

ISSN 1306-0007
e-ISSN 2651-4230

TARIM MAKİNALARI BİLİMİ DERGİSİ

Journal of Agricultural Machinery Science



2023

**CİLT
VOLUME**

19

**SAYI
NUMBER**

1

Tarım Makinaları Derneği Yayınıdır
Published by Agricultural Machinery Association

DERGİMİZİN BU SAYISI, TARIM MAKİNALARI BÖLÜMLERİMİZİN EĞİTİMİNDE GÖREV YAPMIŞ
OLAN YİTİRDİĞİMİZ HOCALARIMIZIN ANISINA İTHAFEN ÇIKARILMIŞTIR.
SEVGİ, SAYGI VE ÖZLEMLE ANIYORUZ.

Alfabetik sırayla

Prof. Dr. Cevat AYDIN

Prof. Dr. Saim BASTABAN

Prof. Dr. Esat Ahmet BOZKAYA

Prof. Dr. Sedat ÇALIŞIR

Prof. Dr. Hamit DEMİRTAŞ

Prof. Dr. Hamza DİNÇER

Prof. Dr. Rasim DOĞUŞ

Prof. Dr. Mehmet Arif EROL

Araş. Gör. Gülsen ESENTAŞ

Prof. Dr. Gazanfer HARZADIN

Prof. Dr. Eşref IŞIK

Prof. Dr. Süleyman KADAYIFÇILAR

Prof. Dr. Reşit Galip KEÇECİOĞLU

Prof. Dr. Emin MUTAF

Prof. Dr. İsmail Hakkı ÖZ

Prof. Dr. Faruk ÖZGÜVEN

Prof. Dr. Alaettin SABANCI

Prof. Dr. Ahmet SARAL

Prof. Dr. Ercan TEZER

Prof. Dr. Müjdat TOZAN

Prof. Dr. Baha Galip TUNALIGİL

Prof. Dr. Nihat TURGUT

Prof. Dr. Poyraz ÜLGER

Prof. Dr. Güngör YAVUZCAN

YIL (YEAR) 2023

CİLT (VOLUME) 19

SAYI (ISSUE) 1

Sahibi (President)

Tarım Makinaları Derneği Adına
(On Behalf of Agricultural Machinery Association)

Can ERTEKİN

Akdeniz Üniversitesi, Antalya

Editör Kurulu (Editorial Board)

Sayı Editörü (Issue Editor)

Türkan AKTAŞ

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ

Editörler (Editors)

Türkan AKTAŞ

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ

İlknur ALİBAŞ

Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa

Recep KÜLCÜ

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta

Alan Editörleri (Field Editors)

Zeliha Bereket BARUT

Çukurova Üniversitesi, Adana

Heinz BERNHARDT

Technical University of Munich, Germany

Sorin-Stefan BIRIS

Politehnica University of Bucharest, Romania

H. Kürşat ÇELİK

Akdeniz Üniversitesi, Antalya

Osman GÖKDOĞAN

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta

Shoojin JUN

Hawaii University, USA

Habip KOCABIYIK

18 Mart Üniversitesi, Çanakkale

Y. Benal ÖZTEKİN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun

Bernhard STREIT

Bern University of Applied Sciences, Switzerland

Shuichi YAMAMOTO

Yamaguchi University, Japan

Hüseyin YÜRDEM

Ege Üniversitesi, İzmir

Mizanpaj Editörü (Layout Editor)

Ahmet SÜSLÜ

Dergi Hakkında (About Journal)

**Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, Tarım Makinaları Derneği'nin bir yayınıdır.
Tarım Makinaları Bilimi Dergisi yılda üç sayı olarak yayınlanır.**

(Journal of Agricultural Machinery Science is published three times in a year by
Agricultural Machinery Association.)

Yayın Hakları (Copyright Policies)

**Bu derginin yayın hakları Tarım Makinaları Derneği'ne aittir. Derginin hiç bir
bölümü, yayıncının izni olmaksızın, herhangi bir şekilde çoğaltılamaz.**

(All rights reserved. No part of this publication may be reproduced in any form without the
prior permission of the publisher.)

