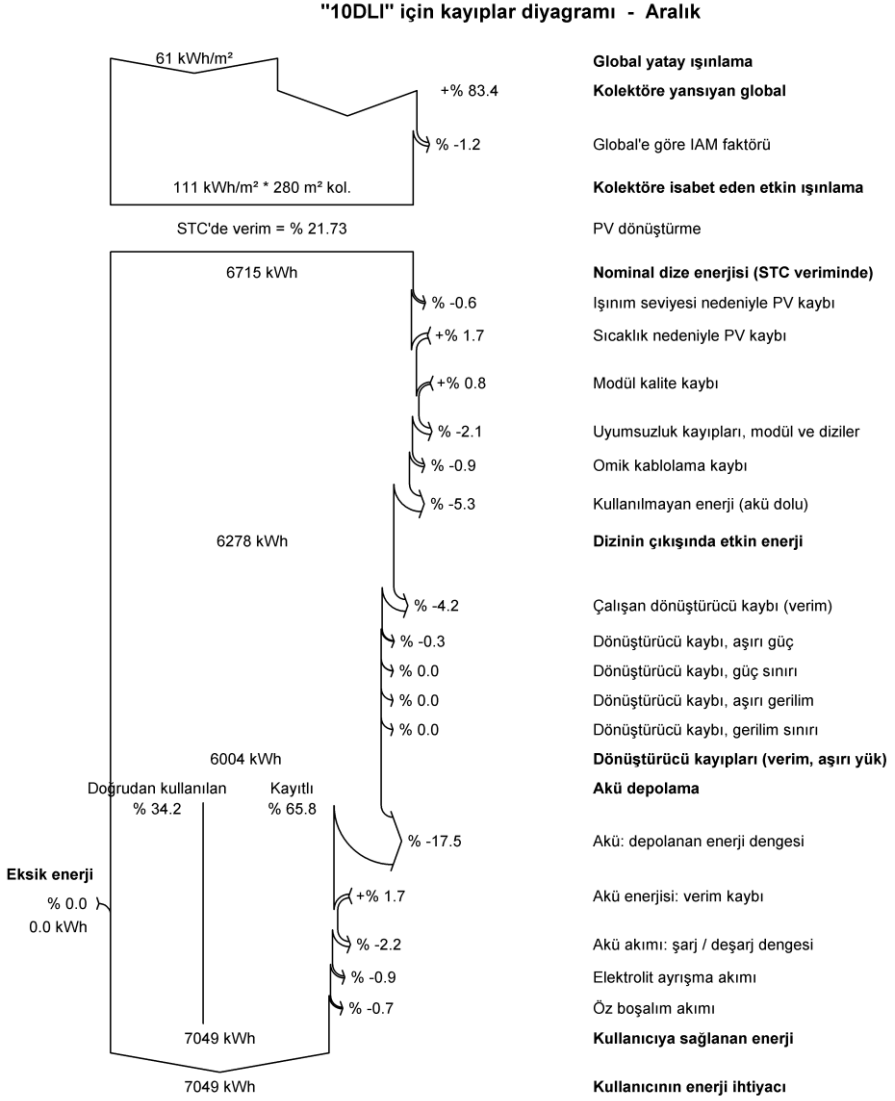
Simülasyon sonuçlarına göre, PV sisteminden sağlanan en yüksek enerji kullanımı, 2101.1 kWh/gün ile 25 mol/m<sup>2</sup>.gün DLI ışık seviyesindeki uygulamada görülmüştür (Şekil 7). Bunun başlıca nedeni, bu uygulamada kullanılan panel sayısının (1250 adet) diğerlerinden daha fazla olmasıdır (Tablo 1). Kullanıcıya sağlanan en düşük enerji ise, 220.5 kWh/gün ile 10 mol/m<sup>2</sup>.gün uygulamasında elde edilmiştir. Buna karşılık, tüm uygulamalarda kullanıcının enerji ihtiyacı ile kullanıcıya sağlanan enerji miktarlarının birbiriyle yaklaşık örtüştüğü saptanmıştır.

Bir PV enerji sistemindeki kayıplar, PV sisteminin performansı hakkında önemli bilgiler vermektedir. Çalışmada, PV sistemindeki kayıplar incelenmiş, tüm DLI seviyelerinde ışık için kurulacak PV sistemlerinde, modül (%0.8), modül dizilerindeki uyumsuzluk (%2.1), omik (%1) ve inverter

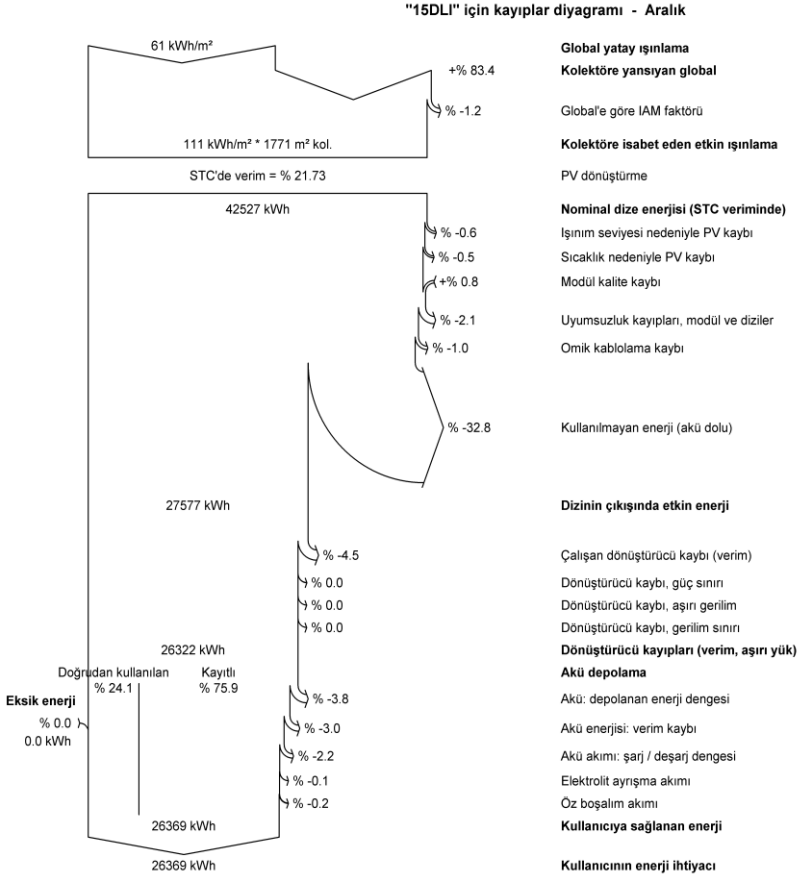
kayıpları (%4.5) benzer değerlerde bulunmuştur. Şekil 8, 9 ve 10'da sırasıyla DLI-1, 2 ve 3 seviyeleri için kayıplara ait grafikler verilmiştir. Bu kayıpların dışında, akülerin şarj işlemi tamamlandıktan sonra enerji üretimi devam ettiği için kullanılmayan bir enerji açığa çıkmaktadır. Kullanılmayan bu enerji önemli bir kayıp olarak görülmekte ve DLI-1, 2 ve 3 seviyeleri için sırasıyla, %5.3, %32.8 ve %25.1 oranlarında saptanmıştır. Kullanılmayan bu enerji, işletmedeki elektrikle çalışan makine ve cihazların çalıştırılmasında kullanılabilir. Diğer bir seçenek ise, şebeke bağlantısız sistemi, şebeke bağlantılı sisteme çevirmektir. Bu sayede elde edilecek fazla enerjinin şebekeye verilmesi sağlanabilir.



Şekil 7. Işık uygulamalarına bağlı olarak PV sisteminden sağlanan enerji dağılımı

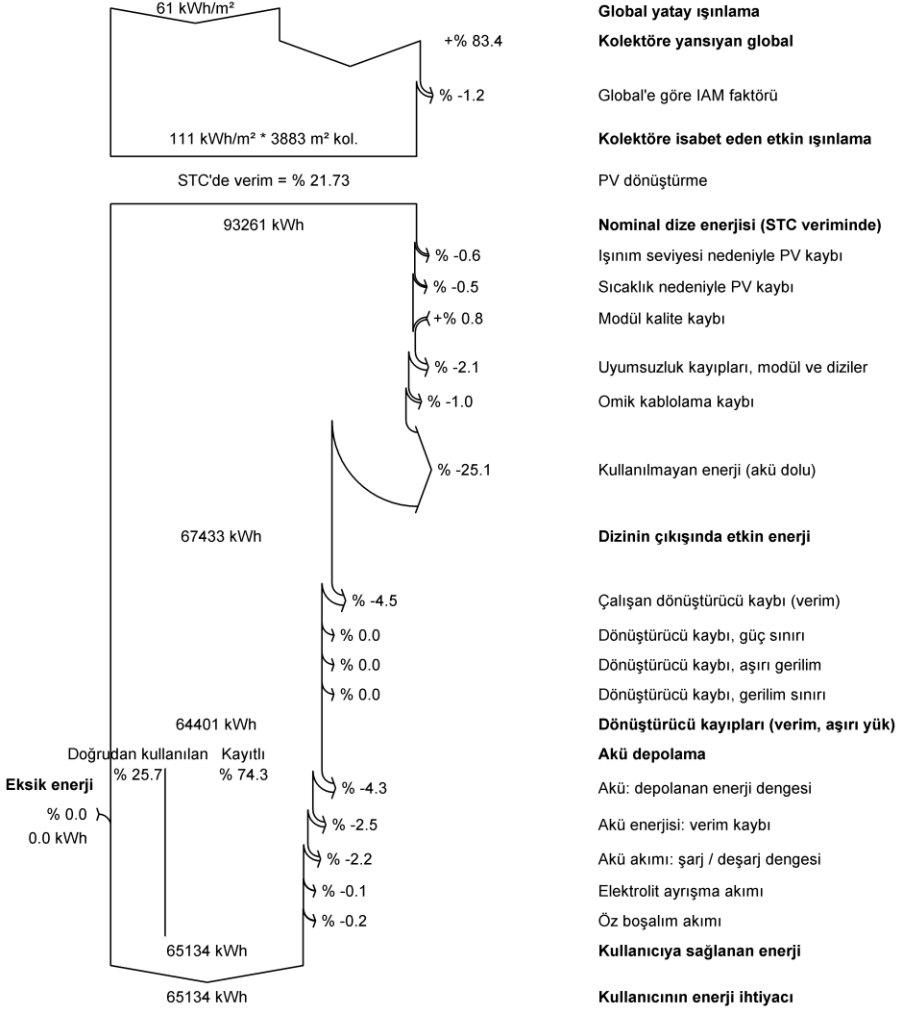


**Şekil 8.** PV sistemindeki kayıplar (DLI-1 uygulaması için)



**Şekil 9.** PV sistemindeki kayıplar (DLI-2 uygulaması için)

## "DLI25" için kayıplar diyagramı - Aralık



Şekil 10. PV sistemindeki kayıplar (DLI-3 uygulaması için)



#### 4. TARTIŞMA

Gün boyunca elde edilen kümülatif ışık miktarı ürün verimini ve kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir. Örtü altı tarımda yapay aydınlatma sistemlerinin tasarlanmasında günlük ışık integralinin kullanılması etkili bir yöntemdir. Farklı bitkiler için ışık-kalite ölçütlerine göre günlük ışık integrali seviyeleri tanımlanmıştır. Tanımlanan bu veriler kullanılarak, ışığın yetersiz olduğu yer ve zamanlarda ihtiyaç olan fotosentez etkili ışınım seviyeleri hesaplanabilir ve bu seviyelerin elde edilebilmesi için lamba sayıları bulunabilir. Örneğin, yıl boyunca iyi kalite domates üretimi için günlük ışık integrali seviyesinin en az 15 mol/m<sup>2</sup>.gün ve üzerinde olması gerekmektedir.

Hesaplama ve Simülasyona dayalı çalışma kapsamındaki aydınlatma uygulamalarında, DLI-1, DLI-2 ve DLI-3 günlük ışık integralinde sırasıyla 10, 15 ve 25 mol/m<sup>2</sup>.gün seviyelerindeki aydınlatma ihtiyaçları (ışık, yapay ışık kaynağı ve ark.) ele alınmış ve elde edilen bulgular incelenmiştir. Fotoperiyodik amaçlı aydınlatmalar 9, 12 ve 16 saatlik ilave ve günü uzatma şeklinde yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, doğal ve LED ışığından oluşan toplam ışınım enerjisinden yararlanma etkinlikleri en yüksek 16 saat uygulamasında saptanmış ve DLI-1, 2 ve 3 için sırasıyla 105.2, 170.7 ve 184.8 j/cm<sup>2</sup> değerleri bulunmuştur. Elde edilen toplam ışınım enerjisinden yararlanma etkinlikleri esas alınarak LED lamba sayıları ve enerji tüketimleri saptanmıştır. Sonuçlara göre, aydınlatma süresi arttıkça lamba sayıları ve enerji tüketimi azalmaktadır. Aynı PAR miktarına ulaşabilmek için uzun aydınlatma sürelerinde daha düşük ışınımsal enerji yeterli olurken, kısa aydınlatma sürelerinde yüksek ışınımsal enerjiye ihtiyaç olmaktadır. Elde edilen bu sonuç literatür verileri ile de örtüşmektedir. Yağcıoğlu (2006), bitkilerin ışınım enerjisinden en etkin şekilde yararlanabilmesi için gerekli günlük toplam ışınım enerjisinin, kısa süreli yüksek ışınımsal aydınlık şiddeti yerine, uzun süreli düşük ışınımsal aydınlık şiddeti uygulaması şeklinde verilmesinin daha uygun olduğunu bildirmektedir. Çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiş, en yüksek enerji tüketimi 9 saatlik uygulamalarda, en düşük enerji tüketimi ise 16 saatlik uygulamalarda bulunmuştur.

Araştırmanın ikinci aşamasında, LED aydınlatma sisteminin toplam enerji tüketimleri esas alınmış ve üç kalite DLI miktarı için gerekli enerjiyi karşılayabilecek şebeke bağlantısız PV sistemleri boyutlandırılmıştır. Analiz bulgularına göre 10, 15 ve 25 mol/m<sup>2</sup>.gün ışınım miktarlarına ulaşmak için

gerekli günlük enerji ihtiyacı sırasıyla 227.4, 850.6 ve 2101.1 kWh/gün olarak elde edilmiştir. Sistemin diğer önemli bileşenleri olan bataryaların sayıları da DLI seviyelerine bağlı olarak değiştiği gözlenmiştir. Simülasyon sonuçlarına göre, en az batarya sayısı düşük kalite (DLI-1), en yüksek batarya sayısı ise yüksek kalite (DLI-3) ışık koşullarında bulunmuştur. Yapılan çalışma sonuçları değerlendirildiğinde panel, LED lamba ve batarya sayıları bakımından düşük ve yüksek kalite ürün için ortalama 3.7 kat fark olduğu ve benzer şekilde sistem maliyetinin de ortalama aynı oranlarda seyredeceği tahmin edilmektedir.

Yetiştiricilik kalitesini artırmak için ihtiyaç duyulan ışınımsal aydınlık seviyesindeki DLI-1'den DLI-3'e doğru olan artış, enerjiye olan ihtiyacı ve dolayısıyla daha güçlü PV sistemlerinin kurulmasını gerektirmektedir. Ancak, şebeke bağlantısız PV sistemlerinin simülasyonundan elde edilen bulgular, kurulu PV gücü arttıkça enerji kayıplarının da arttığını göstermektedir. PV sistemi, bataryaların şarj işlemi tamamlandıktan sonra da enerji üretimine devam etmekte ve kullanılmayan fazla enerji açığa çıkmaktadır. Kullanılmaması nedeniyle bir kayıp olarak görülen bu enerjiyi faydalı hale getirmek amacıyla, işletmedeki elektrikle çalışan makine ve cihazlar için kullanılması önerilebilir. Ayrıca, şebeke bağlantısız sistemi şebeke bağlantılı sisteme çevirmek suretiyle hem ışığın bitki için yeterli olduğu yerlerde ve zamanlarda, hem de bataryalar dolduktan sonra elde edilen fazla enerjinin şebekeye verilmesi sağlanabilir.

## KAYNAKÇA

- ASAE (1994). Plants: Greenhouses, Growth Chambers and Other Facilities. ASAE Fundamentals Handbook (SI).
- Bambara, J., & Athienitis, A. K. (2019). Energy and economic analysis for the design of greenhouses with semi-transparent photovoltaic cladding. *Renewable Energy*, 131, 1274-1287.
- Bantis, F., Smirnakou, S., Ouzounis, T., Koukounaras, A., Ntagkas, N., & Radoglou, K. (2018). Current status and recent achievements in the field of horticulture with the use of light-emitting diodes (LEDs). *Scientia horticulturae*, 235, 437-451.
- Baytorun, N. (2022). Seralarda İklimlendirme. Yayın No: 3793, Ziraat No: 43, I. Basım Ocak 2022. Nobel Akademik Yayıncılık. ISBN: 978-625-417-181-9.
- Campioti, C., Dondi, F., Genovese, A., Alonzo, G., Catanese, V., & Incrocci, L. (2008). Photovoltaic as sustainable Energy for greenhouse and closed plant production system. *Acta Horti* 2008:373–8. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.797.53>.
- CIE (1931). Commission internationale de l'Eclairage proceedings. Cambridge: Cambridge University Press.
- CW Enerji (2024). CWT675 ürün kataloğu. <https://cw-enerji.com/tr/urun/cw-enerji-675wp-132pm-m12-hc-mb-gunes-paneli-772.html> (Online: 15 Eylül 2024).
- DEFRA, (2020). Department for Environment, Food & Rural Affairs. <https://www.gov.uk/government/organisations/department-for-environment-food-rural-affairs>. (Online: 10 Temmuz 2020).
- Fisher, P. R., & Runkle, E. S. (Eds.). (2004). Lighting up profits: understanding greenhouse lighting. Meister Media Worldwide.
- Gelder, A.A. (2016). Testing horticultural lighting products. In: Metrics, Methods, and Considerations. Conference Proceedings from the Horticultural Lighting Conference. Chicago: PennWell Corp.
- Gerovac, J. (2016). The fundamentals of light and its impact on crop production. In: Proceedings from the Horticultural Lighting Conference. Chicago: PennWell Corp.
- İsveç İstatistik Kurumu, (2020). Statistics Sweden. <http://www.scb.se/en/> (Online: 10 Temmuz 2020).
- Lim, S.R., Kang, D., Ogunseitan, O.A., & Schoenung, J.M. (2010). Potential environmental impacts of light-emitting diodes (LEDs): metallic resources, toxicity, and hazardous waste classification. *Environmental Science & Technology* 45, 320–327.
- PVsyst (2024). PVsyst, S.A. Software User Manual (ver. 7.2). <https://www.pvsyst.com/pdf-tutorials/> (Online: 15 September 2024).

- Rocamora, M.C., & Tripanagnostopoulos, Y. (2006). Aspects of PV/T solar system application for ventilation needs in greenhouses. *Acta Horti* 2006:239–46. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.719.26>.
- Sipos, L., Boros, I. F., Csambalik, L., Székely, G., Jung, A., & Balázs, L. (2020). Horticultural lighting system optimalization: A review. *Scientia Horticulturae*, 273, 109631. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109631>.
- Vadiee, A., & Martin, V. (2012). Energy management in horticultural applications through the closed greenhouse concept, state of the art. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(7), 5087-5100.
- Vadiee, A., & Martin, V. (2013). Energy analysis and thermoeconomic assessment of the closed greenhouse–The largest commercial solar building. *Applied Energy*, 102, 1256-1266.
- Valoya inc. (2024). Model RX325 ürün kataloğu. [https://www.valoya.com/wp-content/uploads/2024/09/RX325-techsheet\\_v1-1.pdf](https://www.valoya.com/wp-content/uploads/2024/09/RX325-techsheet_v1-1.pdf) (Online: 15 Eylül 2024).
- Yağcıoğlu, A. (2014). Tarımsal Elektrifikasyon. Ege Üniversitesi Yayınları Ziraat Fakültesi Yayın No: 488, (Genişletilmiş 3. Baskı), Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir. ISBN: 978-605-338-081-8.
- Yildirim, N., & Bilir, L. (2017). Evaluation of a hybrid system for a nearly zero energy greenhouse. *Energy Conversion and Management*, 148, 1278-1290.



## BÖLÜM 8

### TARIMSAL GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ İÇİN TAŞINABİLİR I-V EĞRİSİ ÖLÇÜM CİHAZI GELİŞTİRİLMESİ

Dr. Ahmet SÜSLÜ<sup>1</sup>, Prof. Dr. Recep KÜLCÜ<sup>2</sup>

---

1 Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Isparta, Türkiye.  
mail@ahmetsuslu.com, ORCID ID 0000-0003-4016-589X

2 Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Isparta, Türkiye.  
recepkulcu@isparta.edu.tr, ORCID ID 0000-0002-7185-6514



## 1. GİRİŞ

Güneş enerjisi sistemleri, özellikle tarım sektöründe sürdürülebilir enerji çözümleri açısından büyük önem taşımaktadır. Güneş panellerinin verimliliğini ölçmek ve analiz etmek ise bu sistemlerin optimizasyonunda kritik bir rol oynar.

Güneş panellerinin farklı koşullar altındaki performansını değerlendirmek için kullanılan en önemli yöntemlerden biri I-V (Akım-Voltaj) eğrisinin kullanımıdır. Bu eğri, maksimum güç noktası gibi önemli parametrelerin belirlenmesini sağlayarak sistemlerin çalışma veriminin tespit edilmesine katkı sağlar. I-V eğrisi ölçümleri, güneş enerjisi sistemlerinin kurulumu ve bakımı sırasında gereklidir.

Bu kitap bölümünde, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği alanında geliştirilen, taşınabilir ve yüksek performanslı bir I-V eğrisi ölçüm cihazını geliştirme süreci ele alınmıştır. Bu cihaz, özellikle tarımsal uygulamalarda kullanılan güneş enerjisi sistemlerinin performans analizini gerçekleştirmek üzere tasarlanmıştır. Cihazın geliştirilme süreci, teknik özellikleri, kullanım alanları ve potansiyel etkileri detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Bölüm boyunca, cihazın tarım teknolojileri alanındaki önemi vurgulanacak ve güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğini artırmadaki rolü değerlendirilecektir. Ayrıca, bu teknolojinin tarım makinaları ve teknolojileri eğitimindeki potansiyel katkıları da ele alınacaktır. Bu çalışmanın, yenilenebilir enerji kaynaklarının tarım sektöründe daha etkin kullanımına ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının geliştirilmesine katkıda bulunması hedeflenmektedir.

### 1.1 Güneş Enerjisi ve Tarım Teknolojileri

Güneş enerjisi, tarım sektöründe giderek artan bir öneme sahip olan yenilenebilir enerji kaynağıdır. Tarımsal üretimde enerji maliyetlerinin düşürülmesi ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması açısından güneş enerjisi sistemleri, çiftçiler ve tarım işletmeleri için cazip bir alternatif haline gelmiştir. Bu sistemler, sulama pompalarının çalıştırılması, seraların ısıtılması ve aydınlatılması, tarımsal ürünlerin kurutulması ve depolanması gibi çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır (Hasnain vd., 2021).

Tarım teknolojilerinde güneş enerjisinin kullanımı, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltarak, karbon ayak izinin azaltılmasına katkıda bulunmaktadır.



Güneş enerjisi sistemlerinin tarımsal işletmelerde kullanımı, enerji maliyetlerinin düşürülmesine yardımcı olabilir. Bu durum, özellikle enerji yoğun tarımsal faaliyetlerde önemli ekonomik avantajlar sağlamaktadır (Boopathi, 2018).

Güneş enerjisi teknolojilerinin tarım sektöründe uygulanması, aynı zamanda kırsal elektrifikasyon ve enerji bağımlılığının azaltılması açısından da önem taşımaktadır. Şebeke elektriğine erişimin kısıtlı olduğu bölgelerde, güneş enerjisi sistemleri tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini artırmaktadır (Mir vd., 2021). Bu sistemler, enerji altyapısı yetersiz olan dağıtım şebekesinden uzak tarım alanlarında, modern tarım tekniklerinin uygulanmasına olanak tanıyarak verimliliği artırmaktadır.

Bununla birlikte, güneş enerjisi sistemlerinin tarım sektöründe etkin kullanımı, bu sistemlerin performansının düzenli olarak izlenmesini ve değerlendirilmesini gerektirmektedir. Güneş panellerinin verimliliğini etkileyen faktörler arasında panel yüzeyindeki kirlilik, gölgelenme, sıcaklık değişimleri ve panel yaşlanması gibi etkenler bulunmaktadır (Postelnicu vd., 2010). Bu nedenle, güneş enerjisi sistemlerinin optimum performansta çalışmasını sağlamak için düzenli bakım ve performans analizleri kritik öneme sahiptir.

Tarım teknolojileri alanında güneş enerjisi sistemlerinin yaygınlaşması, bu sistemlerin performansını hassas bir şekilde ölçebilen ve analiz edebilen araçlara olan ihtiyacı da beraberinde getirmiştir. I-V eğrisi ölçüm cihazları, bu ihtiyaca cevap veren önemli teknolojik araçlardır. Bu cihazlar, güneş panellerinin anlık performansını değerlendirerek, sistemlerin verimliliğinin optimize edilmesine ve potansiyel sorunların erken tespit edilmesine olanak sağlamaktadır (Amiry vd., 2018).

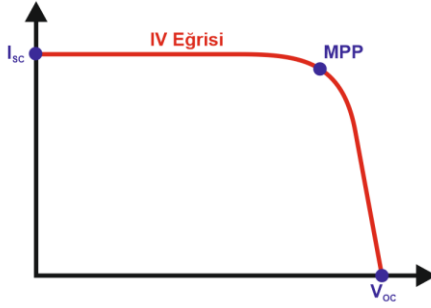
Sonuç olarak, güneş enerjisi ve tarım teknolojilerinin entegrasyonu, sürdürülebilir tarım uygulamalarının geliştirilmesi ve enerji verimliliğinin artırılması açısından büyük bir potansiyel taşımaktadır. Bu alandaki teknolojik gelişmeler, tarımsal üretimin geleceğini şekillendirmekte ve çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunmaktadır.

## 1.2 I-V Eğrisinin Önemi

I-V eğrisi, güneş panellerinin elektriksel performansını karakterize eden temel bir göstergedir. Bu eğri, bir güneş panelinin farklı yük koşulları altındaki

davranışını göstererek, panelin verimliliği ve kalitesi hakkında önemli bilgiler sağlar (Al Jumlat ve Khan, 2014).

I-V eğrisi, güneş panelinin açık devre voltajı ( $V_{oc}$ ) ile kısa devre akımı ( $I_{sc}$ ) arasındaki ilişkiyi gösterir. Bu eğri üzerinde belirlenen maksimum güç noktası (MPP), panelin optimum çalışma koşullarını temsil eder ve sistemin genel verimliliğini doğrudan etkiler (Ge vd., 2015). Şekil 1'de temsili bir I-V eğrisi ve bu eğri üzerindeki noktalar gösterilmiştir.



Şekil 1. I-V Eğrisi ve Maksimum Güç Noktası

I-V eğrisi, aslında Ohm Kanunu'nun güneş panelleri üzerindeki uygulamasının bir gösterimidir. Ohm Kanunu ( $V = I \times R$ ), voltaj, akım ve direnç arasındaki ilişkiyi tanımlar. Güneş panellerinde, bu ilişki doğrusal değildir ve panel karakteristiğine bağlı olarak değişir. I-V eğrisi, bu karmaşık ilişkiyi görselleştirerek, panelin farklı çalışma koşullarındaki davranışını anlamamızı sağlar.

I-V eğrisi analizi, güneş panellerinin kalite kontrolünde de önemli bir rol oynar. Üretim sürecinde veya kullanım esnasında oluşabilecek hataları tespit etmek için kullanılır. Örneğin, eğrideki anormallikler, hücre uyumsuzluğu, kısmi gölgeleme veya diğer performans düşürücü faktörlerin varlığına işaret edebilir (Al Jumlat ve Khan, 2014).

Tarım teknolojileri bağlamında, I-V eğrisi analizi özel bir öneme sahiptir. Tarımsal alanlarda kurulan güneş enerjisi sistemleri genellikle zorlu çevre koşullarına maruz kalır. Toz, nem ve sıcaklık değişimleri gibi faktörler panel performansını olumsuz etkileyebilir (Ge vd., 2015). Düzenli I-V eğrisi ölçümleri, bu sistemlerin performansının zaman içindeki değişimini izlemeye ve gerekli bakım çalışmalarını planlamaya olanak tanır.

I-V eğrisi ölçümü, aynı zamanda güneş panellerinin yaşlanma etkilerini değerlendirmek için de kullanılır. Panellerin zaman içindeki performans kaybı, I-V eğrisindeki değişimler aracılığıyla tespit edilebilir. Bu bilgi, sistem ömrünün tahmin edilmesi ve yenileme planlarının yapılması açısından önemlidir (Ge vd., 2015).

Güneş enerjisi teknolojilerindeki hızlı gelişmeler, daha hassas ve kullanımı kolay I-V eğrisi ölçüm cihazlarına olan ihtiyacı artırmıştır. Özellikle tarım sektöründe, arazi koşullarında kullanılacak taşınabilir ve dayanıklı cihazlara talep yüksektir. Bu cihazlar, çiftçilere ve sistem operatörlerine, güneş enerjisi sistemlerinin performansını yerinde değerlendirme ve hızlı kararlar alma imkanı sunar (Al Jumlat ve Khan, 2014).

Sonuç olarak, I-V eğrisi analizi, güneş enerjisi sistemlerinin optimizasyonu ve sürdürülebilirliği için temel bir araçtır. Tarım teknolojileri alanında, bu analizin önemi giderek artmakta ve daha gelişmiş ölçüm cihazlarına yönelik araştırma ve geliştirme çalışmaları hız kazanmaktadır. I-V eğrisi ölçüm teknolojilerindeki ilerlemeler, güneş enerjisinin tarım sektöründe daha etkin ve verimli kullanımına katkıda bulunacaktır.

## 2. I-V EĞRİSİ ÖLÇÜM CİHAZININ GELİŞTİRİLMESİ

Güneş enerjisi sistemlerinin tarımsal uygulamalardaki performans analizi için I-V eğrisi ölçüm cihazının geliştirilmesi, özellikle Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği alanında güneş panellerinin karakterizasyonunu belirlemek için önemli bir adımdır. Bu sayede mevcut ya da kurulacak olan güneş enerjisi sistemlerinin, arazi ya da tesis bünyesinde kullanılacak cihazların ihtiyaç duyduğu enerji miktarını sağlayıp sağlayamayacağı konusunda ölçüme dayalı bir fikir edinilmesine yardımcı olmaktadır.

Özellikle günümüzde devlet desteği ile kurulacak sistemlerde, yetkili kurumlardan istenen deney raporlarında bu nokta önem kazanmaktadır. İlgili deney raporlarının içeriğinde bulunması gereken ve panellerin karakteristiğini belirlemede güvenilir bir araç olan I-V eğrisi sayesinde kurulu sistemlerin performansı izlenebilmekte ve raporun oluşturulmasına katkı sağlanmaktadır.

Temel olarak Tarım Makinaları ve Mühendisliği Bölümlerinin ihtiyaçları göz önünde bulundurularak belirlenen hedefler doğrultusunda bu cihazın geliştirilmesi öncelikli olsa da, ortaya çıkan nihai ürünün piyasadaki diğer ölçüm cihazlarından çok daha düşük maliyetle elde edilebileceği ve güneş

enerjili sistemlerle çalışan çoğu kullanıcının ya da profesyonelin ihtiyacına karşılık geldiği görülmüştür.

## 2.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın temel amacı, tarım sektöründe kullanılan güneş enerjisi sistemlerinin performansını hassas ve güvenilir bir şekilde ölçebilen taşınabilir bir I-V eğrisi ölçüm cihazı geliştirmektir. Geliştirilen ürün, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği alanında yürütülen disiplinler arası bir Ar-Ge çalışmasının sonucudur.

Çalışmanın kapsamı, mevcut ticari cihazların sınırlamalarını aşan ve tarımsal uygulamaların spesifik gereksinimlerini karşılayan yenilikçi bir çözüm sunmayı hedeflemektedir. Bu bağlamda, çalışmanın temel odak noktaları şunlardır:

- Arazi koşullarına dayanıklı ve taşınabilir bir cihaz tasarlamak,
- Yüksek hassasiyet ve geniş ölçüm aralığı sağlamak,
- Kullanıcı dostu bir arayüz geliştirmek,
- Veri yönetimi ve analiz kabiliyetlerini geliştirmek,
- Enerji verimliliğini optimize etmek,
- Maliyet etkinliği sağlamak.

Çalışmanın kapsamı, cihazın tasarım ve geliştirme sürecini, laboratuvar testlerini ve saha denemelerini içermektedir. Ayrıca, cihazın tarımsal uygulamalardaki potansiyel etkilerinin değerlendirilmesi ve gelecekteki iyileştirme alanlarının belirlenmesi de çalışmanın önemli bileşenleridir.

Bu çalışma, güneş enerjisi sistemlerinin tarım sektöründe daha etkin kullanımını teşvik etmeyi ve sürdürülebilir tarım uygulamalarına katkıda bulunmayı hedeflemektedir. Geliştirilen cihazın, tarımsal üretimde enerji verimliliğinin artırılmasına ve çevresel sürdürülebilirliğin iyileştirilmesine yönelik çabalara destek olması beklenmektedir.

## 2.2 Geliştirme Süreci

I-V eğrisi ölçüm cihazının geliştirme süreci, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü'nün Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Bu süreç, mevcut teknolojileri değerlendirerek ve tarım sektörünün ihtiyaçlarını

göz önünde bulundurarak, pratik ve kullanışlı çözümler geliştirme amacıyla yürütülmüştür.

Çalışmanın ilk aşamasında, kapsamlı bir literatür taraması yapılmıştır. Bu araştırma, I-V eğrisi ölçüm teknolojilerinin mevcut durumunu anlamak ve tarım sektörünün spesifik ihtiyaçlarını belirlemek açısından katkı sunmuştur. Elde edilen bilgiler ışığında, geliştirilecek cihazın teknik gereksinimleri ve tasarım kriterleri belirlenmiştir.

Geliştirme sürecinin ikinci aşamasında, I-V eğrisinin oluşturulması için gerekli bileşenler bir araya getirilmiş ve temel bir prototip oluşturulmuştur. Bu aşamada, cihazın çalışma prensipleri doğrulanmış ve ilk denemeler gerçekleştirilmiştir. Bu başlangıç noktası, sonraki aşamalarda daha gelişmiş versiyonların oluşturulmasına zemin hazırlamıştır.

İlerleyen süreçte, ilk taşınabilir cihaz prototipi geliştirilmiştir. Bu cihaz, saha koşullarında I-V eğrisini tespit edebilecek şekilde tasarlanmıştı, ancak bu prototipin bir bilgisayara bağlı olarak çalışma zorunluluğu saha çalışmalarında bazı sınırlılıklar oluşturmaktaydı. Saha denemelerinde elde edilen deneyimler, cihazın kullanımındaki zorlukları ve iyileştirme alanlarını ortaya koymuştur.

Bu geri bildirimler doğrultusunda, geliştirme sürecinin son aşamasında, sistemin bilgisayara bağımlılığını ortadan kaldıran ve elektronik bileşenlerin daha yoğun kullanıldığı ikinci bir cihaz geliştirilmiştir. Bu yeni versiyon, önceki prototipten elde edilen deneyimler ışığında tasarlanmış ve optimize edilmiştir. Özellikle dikkat çeken bir nokta, bu gelişmiş cihazın piyasadaki muadillerine kıyasla çok daha düşük bir maliyetle üretilmiş olmasıdır.

Geliştirme sürecinin her aşamasında, maliyet etkinliği ve performans optimizasyonu ön planda tutulmuştur. Sonuç olarak, tarım sektörünün ihtiyaçlarına cevap veren, yüksek performanslı ve ekonomik bir I-V eğrisi ölçüm cihazı ortaya çıkarılmıştır.

Bu genel bakışın ardından, geliştirilen her iki cihazın teknik özellikleri ve performans analizleri, alt başlıklarda detaylı olarak ele alınmıştır.

### **2.2.1 İlk Aşama: Rezistans Teli Mekanizması**

İlk aşamada rezistans teli mekanizması kullanılarak basit bir yük simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Telin uzunluğunu değiştirerek farklı direnç değerleri elde edilmiştir ve bu sayede panelin farklı yük koşullarındaki performansı değerlendirilmiştir.



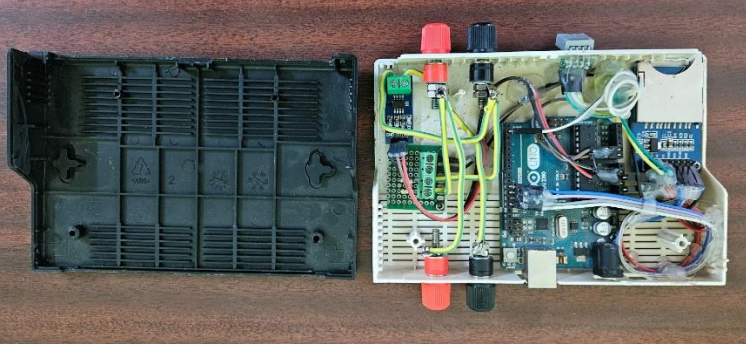
Şekil 2. I-V Eğrisi Ölçüm Cihazı İlk Prototipi

Geliştirilen ilk prototip, üç ana bileşenden oluşmaktadır bunlar; taşınabilir bilgisayar, özel tasarlanmış bir ölçüm devresi ve test edilecek güneş panelidir (Şekil 2). Bu sistem, güneş panelinin farklı yük koşulları altındaki davranışını ölçmek ve I-V eğrisini oluşturmak için tasarlanmıştır.

Ölçüm devresinin merkezinde, farklı direnç değerleri elde etmek için kullanılan bir rezistans teli mekanizması bulunmaktadır. Bu mekanizma, telin uzunluğunu değiştirerek farklı direnç değerleri elde etmeye olanak sağlamıştır. Bu yöntem, basit ve düşük maliyetli bir çözüm sunarak, çalışmanın ilk aşamasında I-V eğrisi ölçümlerinin yapılabilmesini mümkün kılmıştır.

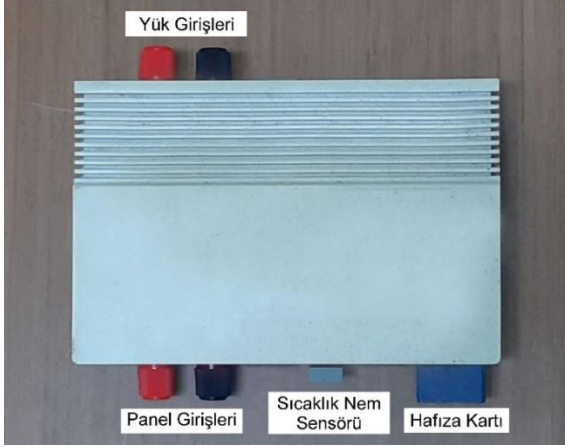
Sistem şu şekilde çalışmaktadır:

1. Güneş paneli, ölçüm devresine bağlanır.
2. Rezistans teli mekanizması, farklı yük koşullarını simüle etmek için kullanılır.
3. Ölçüm devresi, panel üzerindeki akım ve gerilim değerlerini ölçer.
4. Elde edilen veriler, bağlı olan bilgisayar üzerindeki yazılıma aktarılır.
5. Yazılım, bu verileri kullanarak I-V eğrisini oluşturur ve görselleştirir.



Şekil 3. I-V Eğrisi Ölçüm Cihazı İç Yapısı

Cihazın iç yapısı, kompakt ve entegre bir tasarıma sahiptir. Elektronik bileşenler, delikli pertinaks üzerine yerleştirilmiştir. Bu tasarım, cihazın taşınabilirliğini artırırken, aynı zamanda ölçüm hassasiyetini de iyileştirmeyi amaçlamıştır. Arduino mikrodeneleyici, ölçüm ve kontrol işlemlerinin merkezinde yer almaktadır (Şekil 3).



Şekil 4. I-V Eğrisi Ölçüm Cihazı Dış Görünüşü

Cihazın dış tasarımı, kullanım kolaylığı göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Üst kısımda bulunan yük ve panel girişleri, kolay bağlantı yapılmasını sağlamaktadır. Ayrıca, cihaz üzerinde bir hafıza kartı yuvası ve sıcaklık-nem sensörü bulunmaktadır (Şekil 4). Bu özellikler, ölçüm verilerinin depolanmasını ve çevresel faktörlerin kaydedilmesini mümkün kılmaktadır.