Tarandığı İndeksler (Indexing)



**ROOT
INDEXING**



**Google
Scholar**



**Academic
Journal
Index**

ESJI

**Eurasian
Scientific
Journal Index**



**ASOS
INDEX**



Tarım Makinaları Derneği (TARMAKDER)

Yazışma Adresi (Correspondence Address)

Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve
Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya
ertekin@akdeniz.edu.tr +90 505 257 90 80

Dernek Adresi (Association Address)

1462. Sok. No:33
Alsancak - İzmir / Türkiye
<https://www.tarmakder.org.tr>

İçindekiler (Contents)

Sayfa (Page)

Kurutulmuş Trabzon Hurması Meyvesinin Bazı Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Determination of Some Physico-Mechanical Properties of Dried Persimmon Fruit
Türker SARAÇOĞLU, Cengiz ÖZARSLAN, Sena Nur KILIÇ

1-14

Gerçek Zamanlı Değişken Oranlı Gübre Kontrol Sisteminin Performansının Saptanması

Determining The Performance of Real Time Variable Rate Fertilizer Control System
Bahattin AKDEMİR, Eray ÖNLER

15-35

Amasya İlinin Tarımsal Makinalaşma Düzeyinin 2016-2021 Yılları Arasındaki Değişiminin İncelenmesi

Investigation of the Change in the Agricultural Mechanization Level of Amasya Province Between 2016-2021 Years
Uğur DERTLİOĞLU, Ebubekir ALTUNTAŞ

36-52

Santrifüj Pompa Çarklarındaki Hidrolik Kuvvetler ve Yapılan Çalışmaların Değerlendirilmesi

Hydraulic Forces in Centrifugal Pump Impellers and Evaluation of the Studies
Mehmet KURT, Kazım ÇARMAN

53-74

Makine Yardımıyla Elma Toplamada Çalışma Duruşlarının REBA Yöntemi ile Analizi ve Ergonomik Risk Değerlendirmesi

Analysis and Ergonomic Risk Assessment of Working Positions in Machine-Assisted Apple Harvesting with REBA Method
Yusuf DİLAY, Adem ÖZKAN

75-92

Kurutulmuş Trabzon Hurması Meyvesinin Bazı Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Determination of Some Physico-Mechanical Properties of Dried Persimmon Fruit

Türker Saraçoğlu^{1,*}, Cengiz Özarslan¹, Sena Nur Kılıç²

¹ Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Aydın, Türkiye.

² Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın, Türkiye.

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): T. Saraçoğlu, e-mail (e-posta): tsaracoglu@adu.edu.tr

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 10.06.2022
Düzeltilme tarihi : 26.07.2022
Kabul tarihi : 01.08.2022

Anahtar Kelimeler:

Kurutulmuş Trabzon Hurması
Fiziksel Özellikler
Mekanik Özellikler

Atf için:

Saraçoğlu, T., Özarslan, C., Kılıç, S. N., (2023). "Kurutulmuş Trabzon Hurması Meyvesinin Bazı Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi", *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 19(1): 1-14.

ÖZET

Trabzon hurması (*Diospyros kaki* L.), Dünya'da çoğunlukla subtropik iklim kuşaklarında yetiştiriciliği yapılan ve kendine özgü tadı ve yapısı, antioksidan ve fenolik bileşikler bakımından zengin olması nedeniyle son yıllarda ilgi odağı olan bir meyve türüdür. Meyveler hasattan tüketiciye ulaşıncaya kadar olan süreçte toplama, taşıma, temizleme, sınıflandırma, depolama, işleme ve paketlenme gibi pek çok işlemlerde kullanılan sistemlerin imalatı için standartların ve tasarım kriterlerinin doğru oluşturulması oldukça önemlidir. Bu nedenle kurutulmuş tarımsal ürünlerde kurutma işleminden sonra meyvenin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada kurutulmuş Trabzon Hurması meyvesinin bazı fiziksel (boyut, kütle, hacim, geometrik ortalama çap, küresellik, yığın hacim yoğunluğu, gerçek yoğunluk, projeksiyon alanı) ve mekaniksel (statik sürtünme katsayısı ve kuvvet altındaki davranışları) özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan örneklerin ortalama nem içeriği %19 olarak ölçülmüştür. Kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin ortalama uzunluk, genişlik, kalınlık, kütle, hacim, geometrik ortalama çap ve küresellik değerleri ise sırasıyla 57.76 mm, 41.59 mm, 32.72 mm, 48.11 g, 38.47 cm³, 42.75 mm ve 0.74 olarak ölçülmüştür. Meyvelerin yığın hacim yoğunluğu ve gerçek yoğunluk değerleri sırasıyla 0.48 g cm⁻³ ve 1.24 g cm⁻³ olarak belirlenmiştir. Ayrıca meyvelerin genişlik ve kalınlık eksenlerine göre belirlenen projeksiyon alanları sırasıyla 2018.87 ve 1714.23 mm² bulunmuştur. Meyvelerin statik sürtünme katsayıları en düşük paslanmaz çelik, en yüksek karton yüzeyler üzerinde belirlenmiştir. Sıkıştırma denemelerinde farklı sıkıştırılabilirlik seviyesi (%10-60) elde edilen en büyük kuvvet, deformasyon ve deformasyon enerjisi değerleri sırasıyla 7.18-288.89 N, 3.19-22.39 mm ve 0.011-3.234 J arasında değişiklik göstermiştir.

Article Info

Received date : 10.06.2022
Revised date : 26.07.2022
Accepted date : 01.08.2022

Keywords:

Dried Persimmon Fruit
Physical Properties
Mechanical Properties

How to Cite:

Saraçoğlu, T., Özarslan, C., Kılıç, S. N., (2023). "Determination of Some Physico-Mechanical Properties of Dried Persimmon Fruit", *Journal of Agricultural Machinery Science*, 19(1): 1-14.

ABSTRACT

Persimmon (*Diospyros kaki* L.) is a type of fruit that is grown mostly in subtropical climates in the world and has attracted attention in recent years due to its unique taste and structure, rich in antioxidants and phenolic compounds. It is extremely important to establish the standards and design criteria correctly for the production of systems used in many processes, such as harvest, transportation, cleaning, classification, storage, processing and packaging from orchard to table. For this reason, it is necessary to determine the physical and mechanical properties of the fruit after the drying process in dried agricultural products. In this study, it was aimed to determine some physical (size, mass, volume, geometric mean diameter, sphericity, bulk density, true density, projected area) and mechanical (static friction coefficient and behavior under force) properties of dried persimmon fruit. The average moisture content of the samples used in the study was measured as 19%. The average length, width, thickness, mass, volume, geometric mean diameter and sphericity of the dried persimmon fruit were measured as 57.76 mm, 41.59 mm, 32.72 mm, 48.11 g, 38.47 cm³, 42.75 mm and 0.74, respectively. The bulk density and true density values of fruits were determined as 0.48 g cm⁻³ and 1.24 g cm⁻³, respectively. In addition, the projected areas determined according to the width and thickness axes of the fruits were found to be 2018.87 and 1714.23 mm², respectively. Static friction coefficients of fruits were determined on the lowest stainless steel and highest cardboard surfaces. The maximum force, deformation and deformation energy obtained at different compressibility levels (10-60%) in compression trials varied between 7.18-288.89 N, 3.19-22.39 mm and 0.011-3.234 J, respectively.

1. GİRİŞ

Trabzon hurması (*Diospyros kaki* L.), meyvelerinin cazip turuncu rengi, kendine özgü tadı ve yapısı, antioksidan ve fenolik bileşikler bakımından zengin olması nedeniyle son yıllarda ilgi odağı haline gelmiştir. Türkiye’de yerel olarak, Hurma, Amme, Aşılı Uvaz, Rus Hurması, Japon Hurması, Batum Hurması, Laz Hurması, Cennet Elması gibi adlarla da tanınmaktadır. Son yıllarda yapılan araştırmalar, meyvenin kolesterolü ve tansiyonu düşürücü özelliğinin olduğunu, bağışıklık sistemini güçlendirdiğini, sindirim sistemi rahatsızlıklarından ve günümüzde yaygın olarak görülen kanser hastalıklarından korunmada önemli bir yer tuttuğunu göstermiştir (Kaya vd., 2016).

Trabzon hurması Dünya’da çoğunlukla subtropik iklim kuşaklarında yetiştiriciliği yapılan Çin kökenli bir meyve türüdür. En çok Çin’de yetiştiriciliği yapılmaktadır. Bununla birlikte, Güney Kore, İspanya, Japonya, Brezilya, Azerbaycan, Özbekistan ve Tayvan’da önemli miktarlarda Trabzon hurması üretimi yapılmaktadır (Tablo 1) (FAO, 2022).