Bu ilk aşama prototipi, temel ölçümleri gerçekleştirmek için yeterli olsa da, bazı sınırlamaları da beraberinde getirmiştir. Özellikle hassasiyet ve

kullanım kolaylığı açısından iyileştirmelere ihtiyaç duyulmuştur. Ayrıca, sistemin bilgisayara bağımlı olması, saha ölçümlerinde pratiklik açısından zorluklar yaratmıştır. Bu deneyimler, projenin sonraki aşamalarında daha gelişmiş ve bağımsız bir cihazın tasarlanmasına yol açmıştır.

### 2.2.2 İkinci Aşama: MOSFET Teknolojisinin Entegrasyonu

I-V eğrisi ölçüm cihazının geliştirilmesindeki ikinci aşama, MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) teknolojisinin entegrasyonu ile gerçekleştirilmiştir. Bu aşama, cihazın performansını ve kullanılabilirliğini önemli ölçüde artırmıştır.

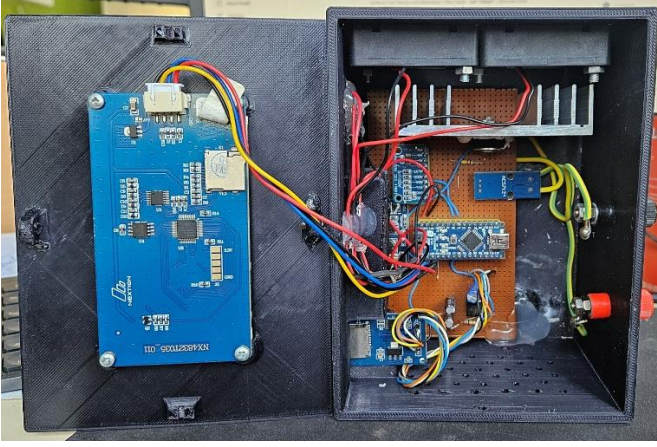


Şekil 5. MOSFET Entegreli I-V Eğrisi Ölçüm Cihazı

Yeni geliştirilen cihaz, kompakt bir tasarıma sahip olup, dahili bir ekran ve kontrol arayüzü içermektedir. Bu tasarım, cihazın saha koşullarında bağımsız olarak çalışabilmesini sağlamıştır. Cihaz, güneş paneline bağlantı kabloları aracılığıyla bağlanmakta ve ölçümleri yerinde gerçekleştirebilmektedir (Şekil 5).

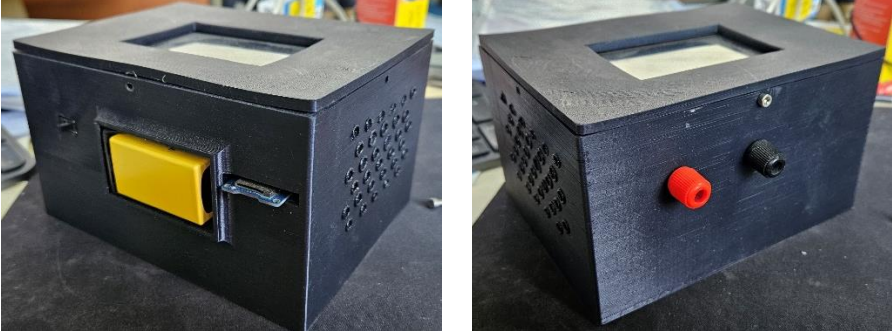
MOSFET teknolojisinin entegrasyonu, cihazın ölçüm hassasiyetini ve kontrol kabiliyetini önemli ölçüde artırmıştır. MOSFET'ler, farklı yük koşullarını simüle etmek için kullanılmış, bu da daha geniş bir çalışma aralığında ve daha yüksek doğrulukta ölçümler yapılmasını mümkün kılmıştır.





Şekil 6. MOSFET Entegreli Cihaz İç Yapısı

Cihazın iç yapısı, modüler bir tasarıma sahiptir. Ana kontrol kartı, ölçüm ve veri işleme işlevlerini yönetirken, MOSFET devresi yük simülasyonunu gerçekleştirmektedir (Şekil 6). Ekran modülü, kullanıcı arayüzünü sağlayarak, ölçüm sonuçlarının anında görüntülenmesini mümkün kılmaktadır.



Şekil 7. MOSFET Entegreli Cihaz Dış Görünüşü

Cihazın dış tasarımı, kullanıcı dostu bir yaklaşımla geliştirilmiştir. Ön panelde bulunan ekran, ölçüm sonuçlarını ve cihaz durumunu göstermektedir. Kontrol düğmeleri, kullanıcının cihazı kolayca yönetmesini sağlamaktadır. Yan tarafta bulunan bağlantı portları, güneş paneli ve diğer gerekli bağlantılar için kullanılmaktadır (Şekil 7).

Cihazın yan tarafında bulunan SD kart yuvası, ölçüm verilerinin depolanmasını ve daha sonra analiz edilmek üzere aktarılmasını sağlamaktadır.

Bu özellik, saha çalışmalarında veri kaybını önlemekte ve uzun süreli performans analizlerini mümkün kılmaktadır.

MOSFET teknolojisinin entegrasyonu ile geliştirilen bu cihaz, önceki versiyona göre daha hassas ölçümler yapabilmekte, daha geniş bir güç aralığında çalışabilmekte ve kullanıcı dostu bir arayüz sunmaktadır. Bu gelişmeler, cihazın tarım teknolojileri alanında güneş enerjisi sistemlerinin performans analizinde daha etkin bir şekilde kullanılmasını sağlamıştır.

### 3. CİHAZIN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

#### 3.1 Ölçüm Kapasitesi ve Aralığı

Geliştirilen I-V eğrisi ölçüm cihazı, geniş bir güç aralığında ölçüm yapabilme kabiliyetine sahiptir. Cihaz, 550 Watt'a kadar güce sahip güneş panellerinde hassas ölçümler gerçekleştirebilmektedir. Bu özellik, küçük ölçekli ev tipi sistemlerden, orta büyüklükteki tarımsal uygulamalara kadar geniş bir yelpazede kullanım imkanı sunmaktadır.

Cihazın ölçüm aralıkları şu şekildedir:

- Voltaj ölçüm aralığı: 0-100V DC
- Akım ölçüm aralığı: 0-30A DC
- Güç ölçüm aralığı: 0-550W

Ölçüm hassasiyeti, voltaj için  $\pm\%0.5$  ve akım için  $\pm\%1$  olarak belirlenmiştir. Bu hassasiyet değerleri, cihazın MOSFET teknolojisi sayesinde elde ettiği yüksek performansı yansıtmaktadır.

Cihaz, farklı çevresel koşullar altında çalışabilme yeteneğine sahiptir.  $-10^{\circ}\text{C}$  ile  $60^{\circ}\text{C}$  arasındaki sıcaklıklarda ve  $\%95$ 'e kadar bağıl nem koşullarında güvenilir ölçümler yapabilmektedir. Bu özellik, özellikle değişken hava koşullarına sahip tarımsal alanlarda kullanım için önemlidir.

#### 3.2 Güç Kaynağı ve Pil Ömrü

Cihaz, kompakt ve taşınabilir bir tasarıma sahip olup, dahili bir şarj edilebilir pil ile çalışmaktadır. Bu pil sistemi, cihazın saha koşullarında bağımsız olarak kullanılabilmesini sağlamaktadır.

Dahili pil özellikleri:

- Tip: Lityum-iyon
- Kapasite: 600 mAh
- Nominal voltaj: 9V

Bu pil kapasitesi ile cihaz, ortalama kullanım koşullarında yaklaşık 2-3 saat kesintisiz çalışabilmektedir. Bu süre, ölçüm sıklığı ve ekran kullanımı gibi faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir.

Cihazın pil ömrünü uzatmak ve uzun süreli saha çalışmalarında kesintisiz kullanımını sağlamak için, harici bir şarj istasyonu kullanılmaktadır. Bu şarj istasyonu, cihazın pilini hızlı ve güvenli bir şekilde şarj etme imkanı sunmaktadır.

Cihazın pili tamamen boşaldığında, yaklaşık 1 saat içinde tam şarja ulaşabilmektedir. Bu şarj özelliği, saha çalışmalarında minimum kesinti ile çalışmaya devam etme imkanı sağlamaktadır.

Enerji verimliliğini artırmak için cihaz, kullanılmadığı zamanlarda otomatik olarak uyku moduna geçmektedir. Bu özellik, pil ömrünü optimize etmeye yardımcı olmaktadır.

Bu güç sistemi tasarımı, cihazın hem kısa süreli ölçümler için taşınabilir bir çözüm sunmasını, hem de uzun süreli saha çalışmalarında kesintisiz kullanılabilmesini sağlamaktadır. Harici şarj istasyonu kullanımı, cihazın boyutunu ve ağırlığını minimum düzeyde tutarken, gerektiğinde uzun süreli çalışma imkanı sunmaktadır.

### 3.3 Veri Yönetimi ve Depolama

Cihaz, veri yönetimi ve depolama özelliklerine sahip olacak şekilde tasarlanmıştır. Ölçüm sonuçları, hem cihaz üzerinde geçici olarak saklanabilmekte hem de harici depolama birimine aktarılabilir.

Veri depolama özellikleri:

- Harici depolama: SD kart desteği (maksimum 32 GB)

Cihaz, her bir ölçüm için aşağıdaki verileri kaydedebilmektedir:

- Tarih ve saat bilgisi
- Dosya isimlendirme
- Voltaj, akım ve güç değerleri
- Hesaplanan I-V eğrisi noktaları

Veri formatı olarak CSV (Comma Separated Values) kullanılmaktadır. Bu format, verilerin bilgisayar ortamında kolayca işlenmesine ve analiz edilmesine olanak tanımaktadır.

### 3.4 Kullanıcı Arayüzü ve Kontrol Sistemi

Cihazın kullanıcı arayüzü, kullanım kolaylığı ve veri görselleştirme ön planda tutularak tasarlanmıştır. Kontrol sistemi, kullanıcının cihazı etkili bir şekilde yönetmesini sağlamaktadır.

Ekran özellikleri:

- Tip: 3.5 inç renkli TFT LCD
- Çözünürlük: 320x480 piksel
- Dokunmatik: Kapasitif dokunmatik ekran

Kullanıcı arayüzü, sezgisel bir menü yapısına sahiptir ve aşağıdaki temel işlevleri içermektedir:

- Ölçüm başlatma ve durdurma
- I-V eğrisi grafiği görüntüleme
- Ölçüm parametrelerini ayarlama
- Veri yönetimi ve aktarımı
- Sistem ayarları

Bu kullanıcı dostu arayüz ve kontrol sistemi, cihazın hem deneyimli araştırmacılar hem de saha teknisyenleri tarafından kolayca kullanılabilmesini mümkün kılmaktadır.

## 4. CİHAZIN KULLANIM ALANLARI

### 4.1 Tarım Sektöründe Uygulamalar

Geliştirilen I-V eğrisi ölçüm cihazı, tarım sektöründe güneş enerjisi sistemlerinin performans analizinde kullanılmaktadır. Cihazın tarım sektöründeki başlıca uygulama alanları şunlardır:

- Sulama Sistemleri: Güneş enerjili sulama sistemlerinin verimliliğini ölçmek için kullanılmaktadır. Cihaz, panellerin performansını analiz ederek, sulama pompalarının enerji ihtiyacının karşılanıp karşılanmadığını belirlemede yardımcı olmaktadır.
- Sera Uygulamaları: Seralarda kullanılan güneş panellerinin performansını değerlendirmek için kullanılmaktadır. Bu, ısıtma ve aydınlatma sistemlerinin enerji ihtiyaçlarının karşılanmasında yardımcı olmaktadır.
- Çiftlik Binaları ve mantarhaneler: Çiftlik binalarının veya mantarhanelerin çatılarına kurulan güneş enerjisi sistemlerinin

performansını ölçmek için kullanılmaktadır. Bu, çiftlik ve mantar yetiştirme ekipmanlarının enerji ihtiyaçlarının karşılanmasında yardımcı olmaktadır.

Cihaz, bu uygulamalarda güneş panellerinin performansını ölçerek, sistemlerin verimli çalışmasını sağlamak ve potansiyel sorunları tespit etmeye yardımcı olmaktadır.

## 4.2 Eğitim ve Araştırma Amaçlı Kullanım

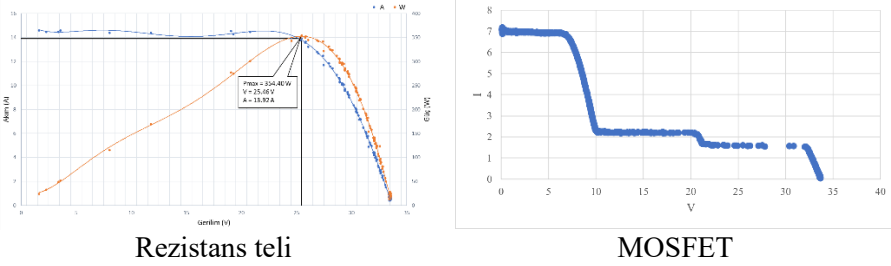
Geliştirilen I-V eğrisi ölçüm cihazı, eğitim ve araştırma alanlarında da kullanılmaktadır:

- Üniversite Laboratuvarları: Mühendislik bölümlerinde, yenilenebilir enerji derslerinde, öğrencilere pratik deneyim kazandırmak için kullanılmaktadır. Öğrenciler, bu cihaz sayesinde güneş panellerinin performans analizini uygulamalı olarak öğrenebilmektedir.
- Araştırma Projeleri: Akademik araştırmalarda, güneş hücresi teknolojilerinin performansını değerlendirmek için kullanılmaktadır.
- Tarımsal Araştırma Merkezleri: Ziraat mühendisliği alanında, güneş enerjisinin tarımsal uygulamadaki potansiyelini araştırmak için kullanılmaktadır.
- Mesleki Eğitim: Güneş enerjisi sistemleri kurulum ve bakım uzmanlarının eğitiminde kullanılmaktadır. Kursiyerler, cihaz sayesinde sistem performansını değerlendirme becerilerini geliştirmektedir.
- Demonstrasyon Çalışmaları: Çiftçilere yönelik eğitim programlarında veya öğrencilere, güneş enerjisinin tarımdaki kullanımını göstermek için kullanılmaktadır.

Cihazın eğitim ve araştırma amaçlı kullanımı, tarım ve enerji alanında çalışacak kişilerin yetiştirilmesine katkıda bulunurken, aynı zamanda tarımda güneş enerjisi kullanımının geliştirilmesini de desteklemektedir.

## 5. PERFORMANS ANALİZİ VE KARŞILAŞTIRMA

Geliştirilen I-V eğrisi ölçüm cihazının performansını değerlendirmek ve iki farklı aşamada elde edilen sonuçları karşılaştırmak için kapsamlı bir analiz gerçekleştirilmiştir. Bu analiz, cihazın gelişim sürecindeki ilerlemeleri ve ölçüm hassasiyetindeki artışı açıkça ortaya koymaktadır.



Şekil 8. I-V Eğrisi Karşılaştırması

İlk aşamada geliştirilen, rezistans teli mekanizmasına dayalı sistemden elde edilen I-V eğrisi grafiği, temel ölçüm kabiliyetini göstermektedir. Ancak, bu grafikteki veri noktalarının dağılımı ve eğrinin pürüzlü yapısı, ölçüm hassasiyetinin sınırlı olduğunu ortaya koymaktadır. Rezistans teli kullanımı, özellikle düşük akım ve yüksek voltaj bölgelerinde hassas ölçümler yapmayı zorlaştırmıştır. Bu durum, eğrinin karakteristik şeklini tam olarak yakalamada güçlükler neden olmuştur.

Buna karşılık, MOSFET teknolojisinin entegre edildiği ikinci aşama cihazından elde edilen I-V eğrisi grafiği, önemli bir iyileşmeyi gözler önüne sermektedir. Bu grafikteki veri noktalarının yoğunluğu ve dağılımı, ölçüm hassasiyetindeki belirgin artışı göstermektedir. MOSFET teknolojisi, geniş bir akım ve voltaj aralığında çok daha hassas ölçümler yapılmasına olanak tanımıştır. Bunun sonucunda, güneş panelinin karakteristik I-V eğrisi çok daha net ve detaylı bir şekilde elde edilmiştir.

MOSFET tabanlı sistemin sağladığı yüksek hassasiyet, özellikle maksimum güç noktasının (MPP) belirlenmesinde kritik öneme sahiptir. Şekil 8'de görüldüğü gibi, MPP noktası hassas bir şekilde tespit edilebilecek niteliktedir. Bu seviyede bir hassasiyet, güneş panellerinin performans değerlendirmesinde ve optimizasyonunda büyük önem taşımaktadır.

Ayrıca, MOSFET teknolojisi ile elde edilen grafikte, eğrinin tüm bölgelerinde (kısa devre akımı, açık devre voltajı ve ara bölgeler) daha yüksek

çözünürlüklü veri noktaları gözlemlenmiştir. Bu, panelin farklı çalışma koşullarındaki davranışını daha iyi anlamaya ve analiz etmeye olanak sağlamaktadır.

## 6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Sonuç olarak, geliştirilen yerli I-V eğrisi ölçüm cihazı, tarım sektöründe güneş enerjisi sistemlerinin performansını etkili ve pratik bir şekilde ölçmek için kullanılabilir. Cihaz, 550 Watt'a kadar güce sahip güneş panellerinin performans analizini gerçekleştirerek, sulama sistemleri, seralar ve çiftlik binaları gibi tarımsal alanlarda enerji verimliliğinin artırılmasına katkıda bulunabilir. Sağladığı veriler, güneş enerjisi sistemlerinin düzenli olarak izlenmesine ve performansın optimize edilmesine yardımcı olur.

Cihazın kompakt tasarımı, taşınabilirliği ve SD kartla veri depolama yeteneği, saha koşullarında kullanımını kolaylaştırmaktadır. Piyasadaki benzer ürünlere kıyasla daha düşük maliyetli olması, özellikle küçük ve orta ölçekli tarım işletmeleri için büyük bir avantaj sağlamaktadır. Eğitim ve araştırma kurumlarında da kullanıma uygun olan bu cihaz, yenilenebilir enerji eğitiminde pratik uygulamalar sunarak geniş bir kullanıcı kitlesine hitap etmektedir.

Gelecekteki geliştirmelerde, cihazın kablosuz veri aktarımı ve mobil uygulamalarla entegrasyonu gibi özellikler eklenebilir. Kablosuz veri aktarımı, saha koşullarında anlık veri takibi ve uzaktan kontrol imkanı sağlayarak kullanıcılara daha esnek bir kullanım sunabilir. Mobil uygulama entegrasyonu ise, kullanıcıların performans verilerini daha hızlı ve pratik bir şekilde görüntüleyip analiz etmelerine olanak tanıyacaktır. Bu tür geliştirmeler, cihazın yalnızca tarım sektöründe değil, aynı zamanda yenilenebilir enerji projelerinde de daha geniş bir kullanım alanına sahip olmasını sağlayabilir.

## 7. KAYNAKÇA

- Al Jumlat, A., & Khan, S. N. (2014). Performance evaluation of solar panel and proposed new algorithm of solar tracking system. *2014 International Conference on Green Energy Technologies (ICGET)*. <https://doi.org/10.1109/ICGET.2014.6966652>
- Amiry, H., Benhmida, M., Bendaoud, R., Hajjaj, C., Bounouar, S., Yadir, S., Raïs, K., & Sidki, M. (2018). Design and implementation of a photovoltaic I-V curve tracer: Solar modules characterization under real operating conditions. *Energy Conversion and Management*, *169*, 206–216. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.05.046>
- Boopathi, P. (2018). The application of solar energy in agricultural systems. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development*, *2*(4), 2607–2612. <https://doi.org/10.31142/ijtsrd19019>
- Ge, Z., Xiao, R. X., & Wang, R. P. (2015). Influence of solar panels in distributed photovoltaic power generating system above farm land on field and crops. *Applied Mechanics and Materials*, *737*, 20–24. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.737.20>
- Hasnain, G., Ashraf, M., & Hasnain, U. S. (2021). Solar technology in agriculture. *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.98266>
- Mir, N., Bahar, F. A., Mehdi, S. S., Alie, B. A., Bhat, M., Azad, A., Hussain, N., & Fayaz, S. (2021). Solar energy applications in agriculture with special reference to North Western Himalayan region. *Current Journal of Applied Science and Technology*, *40*(15), 1–10. <https://doi.org/10.9734/cjast/2021/v40i1531415>
- Postelnicu, E., Vlăduț, V., Sorică, C., & Militaru, M. (2010). Possibilities of solar radiation use through photovoltaic panels. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca Agriculture*, *67*(1), 308–313. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-agr:5080>





## BÖLÜM 9

### BURSA İLİNDE MEYDANA GELEN TARIM TRAKTÖRÜ KAZALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Hasan BAYAT<sup>2</sup>, Halil ÜNAL<sup>3\*</sup>

---

\*Bu çalışma, Bursa Uludağ Üniversitesi, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsünde tamamlanmış Yüksek Lisans çalışmasının bir bölümünü içermektedir.