Tablo 1. 2011-2020 yılları arası Dünya Trabzon hurması üretim, verim ve üretim alanı ortalamaları

	Üretim (ton)	Alan (ha)	Verim (ton ha⁻¹)
Çin	3 048 995	863 816	3.53
Güney Kore	306 112	26 449	11.57
İspanya	247 365	13 377	18.49
Japonya	219 564	20 440	10.74
Brezilya	168 689	8 261	20.42
Azerbaycan	151 913	9 445	16.08
Özbekistan	76 287	4 478	17.04
Tayvan	67 702	5 156	13.13
Diğer	107 443	6 180	17.39

Anavatanı Uzakdoğu olan, birçok yabancı menşeli meyve türleri gibi Türkiye’de de başarıyla yetiştirilen bu meyvenin; “Trabzon hurması” olarak bilinmesinin sebebi, ilk önce tarihi İpek Yolu ile Anadolu’ya Trabzon üzerinden yayılmasıdır. Türkiye’de Kuzey Anadolu, Hatay ve Antalya civarlarında yetiştigi bilinmektedir. Ülkemizde, illerin yarısından fazlası Trabzon hurması yetiştiriciliği yapmasına rağmen yıllık üretim ancak 77.131 tona ulaşabilmektedir (Anonim, 2021a; TÜİK, 2022).

Tarımsal ürünün fiziksel özelliklerinin bilinmesi, sınıflandırma, nakliye, depolama, işleme ve paketleme sistemlerinin imalatı için standartların ve tasarım kriterlerinin doğru oluşturulması çok önemlidir (Saraçoğlu, 2017). Meyveler hasattan tüketiciye ulaşıncaya kadar olan süreçte toplama, taşıma, temizleme, sınıflandırma ve paketleme gibi pek çok işlemde geçmektedir. Bu işlemler sırasında kullanılan ekipmanların tasarımında meyvenin kütle, hacim, projeksiyon alanı, boyut, küresellik ve statik sürtünme katsayısı gibi fiziksel özelliklerinin bilinmesi önem kazanmaktadır (Mohsenin, 1986). Günümüzde sofralık ürün olarak değerlendirilen meyvelere yönelik fiziko-mekanik özelliklerin belirlenmesi amacıyla birçok çalışma yapılmıştır (kumkuat meyvesi (Jalilantabar vd., 2013), kiraz meyvesi (Naderiboldaji vd., 2008), kayısı meyvesi (Haciseferoğulları vd., 2007), elma (Meisami-asl vd., 2009), armut (Ozturk vd., 2009), erik (Esehaghbeygi vd., 2013), portakal (Sharifi vd., 2007), Trabzon hurması (Celik ve Ercişli, 2008)). Celik ve Ercişli (2008) Trabzon hurması meyvesinin bazı fiziksel, kimyasal ve besinsel özelliklerini belirledikleri çalışmalarında ortalama meyve kütlelerini 169 g

geometrik ortalama çap değerini 65.97 mm, meyve hacmini ise 180 cm³ olarak bulmuşlardır. Çalışmada ayrıca yığın hacim ağırlığı, meyve yoğunluğu ve porozite değerlerinde sırasıyla 5.817 N m⁻³, 9.300 N m⁻³ ve %38.06, olarak bulunduğu belirtilmiştir. Bunun yanında günümüzde sağlıklı ve kükürt içermeyen kuru sebze ve meyvelere Dünya çapında talep artmıştır (Sakooei-Vayghan, 2020). Dünya’da kuruyemiş ve kurutulmuş meyvelerin 2018-2019 döneminde ticaret hacmi önceki 10 yıllık ortalama göre %41 oranında artarak 46.4 milyar \$ olarak gerçekleşmiştir (Anonim, 2021b). Işıklı ve Yılmaz, (2014) güneşte kurutulmuş karamuk meyvesinin bazı fiziksel özelliklerini belirledikleri çalışmada kurutulmuş meyvelerin %9.59 ile %27.9 nem içeriklerine bağlı olarak, uzunluk, genişlik, kalınlık, geometrik ortalama çap ve küresellik değerlerini sırasıyla 7.19-7.53 mm, 3.42-4.03 mm, 2.78-3.02 mm, 4.05-4.51 mm ve 0.56-0.62 arasında değişkenlik gösterdiğini belirlemişlerdir. Demirayak (2008) yılında yapmış olduğu çalışmasında kuru incirlerin fiziko-mekanik özelliklerini belirlemiştir. Kingsly vd. (2006) çalışmalarında kurutulmuş nar çekirdeklerinin nem içeriğine bağlı olarak özelliklerini belirlemişlerdir. Cho vd. (2017) ve Cho vd. (2018) farklı meyve boylarında ve farklı ön işlemlerle hazırlanan kurutulmuş Trabzon hurmasının kalite özellikleri ortaya koymuşlardır.