<sup>2</sup> MAPAŞ Hırdavatçılık A.Ş., Tepeören, No:15 Cd, 34956, Tuzla, İstanbul, Türkiye  
Orcid ID: 0009-0005-1630-5882

<sup>3</sup> Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, 16059, Bursa, Türkiye Orcid ID: 0000-0001-5830-2050

\*Corresponding author: H.Ünal, e-mail (e-posta): hunal@uludag.edu.tr



## 1. GİRİŞ

Tarım sektörü, en tehlikeli sektörler arasında yer almaktadır. Dünyada gerçekleşen iş kazası sonucu ölümlerin yarısının tarım sektöründe olduğu tahmin edilmektedir. Avrupa Birliği ülkelerinde iş kazası en çok inşaat, sonra tarım ve ormancılık sektöründe olduğu görülmektedir (Güven, 2012). Tarım sektörü, ülke ekonomilerinin önemli bir parçası olup istihdam sağlamaktadır. Tarım ürünlerine yönelik talebin her geçen gün artış göstermesiyle çoğu çiftlik faaliyetinde makineleşmeye gidilmektedir. Bu nedenle de tarım traktörlerinin kullanımı artmıştır. Bu durum traktör kaynaklı kazaların da artmasına sebep olmuştur (Jekayinfa ve ark., 2009).

Tarım sektöründe gerçekleştirilen faaliyetler sırasında ortaya çıkabilecek tehlikelerin oluşma sebepleri traktör, hasat makinesi gibi makinelerle gerçekleşen kazalar, uygun olmayan çalışma koşulları, iklim, kimyasal ilaçlar, gübreler, böcek, yılan gibi hayvan sokmalarıdır (Yurtlu ve ark., 2012). Tarım arazilerinde çeşitli nedenlerle kazalar gerçekleşmektedir. Bu kazalar daha çok traktör ve traktörle çalıştırılan hareketli araçlar sebebiyle meydana gelmektedir (Akbolat ve ark., 2007). Çiftlik operatörleri traktörler ve diğer yavaş hareket eden araçlarla trafik kazalarına karışmaktadır. Bu kazalar genellikle çiftçilerin, aile üyelerinin, tarım işçilerinin ve diğer yol kullanıcılarının yaralanma ve ölümüne yol açmaktadır (Pinzke ve ark., 2012).

Türkiye sınırları içerisinde traktörler tüm tarım araçları içinde önemli bir paya sahiptir. Türkiye genelinde 2013 yılında 1.171.084 traktör var iken 2023 yılında 1.480.879 adet traktör bulunmaktadır (TÜİK, 2024). Bursa ilinde bahsi geçen yıllarda sırasıyla 46.963 ve 55.157 adet traktör vardır. Türkiye'deki traktör varlığının %3,9 u Bursa ilinde bulunmaktadır. Bursa ili hem jeopolitik hem de tüm sektörler açısından önem taşıırken beraberinde tarım sektörü açısından da oldukça önemlidir. Tarımsal arazilerin ve çiftçi sayısının ülke geneline göre ortalamanın üstünde seyretmesi de bunun bir göstergesidir.

Gelişmiş ülkelerde tarım aletleri ve makineleri ile meydana gelen iş kazalarının nedenleri konusunda kapsamlı araştırmalar yapılmasına rağmen, Türkiye'de bu alanda yapılan çalışmalar henüz istenilen düzeyde değildir. Ülkemizde sadece tarımsal faaliyetlerin yoğun yapıldığı bazı iller için benzer araştırmalar yapılmıştır (Gölbaşı, 2002; Öz, 2005; Bülbül, 2006; Perктаş, 2007; Öztürk, 2008; Yücel, 2012; Yıldırım ve Altuntaş, 2015; Alçayır, 2018).

Türkiye'nin Güney Marmara bölgesinde yer alan Bursa ili, uygulanan polikültür tarım yöntemi ile bölgenin önde gelen tarımsal üretim merkezlerinden birisidir. Bursa'da tarım yapılan kültür arazisi, toplam arazinin %40'ıdır (TÜİK, 2024). Böylesine yoğun bir tarım merkezi olan Bursa ilinde traktör ve tarım makinelerinin neden olduğu kazalar ile ilgili herhangi bir araştırma bulunmamaktadır. Bu husus konu ile ilgili veri eksikliği yaratmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Bursa ili ve ilçeleri genelinde 2017-2023 yılları arasında meydana gelen tarım traktörü kazaları değişik nedenleriyle incelenerek, traktörlerin karıştığı kazaların daha iyi anlaşılmasına ulaşmak ve bunları önlemenin yollarını önermektir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada Jandarma Genel Komutanlığı (JGK), Trafik Daire Başkanlığı'nın Bursa ili genelinde ölümlü ve/veya yaralanmalı kaza verileri kaynak olarak kullanılmıştır. Çalışma 2017-2023 yılları arasında meydana gelmiş tarım traktörleri kazalarını kapsamaktadır.

### *Çalışma Alanının Yeri ve Konumu*

Araştırma Bursa ili sınırları içerisinde yürütülmüştür. Bursa ili 10.886,38 km<sup>2</sup> (İznik Gölü dahil) yüzölçümüne sahip, 2023 yılı nüfus sayımı sonuçlarına göre 3.214.571 ile Türkiye'nin 4. büyük kentidir. Bursa ili ilçeleri; Merkez ilçeler (Yıldırım, Osmangazi, Nilüfer), Büyükşehir, Gemlik, Gürsu, Harmancık, İnegöl, İznik, Karacabey, Keles, Kestel, Mudanya, Mustafakemalpaşa, Orhaneli, Orhangazi ve Yenişehir'dir. Bursa ilinde toplam 17 ilçe, 230 belde ve 659 köy (mahalle) bulunmaktadır. Merkez ilçeleri dışındaki tüm ilçelerde tarım arazilerine rastlanmaktadır (Anonim, 2024).

### *Çalışmada Kullanılan Veriler*

Çalışma kapsamında temin edilen verilerden Bursa iline ait 2017 – 2023 yılları arasındaki veriler kullanılmıştır. Sonuçların değerlendirilmesinde Microsoft Excel programı kullanılarak analiz kısmında yüzde ve ortalama değerleri kullanılmıştır. Kaza verilerinde şu kriterler incelenmiştir: Yıl bazında kaza sayıları; İlçe bazında kaza sayıları; Kazaların oluş sebepleri; Kazanın olduğu yol sınıfı; Kazaya karışan araç sayısı; Kazaya karışan traktörlerin markaları; Kazaya karışan traktörlerin yaşları; Kazaya karışan kişilerin yaşları;

Kazaya karışan kişilerin alkol durumları; Kazaya karışanların cinsiyet durumları; Kazaya karışanların eğitim durumları; Kazaya karışanların sürücü belgesi sınıfı; Kaza yapan traktörlerin sigorta durumları; Traktör kazalarının aylara ve günlere göre dağılımı; Kazaların oluş zamanı; Traktör kazalarının sonuçları; Kazaların meydana geldiği yol durumu ve yolun yüzey durumu; Kazanın meydana geldiği hava durumudur. Tüm bu bulguların sonuçları ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir.

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bursa ili sınırlarında 2017-2023 yılları arasında gerçekleşen traktör kaza sayıları ve Türkiye çapında gerçekleşen traktör kazaları içindeki payı Tablo 1'de verilmiştir.

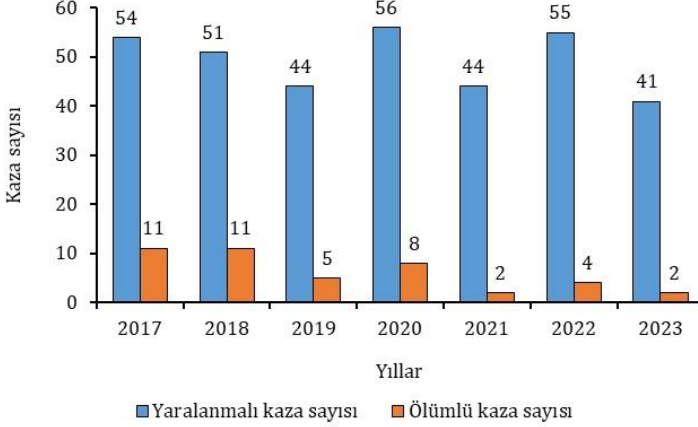
**Tablo 1:** Bursa ve Türkiye'deki Traktör Kaza Sayısı ve Oranları.

Yıl	Türkiye	Bursa	Bursa'nın kaza oranı (%)
2017	1.934	65	3,4
2018	1.900	62	3,3
2019	1.704	49	2,9
2020	1.797	64	3,6
2021	1.558	46	3,0
2022	1.504	59	3,9
2023	1.503	43	2,9
<b>Toplam</b>	<b>11.900</b>	<b>388</b>	<b>3,3</b>

Tablo 1'de görüldüğü gibi Türkiye genelinde azalan traktör kazaları aynı şekilde Bursa ili bazında da kendini göstermiştir. 2017-2023 yılları arasında Türkiye çapında toplam 11.900 traktör kazası meydana gelirken, Bursa ili sınırlarında toplam 388 kaza gerçekleşmiştir. Bursa ili Türkiye geneliyle karşılaştırıldığında, %3,3 gibi yüksek oranda traktör kazaları çıkmıştır. Buna Bursa ilinin yoğun tarımsal faaliyet yapılan ilçelerindeki sürücü yorgunluğu ve zeytinlik gibi eğimi fazla arazilerdeki sürücü hatalarının en çok bu artışa sebep olduğu düşünülmektedir.

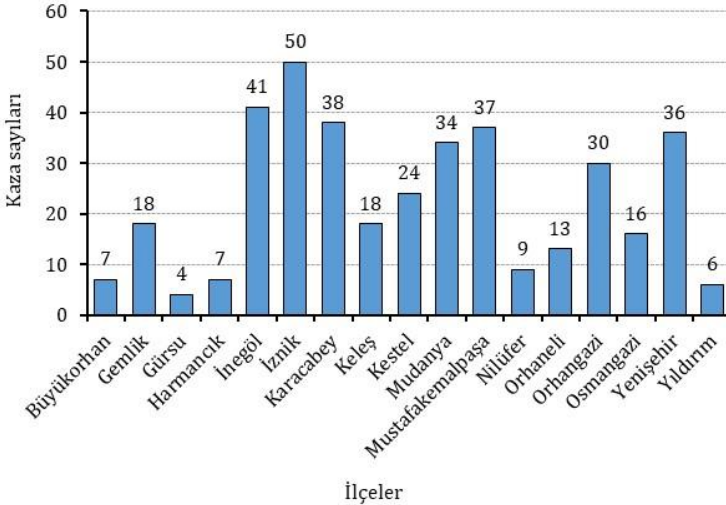
Bursa ilindeki 7 yıllık sürede (2017-2023), 43'ü ölümlü, 345'i yaralanmalı olmak üzere toplam 388 traktör kazası meydana gelmiştir (Şekil 1). 2017-2018 yıllarında meydana gelen kazaların yaklaşık %18'i ölümlü sonuçlanırken, sonraki yıllarda bu oran %5-7 arasında seyretmiştir. Hiç traktör

kazası olmaması temenni edilmekle birlikte, kazalardaki ölüm sayısının çok büyük oranda azalması umut verici bir gelişme olduğu düşünülmektedir.



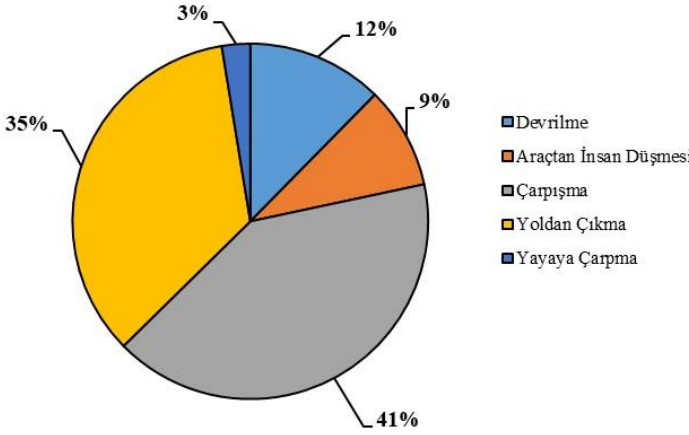
**Şekil 1:** Bursa İlindeki Yaralanmalı ve Ölümlü Traktör Kazalarının Yıllara Göre Dağılımı

Bursa ili bazında gerçekleşen kazaların ilçelere göre dağılımı incelendiğinde, İznik'te 50, İnegöl'de 41, Karacabey'de 38, Mustafakemalpaşa'da 37 ve Yenişehir'de 36 traktör kazası ile en fazla bu ilçeler olmuştur. En az kaza olan ilçeler ise Gürsu (4 adet), Yıldırım (6 adet), Büyükorhan ve Harmancık (7'er adet) ilçelerinde olmuştur (Şekil 2).



**Şekil 2:** Bursa'nın İlçelerindeki Traktör Kazaları Dağılımı

Bursa’da meydana gelen traktör kazalarının oluş biçimleri incelendiğinde, kazaların çoğunun çarpışma (%41) sonucu gerçekleştiği görülmüştür (Şekil 3). Traktörün ya başka bir araçla ya da bir engel veya cisim ile çarpışması sonucu kazalar meydana gelmiştir. İkinci en fazla kaza şekli, %35 oran ile yoldan çıkan traktör kazalarıdır. Devrilmeye sonuçlanan çarpışma ve yoldan çıkma durumları dışında traktörlerin yük sebebiyle devrilerek de kaza yaptıkları bilgisine ulaşılmıştır. Sık görülmesine de araçtan insan düşmesi ya da yayaya çarpma gibi kazalar da olmaktadır.

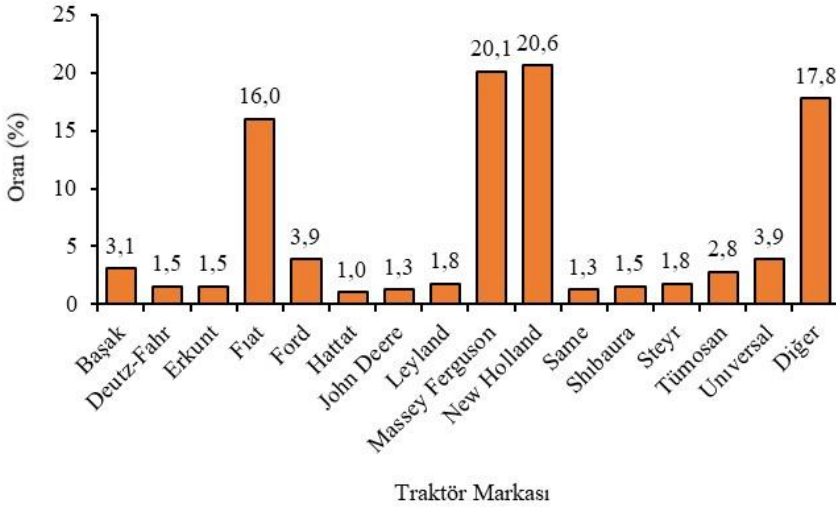


Şekil 3: Kazaların Oluş Sebepleri

Traktör kazalarının %60’ı köy yollarında meydana gelmiştir. Bunu %14 ile il yolu ve %9 ile devlet yolundaki kazalar izlemiştir. Diğer yandan kazaların %65’i tek araçlı, %33’ü ise iki araçlı kazalar şeklinde gerçekleşmiştir.

Bursa ilinde en fazla kazaya karışan traktör markaları sırasıyla “New Holland”, “Massey Ferguson” ve “Fiat” markaları olmuştur (Şekil 4). Bu traktör markaları sırasıyla 80, 78 ve 62 adet kazaya karışmışlardır. “Diğer” olarak isimlendirilen 69 adet kaza (%17,8) ise 41 farklı marka traktörün karıştığı kazalardır. Bu traktörlerin kaza adetleri 1-3 arasında değişmektedir. New Holland, Massey Ferguson ve Fiat markalarının kaza sayısı ve oranının en fazla markalar olarak görünmesi, bu traktörlerin kusurlu olmasından değil, gerçekte traktör pazarındaki talep ve arz sıralamasında Türkiye en önde gelen traktör markaları olması sebep gösterilebilir.





**Şekil 4:** Kazaya Karışan Traktör Markalarının Oranı

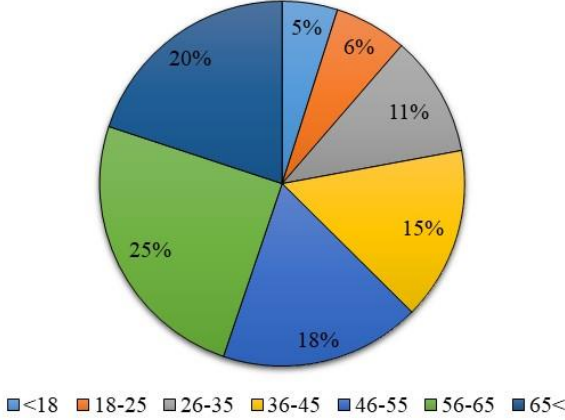
Araştırmada kazaya karışan traktörlerin yaşları incelendiğinde, 1-10 yaş arasında olan traktörlerin diğer yaşlardaki traktörlere göre daha fazla kaza yaptığı görülmüştür (Tablo 2). Kazaların %33'ü (128 tanesi) 1-10 yaş arasında olan traktörlerle gerçekleştirilmiştir. Traktör yaşının kazadelerin yaralanması veya ölmesiyle önemli bir ilgisinin olduğu düşünülse de, bu araştırmada çıkan sonuçlar, traktör yaşının kazanın gerçekleşmesinde önemli derecede etkisinin olmadığını göstermiştir. Her yaştan traktörün kazalara karışabildiği araştırma sonuçlarında görülmektedir.

**Tablo 2:** Kazaya Karışan Traktörlerin Yaş Aralıkları.

Yıl	Kaza sayısı	Traktörlerin Yaş Aralığı				
		1-10	11-20	21-30	31-40	40 <
2017	65	22	14	9	11	9
2018	62	19	14	11	8	10
2019	49	11	8	13	7	10
2020	64	19	9	9	13	14
2021	46	19	5	10	4	8
2022	59	28	7	11	5	8
2023	43	10	9	9	9	6
Toplam (adet)	388	128	66	72	57	65
Yaş oranı (%)	100	33,0	17,0	18,6	14,7	16,8

Bursa ilinde kazalara karışan sürücülerin en fazla 56-65 (%25), 65 yaş üstü (%20) ve 46-55 (%18) yaş aralığında olduğu görülmektedir (Şekil 4).

2017-2023 yılları arasında 56-65 yaş aralığında daha çok traktör kazası yapıldığı saptanmıştır. Bu yaş grubunu sırasıyla 65 yaş üstü ve 46-55 izlemektedir. Kazazedelerde 35 yaş altı sürücü kazaları düşük oranda gerçekleşmiştir.



**Şekil 5:** Kazaya Karışan Kişilerin Yaşları

Kazaya karışanların %96'sı erkek, %3'ü kadındır. Tarım sektöründe erkek çiftçilerin çoğunlukta olduğu gerçeği bu şekilde olmasının bir sebebidir. Birçok tarım bölgesinde olduğu gibi Bursa ilinde de kadın çiftçiler, erkek çiftçilerle beraber tarla çalışmalarına katılmakta, ancak traktör ve tarım makinelerinin daha çok erkek nüfus tarafından kullanılmasından dolayı kazalara da daha çok erkek çiftçilerin maruz kaldığı görülmektedir. Ankara, Tokat ve Erzurum illerinde yapılan araştırmalarda kazaya karışan sürücülerin cinsiyetinin %92-93'ünün erkek, %7-8'nin kadın olduğu bildirilmiştir (Bülbül, 2006; Öztürk, 2008 ve Yücel, 2012).

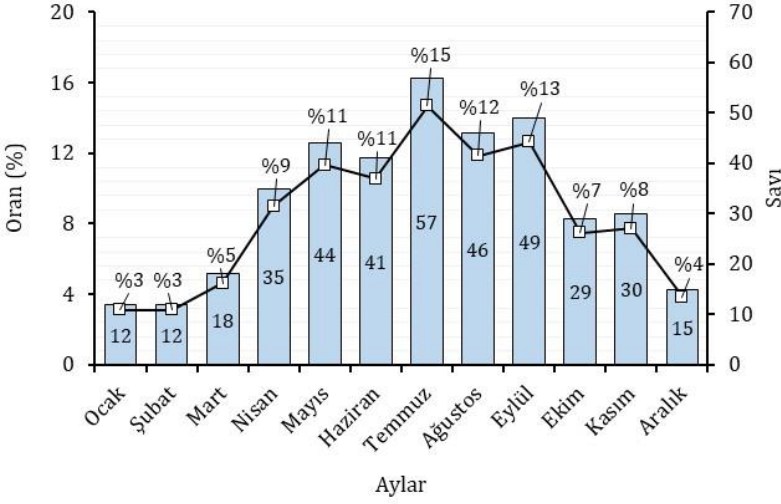
Bursa ilindeki traktör kazasına karışan sürücülerin eğitim durumları incelendiğinde, sürücülerin büyük çoğunluğu ilk ve orta okul (%46'sı ilkökul, %18'i ortaokul) mezundur. Lise ve üniversite mezunlarında bu oran sırasıyla %17 ve %15 seviyelerinde bulunmuştur. İş kazalarının sebepleri meslek ve çalışma alanına, eğitim ve bilinç düzeyine ile güvenlik bilincine bağlı değişiklik göstermektedir. İlkokul mezunu olanların genellikle tarım ve benzeri sektörlerde çalışma olasılığı fazla olup, traktör kullanımıyla ilgili güvenlik

konuları, riskler ve önlemler konusunda daha az bilgi sahibi olabilmektedirler. Genellikle daha fazla eğitilmişler güvenlik bilincine daha fazla sahip kişilerdir. Genel olarak tarım ve benzeri sektörlerde çalışan herkesin uygun eğitim ve güvenlik önlemleriyle donatılması önemlidir.

Kazaya karışan traktör sürücüsünün %32'si (125 adet) "B" sınıfı sürücü belgesine sahip oldukları belirlenmiştir. Araştırmada 66 sürücünün "E" sınıfı belgeye (%17'si) sahip olduğu tespit edilmiştir. Traktör sürücü belgesi olan "F" sınıfı sürücü belgesi ise sadece 27 kişide (%7'si) tespit edilmiştir. Sürücülerin %36'sı (141 adet sürücü) herhangi bir sürücü belgesi göstermediği için kaza raporlarında "Bilinmiyor" olarak kayıt edilmiştir. Traktör kullananların "F" sınıfı sürücü belgesine sahip olması gerekir. Yasal olarak traktör kullanımı için B, C, D veya E sınıfı sürücü belgesine sahip olmak da yeterlidir. Kaza yapan sürücülerin yaklaşık %36'sının ehliyetsiz olduğu anlaşılmaktadır. Eğitim seviyesi düşüklüğünün kazalarda önemli bir payının olduğu sürücü belgesi gösterilememesi sebebinden de anlaşılabilmektedir.

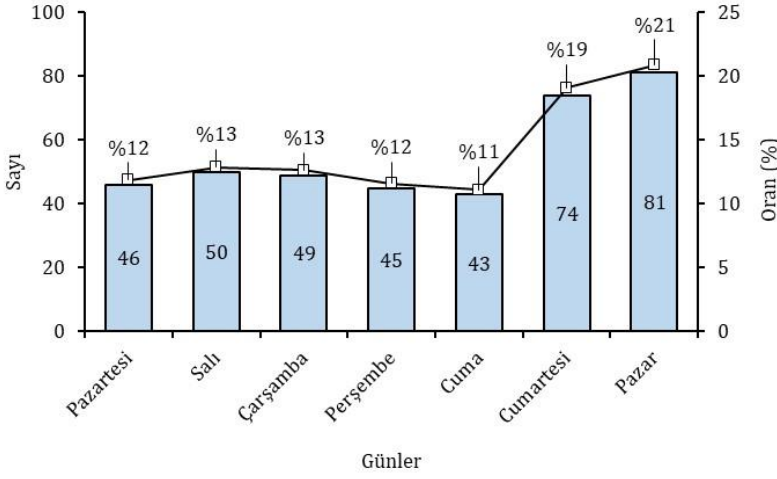
Kazaya karışan traktörlerin %67'sinin zorunlu trafik sigortası kaydı olup, %33'ünün sigortası yoktur. Sürücülerin %5'inin kaza sırasında alkollü oldukları tespit edilmiştir.

Tarımsal üretimde kullanılan traktör ve ekipmanlarda meydana gelen kazaların, üretimin yoğun olarak yapıldığı aylarda olması öngörülen bir sonuçtur. Bursa ilinde traktör kazalarının özellikle Mayıs ve Eylül ayları arasında artış gösterdiği gözlenmiştir (Şekil 5). Şekilde görüldüğü gibi tarımsal işlemlerin yoğun olduğu ve daha çok hasat işlemlerinin yapıldığı dönemlerde kazalar daha fazla meydana gelmiştir. Temmuz ayında %15 ile en yüksek oranda traktör kazası meydana gelmiştir. Bunu sırasıyla Eylül, Ağustos, Mayıs ve Haziran ayları izlemiştir. Üretim çalışmalarının olmadığı Aralık-Mart arası aylarda en az kaza olayı gerçekleşmiştir. Bursa ilinin coğrafik yapısı ve polikültür yetiştiricilik yönünden meyve, sebze, tahıl vb ürünlerin hasadının en yoğun olduğu döneme denk gelmesi kazaları da kaçınılmaz kılmıştır.



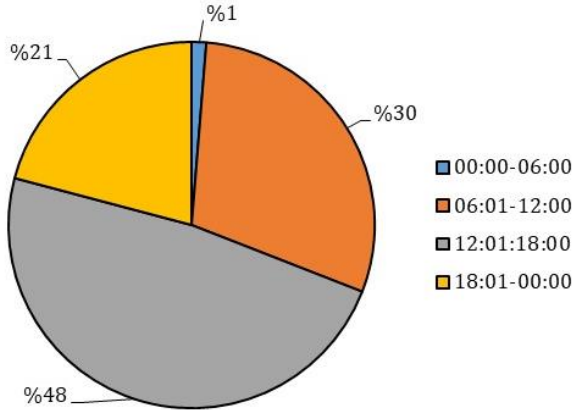
**Şekil 6:** Traktör Kazalarının Yıllara Göre Dağılımı

Kaza oluş günleri incelediğinde, hafta içerisindeki günlerde kaza sayıları arasında hemen hemen önemli oranda farklılık olmadığı (%11-13 arası) görülmüştür (Şekil 6). Ancak hafta sonları (Cumartesi, Pazar) meydana gelen kaza sayıları diğer günlerden daha fazla meydana gelmiştir (%19-21). Bunun gerekçesine net bir yorum yapmak mümkün olmayabilir. Fakat tarım dışındaki başka iş kollarında çalışan çiftçilerin hafta sonlarını dinlenerek geçirmek yerine, tarımsal faaliyetlerine kalan bu zamanlarında çalışmak zorunda kalmaları sonucu aşırı yorgunluğun kaza sayısını artırmış olabilir.



**Şekil 7:** Traktör Kazalarının Günlere Göre Dağılımı

Traktör kazalarının önemli bir kısmının saat 12:01–18:00 arasında meydana geldiği görülmüştür (Şekil 7). İlde meydana gelen kazaların %46'sı bu zaman aralığında meydana gelmiştir. Bu saatlerdeki tarım faaliyetlerinin yoğunluğu traktörlerin yollarda daha fazla bulunmasına neden olmaktadır. Ayrıca, öğle güneşinin görüşü zorlaştırması, sürücülerin bu zaman aralığındaki olası yorgunlukları kazaların sayısını artırmış olabilir.



**Şekil 8:** Traktör Kazalarının Oluş Zamanı

Kazaların meydana geldiği yollar asfalt, satıh kaplama, beton, parke, stabilize, ve toprak olarak sınıflandırılmış olup, 388 kazanın 270'i (%70'i)

asfalt yolda meydana gelmiştir. Birçok araştırmada kazaların büyük oranda asfalt yollarda gerçekleştiği bildirilmiştir (Akbolat ve ark., 2007; Alçayır, 2018). Bu durum oluşan kazaların daha çok iş gidiş gelişlerde olduğunu göstermektedir. Az sayıdaki kaza ise beton ve satıh kaplama yollarda gerçekleşmiştir. Engebeli, çukurlu araziler genellikle toprak ve stabilize yollarda olduğu için traktörlerin devrilmelerine neden olacağı düşünülse de asfalt yollarda yoldan çıkarak devrilen traktörler kazaya sebep olmaktadır. Asfalt yolların sürücülerin alışkın oldukları yol türü olmaması, bu kazaların asfalt yollarda gerçekleşmesinin sebebi olabilir.

Traktörlerin karıştığı trafik kazalarında yolun yüzeyine ilişkin değerlendirmede, kazaların yaklaşık %87'si kuru zeminde, %13'ü ıslak zeminde meydana gelmiştir. Kuru yollardaki yüksek oran traktörlerin daha çok tarımsal üretimin yoğun dönemi olan yaz mevsiminde kullanımı ile açıklanabilir. Kazaların meydana geldiği hava durumu açık, sisli, yağışlı ve bulutlu olmak üzere dörde ayrılmış olup, en fazla kaza %89 ile açık havada meydana gelmiştir. Bunu %7 ile yağışlı, %1-3 ile de sisli ve bulutlu havalar izlemiştir.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bursa ili ve ilçelerindeki tarım traktörlerinin sebep olduğu 2017-2023 yılları arasındaki trafik kazalarının araştırma sonuçları ışığında aşağıdaki değerlendirmeler ve öneriler yapılabilir:

- Bursa ilinin tarım sektöründe önemli bir yere sahip olması sebebiyle traktör kazaları Türkiye geneli ile karşılaştırıldığında %3.3 gibi bir oranda görülmektedir. İl genelinde yoğun tarımsal faaliyetlerin sürücülerde aşırı yorgunluk meydana getirdiği ve dolayısıyla hataları da beraberinde getirdiği düşünülmektedir.
- Bursa il sınırlarında en fazla kazalar İznik, İnegöl ve Karacabey ilçelerinde gerçekleşmiştir. Bu ilçelerdeki traktör varlığı, tarımsal üretim alanları ve çeşit büyüklüğü diğer ilçelerden fazla olduğundan beraberinde kazaları meydana getirebilmektedir.
- Traktör kazalarının en fazla çarpışma ve yoldan çıkma şeklinde gerçekleştiği görülmüştür. Kazalar en çok köy yolunda (%60) ve tek araçlı (%65) kaza şeklinde gerçekleşmiştir.

- Kazaya karışan traktörlerin yaşları artıka kaza oranı fazla olması gerekirken, tersine yaş aralığı en düşük traktörler (1-10 yaş arasında) kazalara karışmıştır. En fazla kaza yapan kişilerin yaş oranı incelendiğinde kaza yapanların %63'ü 45 yaş üstü kişiler olduğu görülmüştür. Kaza geçirenlerin %96'sı erkek ve %64'ün eğitim seviyesi ilk-orta düzeyindeki kişiler olduğu saptanmıştır.
- Traktörler ile ilgili en önemli sorun, kırsal kesimdeki eğitim yetersizliğidir. Ülke genelinin de altında seyreden kırsal kesim eğitim düzeyi, eğitimin kalitesi olarak da ortalamanın altında kalmakta ve bu bölgelere yeterli eğitim yatırımı yapılmamaktadır. Traktör sürücülüğu, özel bir eğitimi gerektirmekte fakat organizasyon eksikliği nedeniyle bu sorunun çözülmesi kısa vadede mümkün görülmemektedir. Sürücüler kazaların minimuma inmesi adına eğitim almaya özendirilmelidir. Sürücü kursları, traktör kullanımı, bakım-onarım, trafik kuralları ve gerekli temel ilk yardım bilgilerini öğretmektedir. Ancak bu eğitimler yetersiz kalmaktadır. Traktör firmaları, sivil toplum kuruluşları ve konuyla ilgili kuruluşlar bu süreci desteklemeli ve eğitimler düzenlemelidir.
- Traktör üreticileri ve satıcı firmalar bayi üzerinden yaptıkları müşteri satışlarını denetleyebilir, nihai kullanıcılara traktör iş kazaları önleme eğitimleri verip vermediği denetlenebilir, müşteri memnuniyeti anketleriyle ölçebilir.
- Traktörlerin periyodik bakımı ortalama 200-250 saat arasındadır. Bununla birlikte traktör kullanıcısı yürüyen aksam, bijon, rot soğutma ve yağlama sıvılarının seviyelerini günlük yapması gerekir.

Bu araştırmadaki traktör kazası sonuçları, Jandarma Genel Komutanlığı kaza tutanaklarından alınan verilerdir. Dolayısıyla kazaların insan yönünden detaylı incelemesi için, kaza yapan kişilerin yaşadığı sorunlarla ilgili birebir görüşmeler sağlanması, yaralanmalarda zarar gören organlar veya psikolojik sonuçlar vb. yönlerden daha ayrıntılı araştırmalar yapılması kazaların önlenmesi için önerilmektedir.

## KAYNAKÇA

- Akbolat, D., Evren, N., Yılmaz, Ş. (2007). Isparta il sınırları içinde 1995-2003 yılları arasında meydana gelen traktör ve tarım iş makineleri kazalarının değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2 (1), 7-14.
- Alçayır, A. (2018). *Konya İli Çumra İlçesi Tarım İşletmelerinde Meydana Gelen Traktör ve Tarım Makineleri Kaynaklı İş Kazalarının Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Anonim, (2024). Bursa İli Genel Bilgiler (ktb.gov.tr)
- Bülbül, H. (2006). *Ankara'nın Bazı İlçelerinde Tarım Alet ve Makineleri ile Çalışmada Gerçekleşen İş Kazalarının İncelenmesi Üzerine Bir Araştırma*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri Anabilim Dalı, Ankara.
- Gölbaşı, M. (2002). *Tarım Alet-Makine ve Traktörlerin Kullanımından Kaynaklanan İş Kazaları Nedenlerinin ve Tahmini Kaza Maliyetleri İndeksinin Belirlenmesi*. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Basılmamış, Doktora Tezi, Ankara.
- Güven, R. (2012). İş sağlığı ve güvenlik kanun tasarısı ve tarım çalışanları. *Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Türk Tarım Orman Dergisi*, 205, 66-67. <http://www.turktarim.gov.tr/EDergi/205/mobile/index.html#68>
- Jekayinfa, S.O., Ojediran, J. O., Adebiyi, K. A., Ol, F.A., Adeniran, A. D. (2009). Appraisal of farm tractor accidents occurrence and prevention in Nigeria. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 18(4), 451–460.
- Öz, E. (2005). Ege Bölgesinde meydana gelen traktör kazalarının tarımsal iş güvenliği açısından değerlendirilmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42(2), 191-202.
- Öztürk, İ. (2008). *Tokat İl Sınırları İçerisinde Tarım Makinaları Kazaları ve İş Güvenliği Üzerinde Bir Araştırma*, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa



Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Tokat.

- Perktaş, M.S. (2007). *Türkiye’de traktörlerin karıştığı trafik kazalarının değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trafik Planlaması ve Uygulaması Anabilim Dalı, Ankara, 75.
- Pinzke, S., Nilsson, K., Lundqvist, P. (2012). Tractor accidents in Swedish traffic. *Work*, 41 (Supplement 1), 5317-5323.
- TUİK (2024). Traktör sayısı, tarım ve orman bakanlığı. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111>
- Yıldırım, C., Altuntaş E. (2015). Tokat ilinde traktör ve tarım makinaları kullanımından kaynaklanan iş kazalarının iş güvenliği açısından değerlendirilmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(1), 77-90.
- Yurtlu, Y.B., Demiryürek, K., Bozoğlu, M., Ceyhan, V. (2012). Çiftçilerin tarım makineleri kullanımına ilişkin risk algıları. *Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 49(1), 93-101.
- Yücel, S. (2012). *Erzurum ilinde traktör ve alet-makine kullanımı sırasında oluşan kazalar ve sonuçları üzerine bir araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makineleri Ana Bilim Dalı, Erzurum, 66.

## BÖLÜM 10

### FARKLI NEM ARALIKLARINDAKİ TARIMSAL ÜRÜNLERİN NEM SEVİYESİNİ BELİRLEMEDE NEMÖLÇERLERİN DOĞRULUK DERESESİNİN BELİRLENMESİ

K. Meriç UĞURLUTEPE<sup>1\*</sup> Hüseyin SAUK<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye. meric.kalin@omu.edu.tr, ORCID No: 0000-0001-7184-3388

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye. hsauk@omu.edu.tr, ORCID No: 0000-0001-5622-6170



## 1. Giriş

Nem içeriği, bir tarımsal ürünün, depolama, işleme ve taşıma gibi tarımsal faaliyetlerde, fiziksel özelliklerine ve dayanımına etki eden en önemli faktörlerin başında gelmektedir (Kara, 2017). Tarımsal ürünlerdeki nem içeriğinin, depolama (Gonzales et. al., 2009) temizleme (Kanafojsk ve Karwowski, 1976), harmanlama (Arabhosseini 2017;), taşıma ve iletim (Mohsenin 1970, Malik ve Saini 2015), işleme, pazarlama ( Jones et al., 2022, Divate ve Sawant 2016), hasat, kalite ve satış fiyatı (Oluwaranti ve Ajayi 2008, Hossaşn ve ark., 2016 tarım makinaları tasarımı (Mohsenin, 1970; Divate ve Sawant, 2018; Alsharifi, 2018; Touchie ve ark., 2019; Armstrong ve Weiting, 2008) makinalarının çalışma performansını ve kalitesini önemli ölçüde etkilediği yapılan çalışmalarla belirlenmiştir. Özellikle tahıllarda nemin az ya da çok olması üründe kalite ve mali kayıpları beraberinde getirmektedir (Tomaraei, 2010). Mısırın nem içeriğinde ki artışın birim ağırlık başına besin içeriğini azalttığı rapor edilmiştir (Saul, 1967). Ayrıca nem içeriğindeki artış depolama süresini kısaltmaktadır (Hurburg et. al., 1985). Öte yandan nem içeriği tarım makinaları tasarımı ve kullanımında da etkili önemli bir parametredir. Najim (2000), mısırın harmanlama işleminde düşük nem ve makine devir sayılarında en az kayıp yaşandığını bildirmiştir. Yapılan bir başka çalışmada ise mısırın nem içeriğinin fazla olması durumunda, harmanlama işlemini çok zorlaştıran plastiklik aşamasına girdiğini bu nedenle, harman işleminin tamamlanması için fazla zaman gerektirdiği ve makine veriminin düştüğü belirtilmektedir (Balasubramanian et al., 2011). Mısırın en az kayıp ve en yüksek makine veriminde harmanlanması için nem içeriğinin düşük olması gerektiği yapılan çalışmalarla bildirilmiştir (Aremu et al., 2015; Humburg, 2016). Ürünün nem içeriğinde ki değişimin makinenin çalışma performansını etkilediği, nem miktarının artması ile enerji tüketiminin artmasıyla makine verimini düşürdüğü bildirilmiştir (Al Saadi ve Al Ayoubi, 2012; Abukhair et al.,2015). Farklı tip iki harman makinasının farklı ürün nemlerinde performansını belirleme amacıyla yapılan bir çalışmada (%15-17-19 w.b.) en düşük nem seviyesinde en yüksek makine verimine ulaşıldığı belirtilmiştir. Nem içeriğindeki artışın enerji tüketimini arttırdığı belirtilmiştir (Alsharifi, 2018). Nem içeriğinin öğütme kalitesi üzerine etkisini belirleme amacıyla yapılan bir çalışmada, pirinç tanelerinin nem seviyelerindeki azalmayla tane kırılmasının da azaldığı tespit edilmiştir (Jia et. al., 2005). Bir

başka çalışmada ise pirinç tanelerinin nem seviyesindeki artış, temizleme ve kavuz soyma işlerinin kalitesini düşürdüğü ve tane kırılma oranını arttırdığı bildirilmiştir (Alsharifi et. al., 2017). Kanafojsk ve Karwowski (1976), temizleme makineleri tasarımında, ürünün ne içeriğinde ki artışın makinenin temizleme performansını önemli ölçüde azalttığını bu duruma sebep olan faktörün ise materyalin sürtünme katsayısının artması olarak açıklamaktadır. Sürtünme katsayısının artması yığın halindeki ürünün gevşemesini azaltarak eleklerden geçmesini zorlaştırmaktadır. Zhang ve diğ. (2022), tarafından yapılan çalışmada hasat edilen çeltiklerin yabancı materyalden temizlenmesinde nem seviyesinin önemli olduğu, nem seviyesi arttıkça temizleme makinasının performansının düştüğü bildirilmiştir.