Meyveler, taze meyvelerin hasat edilemediği dönemlerde muhafaza edilmesi ve kullanıma sunulması için kurutulabilmektedir. Kuru meyveler, doğal ürünlerin özelliklerini koruyabilmekte, azaltılmış kütle nedeniyle daha düşük nakliye maliyeti sunabilmekte ve taze meyvelerde bozulmaya neden olan küf ve diğer mikroorganizmaların büyümesine karşı direnç göstermektedir (Marques vd., 2006). Tüketici talebi doğrultusunda Trabzon hurması kurutma işlemi son yıllarda hem evlerde hem de endüstriyel düzeyde yapılmaktadır (Anonim, 2021b).

Kurutulmuş tarımsal ürünlerde çoğu zaman kurutulduktan sonra birçok işlemde geçtiği düşünülürse, bunların işlendiği makine tasarımlarında ve paketlenmelerinde etkili parametrelerin belirlenmesi oldukça önem arz etmektedir. Yapılan literatür araştırmasında da kurutulmuş Trabzon hurmasının fizikomekanik özelliklerinin incelendiği yayınların eksikliği dolayısıyla bu çalışma planlanmıştır. Bu çalışmada kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin boyut, yoğunluk, kütle, hacim ve projeksiyon alanı gibi bazı fiziksel ile statik sürtünme katsayısı, yük altındaki deformasyonu ve enerjisi gibi mekaniksel özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada 2021 hasat döneminde hasat edilerek üzerindeki ince kabuk soyulduktan sonra gölgede doğal halde kurutulmuş Trabzon hurması meyveleri kullanılmıştır (Şekil 1). Deneme kapsamında tesadüfi seçilen 65 adet kurutulmuş meyve örneği yerel üreticilerden alınıp laboratuvar ortamına taşınarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Kurutulmuş meyvelerin nem içeriklerinin belirlenmesi amacıyla 10 adet meyve küçük parçalara bölünerek 70°C sıcaklıktaki etüvde sabit ağırlığa ulaşınca kadar tutulmuş ve örneklerin ortalama nem içeriği yaş baza göre belirlenmiştir (Akinci vd., 2004). Buna göre denemelerde kullanılan örneklerin ortalama nem içeriği %19 olarak ölçülmüştür.



Şekil 1. Kurutulmuş Trabzon hurması meyvesi örnekleri

2.1. Fiziksel Özellikler

Fiziksel özelliklerin belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen denemelerde 35 adet örnek kullanılmıştır. Meyvelerin hassas terazi yardımıyla oda sıcaklığında havada ve su içerisindeki kütle ölçümleri gerçekleştirildikten sonra aşağıdaki eşitlik yardımıyla yoğunlukları belirlenmiştir (Masum, 2021);

$$\rho_m = \rho_s \cdot \frac{m_h}{m_s} \quad (1)$$

ρ_m : Kurutulmuş meyvenin gerçek yoğunluğu (g cm^{-3}),

ρ_s : Suyun yoğunluğu (g cm^{-3}),

m_h : Meyvenin havadaki kütlesi (g),

m_s : Meyvenin su içerisindeki kütlesi (g).

Ürünlerin yığın hacim yoğunluklarının belirlenmesi amacıyla 1243.5 cm^3 hacime sahip silindirik bir çap içerisine serbet halde bırakılan örneklerin boşluklu kütlesi belirlenmiştir.