Mısır dünyada yetiştiriciliği yapılan en yaygın tarımsal ürünlerin başında gelir. Başlıca hayvan yemi olarak kullanılan mısırın 2023 yılı üretim verileri 8,5 milyon ton ile rekor seviyede olmuştur. Üretilen mısırın yaklaşık %83'ü hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Dünyada üretimde lider konumda olduğumuz fındık yaklaşık 650 bin ton, verimde lider konumda olduğumuz soya ise yaklaşık 137,5 bin ton üretilmiştir (TÜİK,2023). Mısır ve soya ağırlıklı olarak hayvan yemi olarak kullanılması, ihracat gelirlerinin yaklaşık 2 milyar dolar seviyesinde olan fındığın ülke ekonomisine katkısı düşünüldüğünde ekonomik değeri yüksek olan önemli tarım ürünlerindedir. Dolayısıyla bu ürünlerin, hasat, hasat sonrası işlemler, depolama ve pazarlama gibi üretim aşamalarında önemli kalite ve fiyat göstergesi olarak göz önünde bulundurulmuş nem içeriğinin doğru ve hızlı bir şekilde belirlenmesi önemlidir (Jones ve Shengand, 2022). Mısır özelinde değerlendirildiğinde, tane mısırın nem içeriğinin artmasının alım satım esnasında fiyatlandırma da etkili olduğu bildirilmiştir (Tomaraei, 2010). Tarımsal ürünlerin nem içeriğinin belirlenmesinde birçok farklı yöntem olmakla birlikte bu yöntemler genel olarak, doğrudan ve dolaylı yöntemler olmak üzere iki grupta toplanmaktadır. Ürün içerisindeki suyun buharlaştırılarak nemin belirlenmesi bilinen etanol ve yaygın yöntem olan fırın yöntemidir (Acun ve Gürsoy, 2024). Bu yöntemde ürün ağırlığı tartılarak fırına konular ve sabit ağırlığa gelene dek kuruması beklenir. ASAE S352 standartlarında her ürün için farklı kurutma derece ve sürelerin ürün nemi belirlemede en iyi uyumu sağlayacak şekilde seçildiği bildirilmiştir (Ahmed et. al., 2015). Dolaylı nem ölçüm yöntemlerinde yaygın olarak kullanılan method elektrik ve dielektrik özelliklerin kullanılmasıdır

(kaynak). Ancak bu yöntemleri kullanarak ölçüm yapan mobil cihazların, ürün neminin çok yüksek (%25'in üzeri) olması halinde doğruluk ve hassasiyetinin önemli ölçüde azalabileceği çalışmalarla bildirilmiştir (Hanli, 2020). Çünkü ürünün nem içeriğinin artması, yüksek termal iletkenlik ve düşük elektrik direncine sebep olur elektrik direncinde ki bu düşüş, nemölçerlerin çalışma performansını etkilemektedir (ASAE, URL-1). Bu duruma ek olarak ürün tipi, şekli, sıcaklığı, nem içeriği ve elektrik iletkenliği gibi özelliklerin nemölçer cihazların çalışma performansını etkilediği tespit edilmiştir (Nelson, 2001; Jones ve Shengand, 2022).

Aynı zamanda arazi koşullarında yapılan akademik çalışmalarda, ürün nemi çalışma esnasında bilinmesi gereken durumlar olmaktadır. Bu gibi durumlarda standart fırın yöntemi güvenilir olarak kullanılmasına karşılık sabit bir yer istemesi, uzun çalışma saatlerinde sonuç vermesi ve içerisindeki ürünün tekrar kullanılmamasıyla dezavantaj oluşturmaktadır. Bu sebeplerle ürün nemini belirlemede, taşınabilir nemölçer cihazlar geliştirilmiştir. Bu cihazlar ürünü ezerek, bütün olarak ya da kızıl ötesi ışınlar yardımıyla çalışmaktadır. Ürünü ezerek ya da tane halinde ölçüm yapan cihazlar ürüne mikroelektrik akımları göndererek içerisindeki su miktarını belirlemede ve görece ucuz olması sebebiyle sahada ve ürün ofislerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Öte yandan bu cihazların doğruluk ve hassasiyetlerinin belirlenmesi elzemdir. Bu amaç doğrultusunda, bu çalışmada, mobil nemölçer cihazın doğruluk derecesi referans fırın yöntemi kullanılarak test edilmiştir.

## **2. MATERYAL VE METOT**

### **2.1. Materyal**

Çalışma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları bölümü laboratuvarlarında yapılmıştır. Çalışmada, Çakıldak cinsi tane ve iç fındık, Arısoy çeşidi soya ve Cin Mısır çeşidi mısır olmak üzere 3 farklı taneli ürün kullanılmıştır. Ürünler 2023 Ağustos ayında Samsun İli Terme İlçesindeki yerel bir üreticiden temin edilmiştir.

Ürünlerin nem içeriğini belirlemek amacıyla bölüm envanterinde bulunan Nüve FN500 marka etüv ve ürünün kapasitans ve iletkenlik özelliklerine göre ölçüm yapan piyasada MiniGac olarak bilinen ve yaygın olarak kullanılan mobil nemölçer kullanılmıştır.

## 2.2. Metot

### *Nem seviyesi belirlenmesi*

Çalışmada, tarımsal ürünlerin depo nemi ve hasat esnasındaki nem seviyeleri alt ve üst sınır kabul edilerek üç farklı nem seviyesi seçilmiştir. Ürünlerin mevcut nem seviyeleri ASAE S352.2 standartlarında belirtilen kurallara göre, 15 gramlık 3 örnek ürün 104°C sıcaklıkta sabit ağırlığa gelene dek kurutulmuştur (URL-3). Farklı nem seviyeleri elde etmek için soya ve mısır ağzı kilitli hava almaz su dolu poşetlere konularak 2 saatte bir karıştırılmış her kısmın su alması sağlanmıştır. Ürünlere verilecek su miktarı aşağıdaki eşitlik yardımı ile belirlenmiştir (Kara, 2017);

$$G_{su} = \frac{G_{ürün}(M_{istenen} - M_{mevcut})}{100 - M_{istenen}} * 100$$

Burada;

$G_{su}$ : Ürüne ilave edilecek su miktarı, g

$G_{ürün}$ : Ürünün ağırlığı, g

$M_{istenen}$ : Ürünün istenen nem içeriği, %

$M_{mevcut}$ : Ürünün mevcut nem içeriği, %

Ürünler 10 saatlik suda bekleme süresi sonunda hasat esnasındaki nem seviyelerine ulaşmıştır. Tane fındık ise tek tek iğne ile delinerek basınçlı kaptaki su alması sağlanmıştır (Beyhan, 1992). Tane fındıklar iki buçuk saatlik kaynama neticesinde hasat esnasındaki nem seviyesine ulaşmıştır. Islatılan ürünler etüve arke 103°'de sabit ağırlığa gelene dek kurutulmuştur. Kurutma sonrası ürünlerin nem içerikleri aşağıdaki eşitlik yardımı ile belirlenmiştir (Ayık, 1985);

$$M_w = \left( \frac{W_1 - W_2}{W_1} \right) * 100$$

Burada;

$M_w$ : Nem içeriği, % (w.b)

$W_1$ : Ürünün ilk ağırlığı, g

$W_2$ : Kurutma sonrası ağırlık, g

Ürünlerin nem seviyeleri Tablo 2.1'de gösterilmiştir.

**Tablo 2.1.** Denemede kullanılan tarımsal ürünlerin nem seviyesi aralıkları, %, w.b.

Mısır	Soya	Fındık
12.41 - 13.5	7.05 – 9.9	6.75 – 9.82
22.5 – 27.8	11.3 – 14.1	26.6 – 29.14
30.73 – 33.6	15.75 – 19.2	31.72 – 33.47

### *Nem ölçümü*

Denemeler tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Mobil Nemölçer her ölçüm öncesi kalibre edilmiştir. Mobil nemölçerin doğruluk derecesinin belirlenmesi için bir indeks geliştirilmiştir. buna göre cihazın ölçtüğü nem seviyesi etüve arken elde edilen nem seviyesine oranlanarak doğruluk derecesi saptanmıştır (Genceli,2016).

### *Verilerin değerlendirilmesi ve istatistiki analiz*

Elde edilen veriler MİNİTAB 22 versiyonu kullanılarak, mobil nemölçer ve etüv arasında ortalamalar arasındaki fark T testi ile çeşitler ve nem seviyesine göre ortalamalar arası fark ise ANOVA (Tukey) analizi ile belirlenmiştir.

## **3. BULGULAR ve TARTIŞMA**

Mobil nemölçer ve etüv kullanılarak, üç farklı nem seviyesindeki üç farklı tarımsal ürünün (mısır soya, iç fındık) nem seviyelerinin belirlemede elde edilen verilerin iki örnek T Testi analiz sonuçları Tablo 3.1’de verilmiştir. Mısır ve soya için tüm nem seviyelerinde mobil nemölçer ile ölçüm yapılabilmiş ancak kabuklu fındık için ölçüm alınamamıştır. Bu sebeple fındıkların kabukları kırılarak iç fındık olarak ölçüm alınmıştır. Bu duruma sebep olan faktörün fındık kabuğunun dielektrik sabitesinin ölçüm alacak seviyelerde olmadığı düşünülebilir. Tablo 3.1 incelendiğinde, nem seviyesi belirleme yöntemi olarak kullanılan mobil nemölçer ve kontrol olarak kullanılan etüvün T testi sonuçlarına göre ortalamalar arasında 18.8’lik bir fark olmakla birlikte bu fark istatistiki açıdan önemli ( $P < 0.05$ ) bulunmamıştır.

**Tablo 3.1.** Mobil nemölçer ve etüv ortalamalar arası iki örnek T Testi analiz sonuçları

Örnek	Ortalama	Standart ortalama	Standart hata	Fark	T Değeri	P değeri
Etüv	29	17,4	3,4	18,8	1,54	0,134
Nemölçer	47,8	60,9	12			



Kullanılan ürünlerin ortalamaları arasında fark durumunu belirlemek için Anova (Tukey) testi uygulanmış elde edilen sonuçlar Tablo 3.2’de gösterilmiştir. Buna göre mobil nemölçerde yapılan çalışmada, ürün ortalamaları arasında istatistiki olarak anlamlı ( $P < 0.05$ ) bir fark ortaya çıkmıştır. Mısır ve fındık arasında ortalamalar bakımından fark bulunmazken soya da anlamlı bir fark ortaya çıkmıştır. Bu farkın temel sebebi ürünlerin biyolojik ve elektriksel özelliklerinin farklı olması düşünülmektedir. Öte yandan etüve arke yapılan çalışmada çeşitler bakımından ortalamalar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Etüvün çalışma prensibinin çeşitten bağımsız olduğu söylenebilir. Mobil nemölçerle yapılan nem seviyesi çalışmasına göre nem seviyelerinin tamamında anlamlı bir fark belirlenmiştir.

**Tablo 3.3.** Mobil nemölçer için ürünler ve nem seviyeleri arası ortalama Anova (Tukey) analiz sonuçları

	DF	Kareler toplamı	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-değeri	P-değeri
Ürün	2	46191	47,90%	46191	23095	11,03	0,000
Hata	24	50243	52,10%	50243	2093		
Toplam	26	96434	100,00%				

Ürün	Ortalama	Standart hata	95% CI
Mısır	23,01	8,26	(-8,47; 54,49)
Fındık	14,31	9,61	(-17,17; 45,79)
Soya	106,1	78,2	(74,6; 137,6)

Nem İçeriği	Ortalama	Grup
Soya	82,7	A
Fındık	51,1	A
Mısır	9,63	B

Ürün Çeşidi	Ortalama	Grup
Soya	106,1	A
Mısır	23,01	B
Fındık	14,31	B

Tablo 3.2 incelendiğinde, mobil nemölçerle yapılan ölçümlerde nem içeriği ve ürünlere göre ortalamalar bakımından istatistiki olarak ( $P<0,05$ ) önemli bir fark ortaya çıkmıştır. Ürün ortalamaları ve standart sapmaları incelendiğinde en yüksek standart sapma soyada elde edilmiştir. Soyada nem içeriğinin artması standart sapma da artma meydana getirmiştir. Bu duruma sebep olarak soyada nem seviyesinin artması dielektrik sabitesinin artmasına (Nelson, 1985) neden olur bu durumda nemölçerin çalışma performansını önemli ölçüde düşürdüğü söylenebilir.

**Tablo 3.4.** Mobil nemölçer için ürünler ve nem seviyeleri arası ortalama Anova (Tukey) analiz sonuçları

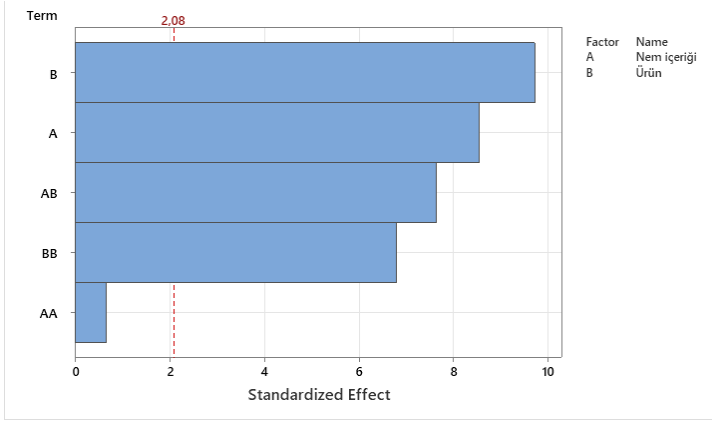
	<b>Kareler</b>						
	<b>DF</b>	<b>toplamı</b>	<b>Contribution</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F-değeri</b>	<b>P- değeri</b>
Ürün	2	1091	13,83%	1091	545,7	1,93	0,168
Error	24	6800	86,17%	6800	283,3		
Total	26	7892	100,00%				

<b>Ürün Çeşidi</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Grup</b>
Soya	37,99	A
Fındık	25,11	A
Mısır	23,97	A

<b>Nem İçeriği</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Grup</b>
Soya	40,07	A
Fındık	38,85	A
Mısır	8,15	B

Tablo 3.4 incelendiğinde, etüv ile yapılan ölçümlerde nem içeriği ve ürünlere göre ortalamalar bakımından istatistiki olarak ( $P<0,05$ ) önemli bir fark ortaya çıkmıştır. Etüve arke ürüne bağlı olarak ortalamalar arasında fark olmazken nem içeriğine bağlı fark tespit edilmiştir.

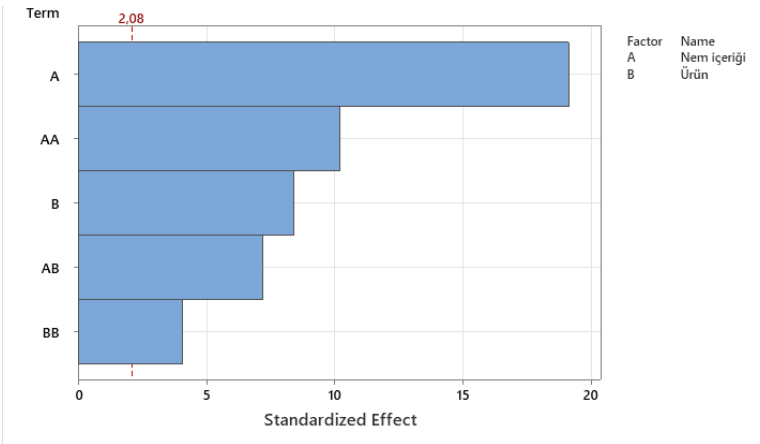
Etüv ve mobil nemölçer cihazından elde edilen sonuçlarda faktörlerin etki derecelerini belirlemek amacıyla mobil nemölçer programı kullanılarak pareto grafikleri oluşturulmuş ve regresyon analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 3.1 (nemölçer) ve 3.2'de (etüv) verilmiştir.



$$Etiv = -17,09 + 60,24 x A - 31,17 x B - 14,74 x A^2 + 5,87 x B^2 + 7,35 x A x B, R^2 = \%96,66$$

**Şekil 3.1.** Nem seviyesi ve ürünün nemölçer çalışma prensibine faktörel etkileri

Şekil 3.1 incelendiğinde, nemölçerin çalışma prensibinde etkili faktörlerin nem seviyesi ve ürün olduğu görülürken Şekil 3.2 incelendiğinde etivün çalışma prensibinde en etkili faktörün nem seviyesi olduğu ortaya çıkmaktadır. Burada nemölçer için ürünün de faktör olarak etki seviyesinin yüksek olmasının sebebi çalışma prensibinden kaynaklandığı düşünülebilir. Ürünlerin dielektrik sabitesi üzerinden ölçüm yapan nemölçerin, her ürünün farklı nemlerde farklı elektrik sabitesinin olması cihazın ürüne bağlılığını ortaya çıkarmaktadır (Grain, 1980).

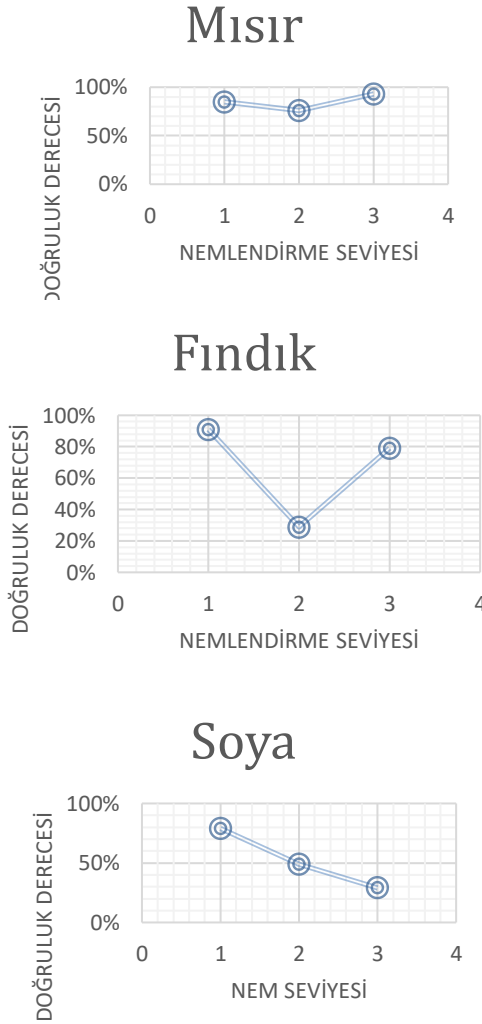


$$Nemölçer = 202,6 - 23,8 x A - 239,3 x B + 50,23 x B^2 + 39,96 x A x B$$

$$R^2 = 92,83$$

**Şekil 3.2.** Ürün çeşidi ve nem seviyesinin mobil etüv çalışmasına etkisi ve regresyon analizleri sonucu elde edilen  $R^2$  değeri ve eşitliği

Nemölçer cihazının doğruluk derecesini ifade eden grafikler Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



**Şekil 3.3.** Mobil nemölçer cihazının etüve arken elde edilen sonuçlara kıyasla doğru derecesinin değişimi

Şekil 3.2 incelendiğinde, mısırdaki depo ve hasat nem seviyelerinde cihazın doğruluk derecesi yaklaşık %85-95 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar Acun ve Gürsoy (2024) tarafından yürütülen çalışma ile uyumlu bulunmuştur. Öte yandan soyanın artan nem içeriğiyle nemölçerin doğruluk derecesi belirgin olarak azalmıştır. Bu sonuçlar Fett ve ark., (2023) yürütülen çalışma sonuçları ile uyumlu bulunmuştur. Araştırmacılar birkaç farklı nemölçer cihazıyla yaptıkları çalışmalarında ürün içi ölçüm dalgalanmalarının en yüksek minigac cihazında elde edildiğini bildirmişlerdir. Literatürde fındık ile yapılan bir çalışma bulunamamıştır. Nemölçerin fındık ölçümlerinde doğruluk derecesi depo ve hasat nemlerinde yaklaşık %87 ve %80 olarak bulunmuştur.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Mısır, fındık ve soya için yürütülen denemelerde MiniGac ve Etüv sonuçları arasında ortalamalar bakımından anlamlı bir fark bulunmamıştır. MiniGac cihazının etüv cihazına kıyasla elde edilen doğruluk derecesi soya için nem seviyesi artıkça azalmıştır. Etüve en yakın nem seviyesi değerleri mısır bitkisinde elde edilmiştir. Kabuklu fındık ile yapılan denemelerde MiniGac cihazı ile ölçüm alamamıştır. Cihaz ürün çok ıslak olduğu zaman ölçüm yapamamaktadır. Cihaz kabuklu ürünler kullanıldığında kabuk kalınlığına bağlı olarak ölçüm yapamamaktadır. Cihazın güvenilirliği için farklı çeşitlerde denemeler yapılmalıdır. Cihazların güvenle kullanılabilmesi için doğruluk ve hassasiyet noktasında kalibre edilmesi gerekmektedir.

## KAYNAKÇA

- AbuKhair, M. M., Z. Abdul-Hussein, I. Mohamedhelmi, and K. A. D. Tariq. 2005. Entrance in Agricultural Engineering. College of Agriculture-Alexandria University. Egypt.
- Acun, Y., & Gürsoy, S. Tahıl Nem Ölçüm Cihazlarının Tane Mısırın Farklı Nem Ölçüm Aralıklarındaki Doğruluk ve Hassasiyetlerinin Araştırılması. *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(1), 45-54.
- Ahmed, U., M. Kumar, Salamdin, B.V.C. Mahajanand M.S. Alam. "Grain moisture measuring techniques - a review," *Agric. Eng. Today*, vol. 39. No. 2. pp. 13-18. 2015
- Al Saadi, F. T., and T. Al Ayoubi. 2012. Study some of the technical characteristics of the type of excessive and the impact feed speed and drying temperature and their impact on the nutritional value of maize crop. *Euphrates Journal of Agriculture Science*, 2(3): 70–76.
- Alsharifi, S. K. A. (2018). Affecting on threshing machine types, grain moisture content and cylinder speeds for maize, Cadiz variety. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 20(3).
- Alsharifi, S. K. A., Arabhosseini, A. K. B. A. R., Kianmeher, M. H., & Kermani, A. M. (2017). Effect of moisture content, clearance and machine type on some qualitative characteristics of rice (Tarm Hashemi) cultivar. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 23(2), 348-355.
- Aremu, D. O., I. O. Adewumi, and J. A. Ijadunola. 2015. Design, fabrication and performance evaluation of a motorized maize shelling machine. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 5(5): 154–164.
- Ayık, M. (1985). *Ürün İşleme Tekniği ve Makinaları*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Balasubramanian, S, R. Sharma, and S. R. V. Kumar. 2011. Effect of moisture content and feed rate on size reduction of pearl millet. *Journal of Food Science and Engineering*, 1(2): 93–99.
- Grain, D. P. (1980). Review of Factors Influencing the Dielectric Properties of Cereal Grains'. *Cereal Chem*, 58(6), 487-492.
- Hanlı. S. (2020). "Analog anahtarlama tabanlı kapasitif buğday nem sensörü," Y. L. Tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya.
- Humburg, D., 2016. Combine Adjustments to Reduce Harvest Losses. In *iGrow Corn: Best Management Practices*, ed. D. E. Clay, C. G. Carlson, S. A. Clay, and E. Byamukama, ch. 37, 1-8. Vermilion, South Dakota, USA: South Dakota State University.

- Hurburgh, C. R., Hazen, T. E., & Bern, C. J. (1985). Corn moisture measurement accuracy. *TRANSACTIONS of the ASAE*, 28(2), 634-0640.
- Jia, F. G., J. F. Nan and S. G. Bai, 2005. Designing of the countercurrent circuit moisture conditioner [J]. *Journal of Agricultural Mechanization Research*, (2): 113-116.
- Jones. S. B., W. Shengand D. Or. “Dielectric measurement of agricultural grain moisture—theory and applications,” *Sensors*,vol. 22, no. 2, 2022. Art no. 2083.
- Kanafojski, Cz. T. Karwowski, (1976). *Agricultural Machines, Theory and Construction Vol.2, Crop-Harvesting Machines*. Foreign Scientific Publications Department of the National Center for Scientific, Technical and Economic Information, 302-303, Warsaw, Poland.
- Kara, M. (2017). Biyolojik ürünlerin fiziksel özellikleri Tarımsal Ürün ve Gıdaları İçerir. Güven Bilimsel Yayınları, İstanbul, (327).
- Najim, A. N. 2000. The effect of nutrition levels and speed in fragments and crop moisture on factory productivity corn. M.S. thesis. Baghdad: University of Baghdad, machinery.
- Nelson, S. O. (1985). A model for estimating the dielectric constant of soybeans. *Transactions of the ASAE*, 28(6), 2047-2050.
- Nelson, S. O. (2001). “RF sensing of grain and seed moisture content,” *IEEE Sens. Journal*, vol. 1. no. 2. pp. 119-126. 2001.
- Saul, R. A. 1967. Rate of deterioration of shelled corn. *Iowa Farm Sci.* 22(1):20-23.
- Tomaraei, P. (2010). *Tahılda nem ölçümü için RF nem algılayıcısının geliştirilmesi* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- URL-1: <https://engineering.purdue.edu/~abe305/moisture/html/page6.htm> (Erişim tarihi: 12.06.2024, 16:03 pm).
- URL-2: <https://engineering.purdue.edu/~abe305/moisture/html/page8.htm> (Erişim tarihi: 12.06.2024, 16:10 pm).
- URL-3: <https://engineering.purdue.edu/~abe305/moisture/html/page12.htm> (Erişim tarihi: 12.06.2024, 16:23 pm).
- Zhang, T., Li, Y., Xu, L., Liu, Y., Ji, K., & Jiang, S. (2022). Experimental Study on Fluidization Behaviors of Wet Rice Threshed Materials with Hot Airflow. *Agriculture*, 12(5), 601.

## BÖLÜM 11

### AYÇİÇEĞİ ÜRETİMİNDE UYGULANAN AZOTLU GÜBRELEME YÖNTEMLERİNİN VERİM ÜZERİNE ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Doç. Dr. Cihangir SAĞLAM<sup>1</sup> Prof. Dr. Fulya TAN<sup>2\*</sup>

---

<sup>1</sup> Doç. Dr., Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ,-Türkiye csaglam@nku.edu.tr ORCID No: 0000-0001-8354-6540

<sup>2</sup> Prof. Dr., Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ,-Türkiye. ftan@nku.edu.tr, ORCID No: 0000-0002-0037-4251

\*Sorumlu yazar





## 1. GİRİŞ

Bitkisel üretimde gübreleme oldukça önemlidir. Ürün kalitesini iyileştirmekten verim artışına kadar etkilidir. Gübre formlarında besin maddelerinden azot ise canlıların en temel yaşam kaynağını oluşturmaktadır. Bu nedenle azotlu gübreleme bitkisel üretimde kaçınılmazdır.

Azotlu gübrelemede azot içeriklerine göre farklı formlarda gübreler bulunmaktadır. Piyasada bulunan azotlu gübre formlarının bazıları saf azot içerikleri ile Çizelge 1’de verilmiştir.

**Çizelge 1:** Piyasada bulunan azotlu gübreler ve saf azot içerikleri

Gübrenin adı	Formülü	Saf azot içeriği (%)
Amonyak	$NH_3$	82
Amonyum nitrat	$NH_4NO_3$	26-34
Amonyum sülfat	$(NH_4)_2SO_4$	21
Amonyum klorür	$NH_4Cl$	26
Üre	$(NH_2)_2CO$	46
Kalsiyum nitrat	$Ca(NO_3)_2$	15.5
Sodyum nitrat	$NaNO_3$	16
Kalsiyum siyanamid	$CaCN_2$	20.6
Diamonyum fosfat	DAP	18

Azot genellikle ekim öncesi kompoze gübreler ile toprak altına ve ekim sonrası üre, amonyum nitrat, amonyum sülfat gübre formları ile toprak üstüne atılarak uygulanmaktadır. Üre, %46 saf azot içeriği ile en çok tercih edilen azotlu gübre formu olmaktadır. Toprak üstüne atılan azotlu gübrelerin saf azot içerikleri düşük olması ve toprak üzerine atılması nedeni ile azotun etken kullanım oranı veya faydalanma oranında ciddi kayıplar meydana gelmektedir. Bu nedenle, bitkinin istediği saf azotu sağlayabilmek için birim alana daha fazla azotlu gübreleme yapmak gerekebilmektedir. Uygulamada toprağın istediği miktarların çok daha üzerinde gübre miktarlarının uygulandığı sıkça görülmektedir.

Genel bir kanı olarak yetiştiriciler tarafından bitkinin koyu yeşil renk olması azot içeriği bakımından yeterli durumda olması şeklinde

algılanabilmektedir. Bu durum, gübre miktarlarının çok yüksek oranda artışını gündeme getirmektedir (Sağlam ve Tan 2017).

Ayçiçeği üretim aşamasında ve maliyetinde önemli yere sahip olan gübreleme artan maliyetlerle gündün güne çiftçilerin farklı arayışlara girmelerine sebep olmaktadır. Bu gerekçe ile çiftçiler farklı tip azotlu gübreleri değişik kombinasyonlarla, değişik zamanlarda ve farklı tip uygulama yöntemleri ile üretimde kullanmakta ve uygun uygulama şekline ulaşmaya çalışmaktadırlar.

Bu amaçla ayçiçeği üretiminde, saf azotun uygun kullanım şekli, dozu ve zamanının, çiftçilerin uygulama şekilleri de dikkate alınarak, verim bazlı olarak belirlenmeye çalışılması bu çalışmanın temelini oluşturmaktadır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. MATERYAL

Çalışma Tekirdağ ili Hayrabolu ilçesinde çiftçi arazisinde yürütülmüştür. Tohumluk olarak PIONEER 113 Ayçiçeği tohumu kullanılmıştır. Uygulama alanı Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1: Uygulama alanı

#### 2.1.1. Azotlu Gübreler

- **ÜRE gübresi;** Azotlu gübreler içinde azot miktarı en yüksek olan, granül yapılı, beyaz renkli, suda kolay ve çok eriyen bir gübredir. Formülü  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ - %46 N (azot) şeklindedir (Anonim 1).
- **MICRO granül gübre;** Mikro granül gübreler başlangıç gübresi olarak kullanılmaktadır. Mikro granüllerin temel amacı, yüksek suda çözünür fosfor ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) içeriği ile bitkilerin erken dönemdeki fosfor

ihtiyacını karşılamak ve yetiştiriciliğin ilk dönemlerinde kök sisteminin en iyi şekilde gelişimine katkı sağlamaktır. Bünyesinde %11 azot ve %48 fosfor içermektedir.

- **20.20.0 gübresi;** Ülkemizde en yaygın kullanılan taban gübresidir. Azot ve fosforu eşit şekilde içerir. Bünyesinde %20 azot ve %20 fosfor içermektedir (Anonim 2).

### 1.1.2. Çift Diskli Gömücü Ayak

Azotlu gübrelerin toprak üzerine uygulanması ile toprağa verilen saf azot açısından kayıplara sebebiyet verilmektedir. Bu gerekçe ile ekim ile birlikte verilen azotlu gübreler dışında, ekim öncesi ve özellikle çapalama esnasında azot kaybını engellemek amacı ile çapalama ekipmanına (Şekil 2) adapte edilen çift diskli gübre gömücü ayak (Şekil 3) çalışmada çapalama ekipmanına uygulanarak birlikte kullanılmıştır.



Şekil 2: Çapalama Ekipmanı



Şekil 3: Çift diskli gömücü ayak

## 2.2. YÖNTEM

Çalışmada yöntemler belirlenirken çiftçi uygulamaları dikkate alınmış ve bu doğrultuda iki farklı saf azot uygulama dozu (5 kg/da – 8 kg/da), iki farklı uygulama zamanı (ekim ile birlikte- çapalama ile birlikte) ve 3 farklı azotlu gübre (üre – micro granül gübre – 20.20.0) olacak şekilde, farklı kombinasyonlarla belirlenen 6 farklı yöntem ve herhangi bir gübre uygulamasının yapılmadığı kontrol parseli ile birlikte 7 farklı şekilde uygulanmıştır (Şekil 4). Uygulanan yöntemlerin içerikleri aşağıda Çizelge 2’de verilmiştir.

**Çizelge 2:** Çalışmada Uygulanan Yöntemler

YÖN.	SAF AZOT	EKİM İLE BİRLİKTE	ÇAP. İLE BİRLİKTE
Y1	8 kg/da	25 kg/da 20X20	6.5 kg/da ÜRE
Y2	5 kg/da	25 kg/da 20X20	YOK
Y3	8 kg/da	3 kg/da MİCRO + 10 kg/da ÜRE	6.5 kg/da ÜRE
Y4	5 kg/da	3 kg/da MİCRO + 10 kg/da ÜRE	YOK
Y5	8 kg/da	YOK	11 kg/da ÜRE
Y6	5 kg/da	YOK	18 kg/da ÜRE
Y7	YOK	YOK	YOK



**Şekil 4:** Uygulama örnekleri

Ölçümler tesadüfi olarak her parselden 3 tekerrürlü olarak 2 m sıra üzerinden hasat edilen bitkilerden yapılmış, dekara verime dönüştürülmüş ve

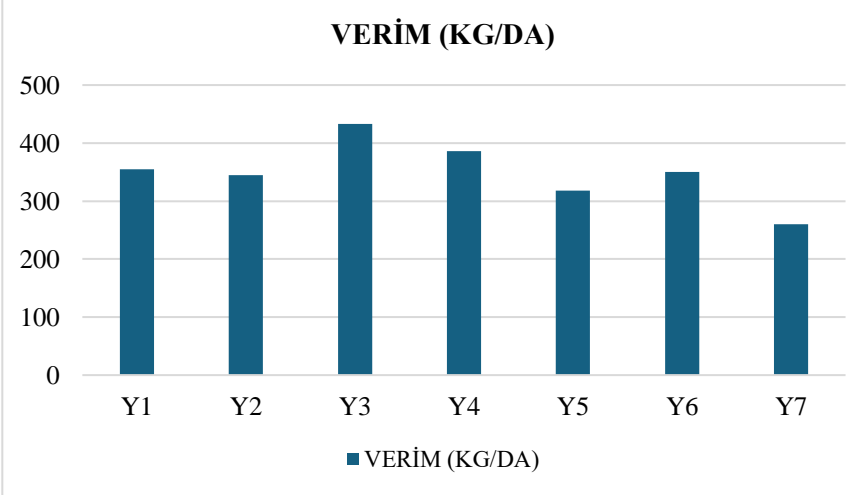
ortalamalar alınarak yöntemlere ait dekara verim değerleri belirlenmiştir (Zeren v.d., 1986, Eker, 1988).

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çiftçi uygulamaları değerlendirilerek belirlenen ve çiftçilerin özellikle yoğun olarak uyguladıkları saf azot miktarları göz önüne alınarak yapılan uygulamalar sonucunda elde edilen verim değerleri Çizelge 3'te, bu değerlere ait grafiksel dağılım ise Şekil 5'te verilmiştir.

**Çizelge 3:** Yöntemlere Ait Verim Değerleri

YÖN	SAF AZOT	EKİM İLE BİRLİKTE	ÇAP. İLE BİRLİKTE	VERİM (KG/DA)
Y1	8 kg/da	25 kg/da 20X20	6.5 kg/da ÜRE	355
Y2	5 kg/da	25 kg/da 20X20	YOK	345
Y3	8 kg/da	3 kg/da MİCRO + 10 kg/da ÜRE	6.5 kg/da ÜRE	433
Y4	5 kg/da	3 kg/da MİCRO + 10 kg/da ÜRE	YOK	386
Y5	8 kg/da	YOK	11 kg/da ÜRE	318
Y6	5 kg/da	YOK	18 kg/da ÜRE	350
Y7	YOK	YOK	YOK	260



**Şekil 5:** Verim Değerleri

Yöntemlere ait verim değerleri incelendiğinde, kontrol amaçlı oluşturulan Y7 yöntemi (hiç gübre uygulanmayan parsel) göz ardı edilerek değerlendirilirse, en yüksek verim değerine 433 kg/da ayçiçeği verimi ile ekim ile birlikte 3 kg/da Micro gübre + 10 kg/da Üre ve çapalama ile birlikte 6.5 kg/da Üre uygulanan Y3 yönteminde elde edildiği, en düşük verim değerine ise 318 kg/da ayçiçeği verimi ile ekim ile birlikte gübre uygulanmayan ve çapalama ile birlikte 11 kg/da Üre uygulanan Y5 yönteminde ulaşıldığı görülmüştür.

Elde edilen bu verim değerleri incelendiğinde, azotlu gübrelerin iki farklı zamanda, özellikle bitkinin ilk gelişim devresinde faydalanabilmesi için ekim ile birlikte bir kısmının verilmesinin bitki gelişimine, dolayısı ile de verim üzerine olumlu etkileri olduğu gözlemlenmiştir. Yine bitki gelişiminde önemli yeri olan azotun 8 kg/da olarak ancak iki seferde verilmesinin verimi olumlu etkilediği belirlenmiştir.

Diğer taraftan tüm uygulamalarda kullanılan diskli ayaklarla gübrenin toprak altına verilmesinin olumlu sonuçlar yarattığı düşünülmektedir.

#### **4. SONUÇ VE ÖNERİLER**

Sonuç olarak verim değerleri incelendiğinde bitkinin yetiştirilme sürecinde 8 kg/da saf azot dozunun verim açısından daha yararlı olduğu ve bu azot miktarının ise bir seferde değil de, ekimde ve çapalamada iki seferde ve toprak altına olacak şekilde tarlaya verilmesinin bitki verimliliği açısından öne çıktığı söylenebilir.

Diğer taraftan ekim ile birlikte kullanılan micro gübrelerin verimi olumlu etkilediği de çalışma sonucunda ortaya çıkan verim değerlerine bakarak söylenebilir ve verilecek saf azotun bir kısmının ekim ile birlikte micro gübreler ile verilmesi önerilebilir.

## KAYNAKÇA

- Anonim 1. <https://www.toros.com.tr/tr/gubre-faaliyetleri/urunler/bitki-besleme/mikro-granul-gubreler>
- Anonim 2. <https://www.gubretas.com.tr/tr/urun/2020.0>
- Eker B., (1988). *Ayçiçeği Tarımında Kullanılan Pnömatik Ekim Makinaları Baskı Tekerleklerinin Toprak ve Bitkinin Özelliklerine Etkilerinin Araştırılması*. Tarımsal Mekanizasyon 11. Ulusal Kongresi, 10-12 Ekim, ERZURUM
- Sağlam C., Tan F. (2017). The Effects of Anhydrous Ammonia on Leaf Nitrogen and Leaf Color in Wheat. *Journal of scientific and Engineering Research*, 4(11):62-67.
- Zeren Y., A. Işık, Y. Karaman, (1986). *İkinci Ürün Soyanın Ekim ve Harmanlanmasına Yönelik Bazı Özellikleri Üzerine Araştırmalar*. Türkiye Zirai Donatım Kurumu Mesleki Yayınları, Yayın No:43, ANKARA.





## BÖLÜM 12

### MISIR TARIMINDA SUSUZ AMONYAK UYGULAMASININ GELENEKSEL AZOTLU GÜBRE UYGULAMASI İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Prof. Dr. Fulya TAN<sup>1\*</sup> Doç. Dr. Cihangir SAĞLAM<sup>2</sup>  
Arş. Gör. Dr. Ersen OKUR<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Prof. Dr., Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ,- Türkiye. ftan@nku.edu.tr, ORCID No: 0000-0002-0037-4251

\*Sorumlu yazar

<sup>2</sup> Doç. Dr., Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ,- Türkiye csaglam@nku.edu.tr ORCID No: 0000-0001-8354-6540

\*Sorumlu yazar

<sup>3</sup> Dr. Araş. Gör., Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ,- Türkiye eokur@nku.edu.tr ORCID No: 0000-0003-1933-7642

\*Sorumlu yazar



## 1. GİRİŞ

Bitkisel üretimde gübreleme oldukça önemlidir. Ürün kalitesini iyileştirmekten verim artışına kadar etkilidir. Gübre formlarında besin maddelerinden azot ise canlıların en temel yaşam kaynağını oluşturmaktadır. Bu nedenle azotlu gübreleme bitkisel üretimde kaçınılmazdır.

Azotlu gübrelemede azot içeriklerine göre farklı formlarda gübreler bulunmaktadır. Piyasada bulunan azotlu gübre formlarının bazıları saf azot içerikleri ile Çizelge 1’de verilmiştir.