Denemelerde meyve örneklerinin boyut özellikleri bir kumpas yardımıyla Şekil 2'de belirtilen eksenler göz önünde bulundurularak ölçülmüştür. Boyut ölçümleri sonucunda elde edilen veriler yardımıyla kurutulmuş Trabzon hurması meyvelerinin geometrik ortalama çap ve küresellik değerleri aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır;

$$D_o = (L \cdot W \cdot T)^{1/3} \quad (2)$$

$$S_p = \frac{(L \cdot W \cdot T)^{1/3}}{L} \quad (3)$$

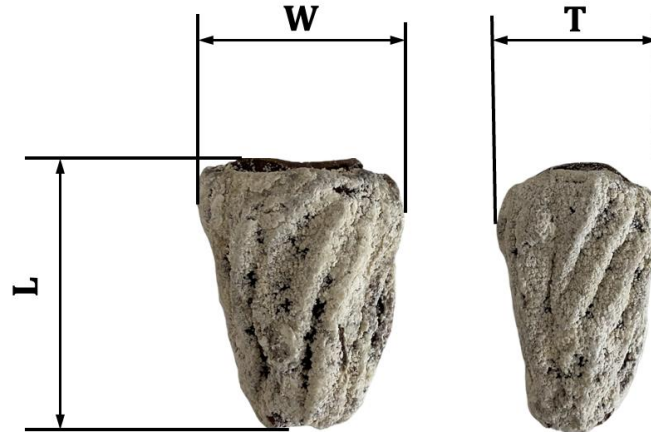
D_o : Geometrik ortalama çap (mm),

L : Uzunluk (mm),

W : Genişlik (mm),

T : Kalınlık (mm),

S_p : Küresellik (%).



Şekil 2. Kurutulmuş Trabzon Hurması meyvesinin boyutları; uzunluk (L), genişlik (W), kalınlık (T)

Projeksiyon alanının belirlenmesi amacıyla, 65 adet meyvenin her birinin iki temel ekseninde (genişlik (PA_g) ve kalınlık (PA_k) eksenlerine göre) 1 cm²'lik kalibrasyon yüzeyleriyle dijital fotoğrafları çekilmiş (Şekil 3) ve ImageJ (Image Processing and Analysis in Java) görüntü işleme programı kullanılarak analiz edilmiştir.



Şekil 3. Kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin geniş eksene göre (a), kalınlık eksene göre (b) projeksiyon alan ölçümleri

2.2. Mekanik Özellikler

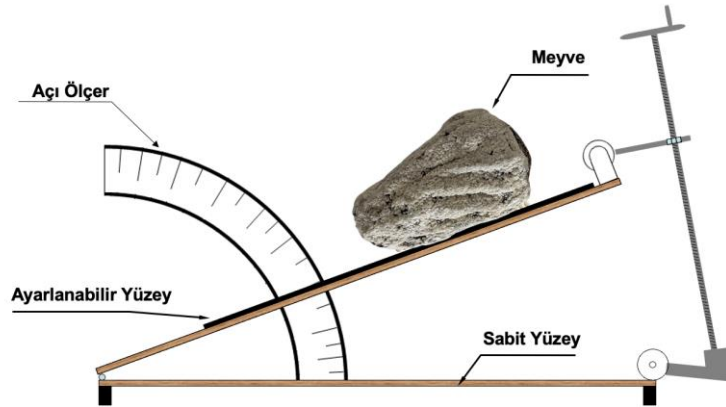
Mekanik özelliklerin belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen denemelerde 30 adet örnek kullanılmıştır. Trabzon hurması meyvelerinin 3 mm kalınlığa sahip karton, ahşap, paslanmaz çelik ve kauçuk plaka yüzeyleri üzerindeki statik sürtünme katsayılarının belirlenmesi amacıyla yüzey eğimi ayarlanabilir test cihazı kullanılmıştır (Şekil 4). Ölçümler meyve sap eksenini yönünde ve meyve sap eksenine dik yönde olmak üzere iki konumda gerçekleştirilmiştir. Statik sürtünme katsayısı, yüzey eğimine bağlı olarak aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır;

$$\mu = \tan \alpha \quad (4)$$

Burada;