**Çizelge 1:** Piyasada bulunan azotlu gübreler ve saf azot içerikleri

Gübrenin adı	Formülü	Saf azot içeriği (%)
Amonyak	$\text{NH}_3$	82
Amonyum nitrat	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	26-34
Amonyum sülfat	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	21
Amonyum klorür	$\text{NH}_4\text{Cl}$	26
Üre	$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$	46
Kalsiyum nitrat	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	15.5
Sodyum nitrat	$\text{NaNO}_3$	16
Kalsiyum siyanamid	$\text{CaCN}_2$	20.6
Diamonyum fosfat	DAP	18
Kalsiyum amonyum nitrat	CAN	26

Azot genellikle ekim öncesi kompoze gübreler ile toprak altına ve ekim sonrası üre, amonyum nitrat, amonyum sülfat gübre formları ile toprak üstüne atılarak uygulanmaktadır. Üre, %46 saf azot içeriği ile en çok tercih edilen azotlu gübre formu olmaktadır. Toprak üstüne atılan azotlu gübrelerin saf azot içerikleri düşük olması ve toprak üzerine atılması nedeni ile azotun etken kullanım oranı veya faydalanma oranında ciddi kayıplar meydana gelmektedir. Bu nedenle, bitkinin istediği saf azotu yakalayabilmek için birim alana daha fazla azotlu gübreleme yapmak gerekebilmektedir. Uygulamada toprağın istediği miktarların çok daha üzerinde gübre miktarlarının uygulandığı sıkça görülebilmektedir.

Genel bir kanı olarak yetiştiriciler tarafından bitkinin koyu yeşil renk olması azot içeriği bakımından yeterli durumda olması şeklinde

algılanabilmektedir. Bu durum, gübre miktarlarının çok yüksek oranda artışını gündeme getirmektedir (Sağlam ve Tan 2017). Saf azot içeriği bakımından en yüksek azotlu gübre susuz amonyaktır. Gelişmiş ülkelerde Amerika ve Kanada da hububat tarımında özellikle mısır yetiştiriciliğinde tercih edilerek kullanılan bir azotlu gübredir (Terry ve Kirby 2006). Susuz amonyak, saf azot içeriği %82 ile tarımda kullanılan azotlu gübreler içerisinde en yüksek düzeyde azot içeriğine sahip olan materyaldir. Ülkemizde ve birçok ülkede kullanımının yaygın olmamasının temel nedenlerinden biri; susuz amonyağın kimyasal özelliklerinden ve ekipman eksikliklerinden kaynaklanmaktadır. Kimyasal madde sınıfında bulunan susuz amonyak ( $NH_3$ ), keskin kokulu renksiz bir gazdır. Her ne kadar kimyasal madde sınıfında yer alsın da kullanım alanları içerisinde tarımda ve açık hava koşullarında kullanımı, gerekli alet ve ekipman kullanımı ile en güvenli alanlardan birisidir. Basınç altında sıvı formda bulunan susuz amonyak dayanımı yüksek malzemelerden yapılmış özel formdaki araç ve ekipman kullanımını gerektirmektedir. Atmosferik hava koşullarında ise gaz formuna dönüşmektedir. Bu nedenle gerek depolama gerek uygulama aşamasında basınçlı tanklara ve özel donanıma gereksinim duymaktadır (Hanna ve ark. 2005). Birçok durumda ekipman yetersizliği nedeniyle amonyağın direk gübre olarak kullanımı mümkün olmadığı için sadece hammadde konumunda ve azot içeriği daha düşük diğer gübre formlarına dönüştürülerek kullanılmaktadır.

Tarım sektöründe en önemli girdiyi oluşturan gübrede günden güne fiyatlardaki artış, gübreleme maliyetini ana konu yapmıştır. Tarımda kullanılan azotlu gübreler içerisinde, 1 kg saf azotun fiyatları önemli konuma gelmiştir. Ayrıca kur fiyatlarında yaşanan düzensizlikler, fiyatların net olmasını da engellemektedir. Ancak, gelişmiş ülkelerde özellikle mısır gibi hububat tarımında hızla kullanımı artan susuz amonyağın, yüksek oranda saf azot içermesi ve sadece bir kez kullanılması gibi avantajlı nedenler susuz amonyağı diğer azotlu gübreler içerisinde öne çıkarmaktadır. Ancak susuz amonyağın uygulamaya yönelik ekipman ve mekanizasyon sistemleri özel bir donanım ve uygulama bilgisi gerektirmektedir.

Bu çalışmada dünyada gelişmiş ülkelerde mısır tarımında susuz amonyak kullanımı hızla artarken, ülkemiz koşulları için susuz amonyak uygulamasının incelenmesi, avantajlarının değerlendirilmesi ve geleneksel

yöntemlerde çiftçilerimiz tarafından uygulanan azotlu gübreler ile karşılaştırılması amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada kullanılan ana materyal susuz amonyak ve susuz amonyak uygulama ekipmanı olmuştur. Susuz amonyak alımı yapılarak ADR ehliyetli taşıyıcılar tarafından uygulama ekipmanı deposuna aktarılmıştır. Deneme alanı toprak yapısı 0-20 cm derinlikten alınan örneklere göre; kumlu-killi yapıda, pH'ı 7.81, organik madde oranı %0.94, toplam azot %0.13 sahiptir.

### a. Susuz Amonyak

Susuz amonyak (Anhydrous ammonia) ( $\text{NH}_3$ ), yüksek oranda saf azot içeriği nedeni ile gübrelerin hammaddesi konumunda kimyasal bir maddedir. Havadan daha hafif, renksiz ve gaz formunda keskin bir kokuya sahiptir. Basınçlı ortamda sıvı formda iken hava ile temas halinde gaz formuna dönüşmektedir. Susuz amonyağın fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

**Çizelge 2:** Susuz amonyağın fiziksel ve kimyasal özellikleri

Kimyasal formülü	Birim	$\text{NH}_3$
Fiziksel formu	-	Gaz (Basınç altında sıvı)
Renk	-	Renksiz
Molekül ağırlığı	g/mol	17.031
Gaz yoğunluğu	kg/m <sup>3</sup>	0.73
Sıvı yoğunluğu (-33.3 °C)	kg/m <sup>3</sup>	681.9
Amonyak saflık değeri	%	99.9

### b. Susuz Amonyak Uygulama Ekipmanı

Susuz amonyak uygulamasında tarafımızca geliştirilen ve prototipi (TAGEM/13/Ar-Ge/45) üretilen susuz amonyak uygulama ekipmanı kullanılmıştır. Uygulama bıçak tip ayak yapısına sahip ayaklar ile 15-20 cm derinliğinde toprak altına 50 cm ayaklar arası mesafe ile yapılmıştır. Uygulama tankının basıncı 10 bar hacmi 500 m<sup>3</sup>, depolama tankı basıncı 10 bar hacmi ise 3000 m<sup>3</sup> tür (Tan ve ark. 2016). Şekil 1'de susuz amonyak uygulama ekipmanı ve ayaklardan gaz formunda çıkışın görünümüne ilişkin çalışma sürecinden resimler verilmiştir.



a

b

Şekil 1: a. Susuz amonyak uygulama ekipmanı; b. Bıçak tip ayak (Tan, )

### i. Denemede Oluşturulan Yöntemler

Denemede. iki yöntem oluşturulmuştur.

- **Yöntem 1 (Y1)** : Geleneksel azotlu gübre uygulama yöntemi; (Yetiştirici tarafından uygulanan müdahale edilmeyen, kayıt altına alınan azotlu gübreleme yöntemi)

Çiftçi tarafından Y1’de 10 kg/da üre, 20 kg/da üre, 20 kg/da üre, 20 kg/da üre olmak üzere toplam 70 kg azotlu gübreleme uygulandı.

- **Yöntem 2 (Y2):** Susuz amonyak uygulama yöntemidir.

Y2’de azotlu gübreleme olarak 22 kg/da susuz amonyak uygulanmıştır.

Ele alınan yöntemler; uygulama sayıları, uygulama miktarları ve maliyet analizleri bakımından değerlendirilmiştir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada, mısır tarımında susuz amonyak uygulaması (Y2) ve geleneksel azotlu gübre uygulaması (Y1) karşılaştırılmıştır.

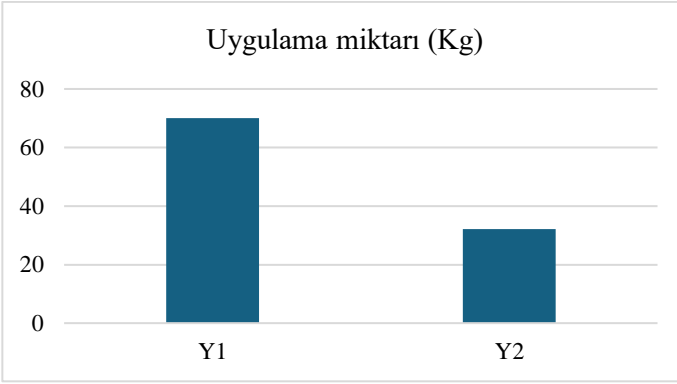
#### a. Uygulama Miktarı;

Denemeler için yapılan toprak analizi sonucuna göre dekara 18 kg azotlu gübre uygulaması önerilmiştir.

Y1 uygulamasında 70 kg/da üre formunda azotlu gübre uygulanmıştır. Y2 uygulamasında 18 kg/da saf azot uygulamak için dekara 22 kg azotlu gübre bir kez uygulanmıştır.

Dekara 18 kg/da saf azot uygulamak için dekara 39-40 kg üre gübresi uygulaması beklenirken, toplamda 70 kg ve saf azot bakımından dekara 32.2 kg olmak üzere uygulama yapılmıştır. Yaklaşık 30-31 kg fazla üre uygulaması yapmıştır. Şekil 2'den de görüldüğü gibi susuz amonyağa kıyasla 48 kg fazla gübre kullanımı olduğu görülmüştür.

Toprak analizi sonucuna göre toprağa 18 kg saf azot uygulamasının yeterli olacağı bildirilmesine rağmen çiftçi dört seferde toplam olarak 70 kg üre formunda azotlu gübre kullanmıştır.



**Şekil.2:** Yöntemlere göre azotlu gübre uygulama miktarı

Uygulama miktarı açısından değerlendirildiğinde susuz amonyak ile gübreleme yöntemi (Y2), geleneksel yöntem üre kullanımına karşın oldukça avantajlı olmaktadır (Stehouwer ve Johnson 1990).

### **b. Uygulama Sayısı**

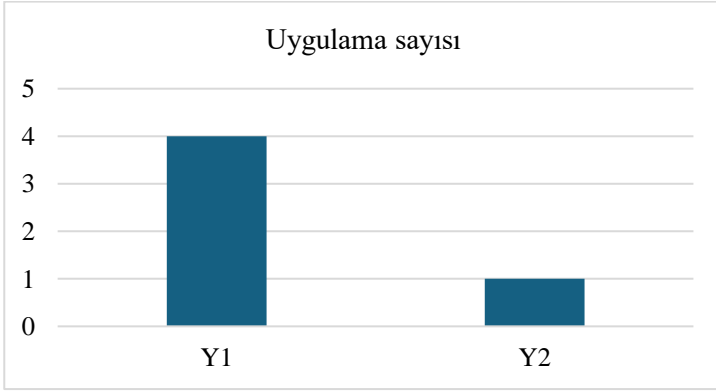
Her iki yöntem uygulama sayıları bakımından değerlendirildiğinde; Y1 yönteminde uygulanan azotlu gübre 3 defada tarlaya verilmiş, Y2 yönteminde ise bir kez azotlu gübreleme yapılmıştır. Şekil 3'de azotlu gübre uygulama sayılarına göre yöntemler verilmiştir.

Y1; Ekim ile birlikte ve farklı gelişme dönemlerinde 10 kg/da üre, 20 kg/da üre, 20 kg/da üre olmak üzere toplamda 70 kg azotlu gübreleme uygulamasıdır.



Bu durum tarlaya 4 kez traktör + ekipman ile giriş yapılması, işçilik, zaman kullanımının artması, tarla trafiğinin artması, toprak sıkışması gibi birçok faktörlerin oluşmasına da neden olmakla birlikte gübreleme maliyetinin artmasında da büyük etmen olmaktadır. Sağlam ve Tan (2018) tarafından bu yönleriyle çevre dostu uygulama olarak ifade edilmiştir.

Y2 uygulamasında ise ekim öncesi dönemde toprağın ihtiyacı olan azotlu gübreleme bir kez yapılmıştır. Uygulama ekim işleminden üç gün önce yapılmıştır.



**Şekil.3:** Yöntemlere göre azotlu gübre uygulama sayıları

Uygulama sayısı açısından değerlendirildiğinde susuz amonyak ile gübreleme yöntemi (Y2) oldukça avantajlı olmaktadır.

### c. Maliyet Analizi

Maliyet açısından bakıldığında azotlu gübrelerin hammaddesi olarak kullanılması, ticari alt yapısı ve fiyatının sanayideki kullanım şekline göre oluşturulması, nakliye bedellerinin yüksek olması nedeni ile dezavantajlı olarak düşünülebilmektedir.

Dünyada ve ülkemizde tüm gübre fiyatları dolar cinsinden sürekli değişkenlik göstermektedir. Fiyatların FOB (Free on Board) olması nedeni ile söz konusu fiyatlara nakliye bedelleri de eklenmektedir. Susuz amonyağın nakliyesinin özel yapıda basınçlı tanklar ile yapılması, taşıyıcı için özel ADR ehliyeti gerektirmesi ve nakliye esnasında uyulması gereken kuralların ağır olması nedeni ile nakliye bedelleri diğer gübrelerden daha yüksek olmasına rağmen sonuç maliyetlerine bakıldığında birim ürün maliyetinde avantajlı

olduğu görülebilmektedir. Bu avantaj susuz amonyak gübresinin yüksek oranda saf azot içermesinden kaynaklanmaktadır.

Yöntemlerde kullanılan azotlu gübrelerin birim azot maliyetleri Çizelge 3’de verilmiştir.

**Çizelge 3:** Azotlu gübrelerin birim azot maliyeti

Azotlu gübre	Susuz amonyak	Üre
Saf azot içeriği (N)	%82 N	%46 N
Azot birim fiyatı	1.70-1.80 \$/Kg	2.25-2.35 \$/Kg
Gübre ton fiyatı	1400 \$/ton	1035 \$/ton

Çizelge 3’den de görüldüğü gibi birim azot maliyeti susuz amonyak için üre gübresine göre kg başına ortalama 0.55 \$ avantajlı görünmektedir. Gübrelerin ton fiyatları incelendiğinde ise üre gübresinin ton başına 365 \$ avantajlı olduğu görülmektedir. Gübrelerin ton fiyatları KDV hariç fiyatlar olarak alınmıştır.

Çizelge 4’te yöntemlere göre gübreleme maliyetleri, dane verimleri dikkate alınarak hesaplanmıştır.

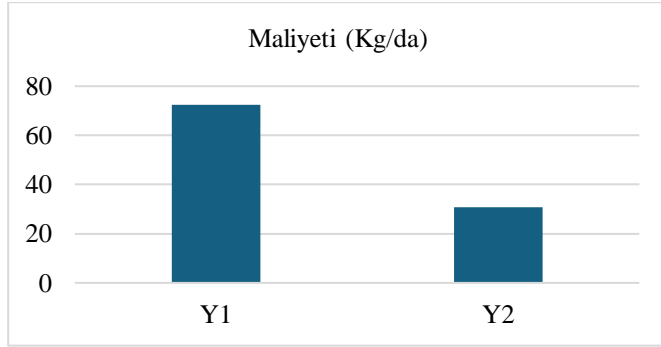
Y1’de dane verimi (574,62 kg/da) ve Y2’de dane verimi (902.14 kg/da) dikkate alarak hesaplandığında, Y1’de azotlu gübre maliyeti 72.45 \$/da, yeşil ot maliyeti 0.14 \$/kg ve kilogram başına dane maliyeti 0.13 \$ olarak gerçekleşmiştir. Y2’de ise gübre maliyeti 30.80 \$/da yeşil ot maliyeti 0.0054 \$/kg ve dane maliyeti 0.034 \$/kg olarak hesaplanmıştır. Y2 yöntemi verim olarak da dekara 902,14 kg verim ile en yüksek verimin elde edildiği yöntem olmuştur (Vetsch ve Randall 2004; Hanson ve ark. 1987).

Maliyet analizi açısından değerlendirildiğinde susuz amonyak ile gübreleme yöntemi (Y2), geleneksel yöntemde uygulanan (Y1) yönteme göre de avantajlı olduğu görülmektedir. Şekil 4’de incelenen yöntemlerde gübreleme maliyetindeki değişim gösterilmiştir.

Çizelge 4’de yöntemlere göre hesaplanan maliyet değerleri verilmiştir.

**Çizelge 4:** Yöntemlere göre hesaplanan maliyet değerleri

Yöntem	Saf azot miktarı (Kg/da)	Dane verimi (Kg/da)	Azotlu gübre maliyeti (\$/da)	Yeşil ot maliyeti (\$/da)	Dane maliyeti (\$/da)
Y1	32.2	574.62	72.45	0.14	0.13
Y2	18.0	902.14	30.80	0.0054	0.034

**Şekil 4:** Yöntemlere göre gübreleme maliyeti arasındaki değişim

Susuz amonyak gübresi azotlu gübreleme maliyeti geleneksel yöntemle göre avantajlı olmasının temel sebebi bir kez uygulama sayısı ile gübreleme işleminin yapılabilir olması, yüksek oranda saf azot içermesi, toprakta kalıcılık süresinin uzun olması (Kovacs ve ark. 2015) ve toprak içerisine gaz formunda uygulanmasından dolayı toprak parçaları içerisinde homojen dağılım gösterebilmesi gibi nedenler sıralanabilir.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

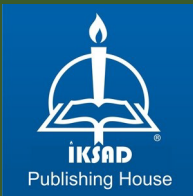
Bu çalışma kapsamında susuz amonyakın mısır tarımında kullanılabileceği ve başarılı sonuçlar elde edilebileceği görülmüştür. Susuz amonyak uygulaması uygulama sayısının bir olması, yüksek saf azot içeriği nedeni ile uygulama miktarının az olması ve maliyet açısından avantaja sahip olduğu belirlenmiştir.

Gelişmiş ülkelerde susuz amonyak gübresi ile yapılan azotlu gübreleme uygulamaları hızla artış gösterirken ülkemiz mısır tarımında da azotlu gübrelemede kullanımının önemli olacağı düşünülmektedir.

Ülkemizde de gübre sınıfına alınması ve hububat tarımında, mısır tarımında kullanımına olanak tanınması önerilmektedir.

## KAYNAKÇA

- Hanna, H. M., Boyd, P. M. Baker, J. L. and Colvin. T.S. (2005). Anhydrous ammonia losses using single disc and knife fertilizer injector. Tampa, FL. ASAE Paper No. 051060. ASAE. St. Joseph, MO.
- Hanson, R.G., Maledy S.R., and Jentes C.E. (1987). Effect of anhydrous ammonia with and without nitrapyrin applied fall and spring on corn yield. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 18:387–403. doi:10.1080/00103628709367828
- Kovacs P., Van Scoyoc G.E., Doerge T.A., Camberato J.J., Vyn T.J. (2015). Anhydrous Ammonia Timing and Rate Effects on Maize Nitrogen Use Efficiencies. *Agronomy Jpurnal*, V. 107 (4) 1205-1214.
- Saglam C and Tan F, (2018). An Environmentally Friendly Method of Fertilizer Application in Agriculture; Anhydrous Ammonia Application. IASTEM International Conference. 9-10 th September, Moscow, Russia.
- Sağlam C., Tan F. (2017). The Effects of Anhydrous Ammonia on the Leaf Nitrogen and Leaf Color in Wheat. *Journal of scientific and Engineering Research*, 4(11):62-67.
- Stehouwer, R.C., and Johnson J.W. (1990). Urea and anhydrous ammonia management for conventional tillage corn production. *J. Prod. Agric.* 3:507–513. doi:10.2134/jpa1990.0507
- Tan, F. Saglam, C., Akar, G., (2016). Anhydrous Ammonia Application Equipment Design and Developing. *International Journal of Current Research*. vol. 8, issue, 12, pp.42802-42805, december, 2016
- Terry D. L., and Kirby B. J. (2006). *Commercial fertilizers*. Association of American Plant Control Officials Inc. and The Fertilizer Institute. Lexington, KY.
- Vetsch, J.A., and Randall G.W. (2004). Corn production as affected by nitrogen application timing and tillage. *Agron. J.* 96:502–509 doi:10.2134/agronj2004.0502



**ISBN: 978-625-367-981-1**