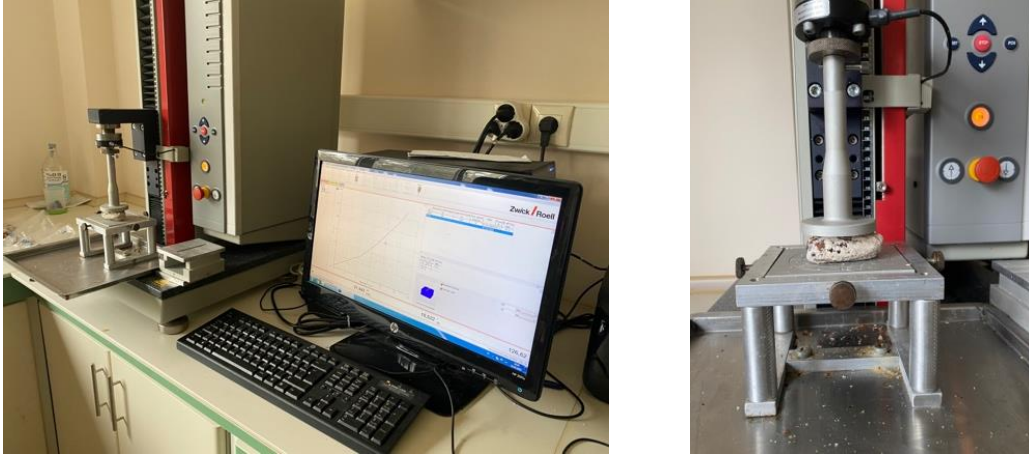
μ : Statik sürtünme katsayısı,

α : Yüzey eğim açısı (°).



Şekil 4. Statik sürtünme ölçüm düzeneği

Kurutulmuş Trabzon hurması meyvelerinin yük altındaki davranışlarının belirlenebilmesi için meyveler sıkıştırma testine tabi tutulmuştur. Sıkıştırma işlemleri için maksimum ölçüm kapasitesi 500 N olan Zwick-Roell marka Universal test cihazı (Şekil 5) kullanılmıştır.



Şekil 5. Zwick-Roell Universal test cihazı

Meyveler Şekil 5'te görüldüğü gibi test cihazında bulunan biri sabit biri de hareketli platform olmak üzere 2 düz plaka arasına yerleştirilmiştir. Sıkıştırma testinde, sıkıştırma hızı 5 mm min⁻¹ alınarak (An vd., 2020), paketlenme ve taşıma sırasında farklı oranlarda oluşan dış kuvvetlerin etkilerini belirleyebilmek için %10, %20, %30, %40, %50 ve %60 olmak üzere altı farklı sıkıştırılabilirlik seviyesi kullanılmıştır.

Her örnek taban plakasının ortasına yerleştirildikten sonra sıkıştırma işlemine başlanmıştır. Sıkıştırma sonucu ortaya çıkan kuvvet deformasyon verileri, sıkıştırma test cihazına bağlı olan masaüstü bilgisayara gerçek zamanlı olarak otomatik olarak kaydedilmiştir. Test cihazı, işleme tabi tutulan meyvelerin çoklu eğrilerini oluşturarak doğrudan karşılaştırma imkânı sağlamaktadır. Bu eğriler bilgisayar ortamında Excel formatına dönüştürülerek kaydedilmiştir.

Sıkıştırma işlemi esnasında ortaya çıkan deformasyon ve deformasyon enerjisi aşağıda yer alan eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Aydın ve Çarman, 1997):

$$\Delta D = V \cdot t \quad (5)$$

Burada;

ΔD : Deformasyon (m),

V : İlerleme hızı (m·s⁻¹),

t : Grafikten okunan zaman değeri (s).

$$E_d = \frac{\Delta D \cdot F_{maks}}{2} \quad (6)$$

Burada;

E_d : Deformasyon enerjisi (J),

F_{maks} : Maksimum deformasyon kuvveti (N).

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

3.1. Fiziksel Özellikler

Tablo 2’de denemelerde kullanılan konik biçimdeki kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin fiziksel özellikleri görülmektedir. Tablo 2 incelendiğinde ortalama uzunluk (L), genişlik (W) ve kalınlık (T) değerleri sırasıyla 57.76, 41.59 ve 32.72 mm olduğu görülmektedir. Ortalama kütle değeri 48.11 g olarak ölçülmüş olup, hacim değeri ise 38.47 cm³ olarak belirlenmiştir. Yığın hacim yoğunluğu ve gerçek yoğunluk değerleri sırasıyla 0.48 g cm⁻³ ve 1.24 g cm⁻³ olarak elde edilmiştir. Kurutulmuş Trabzon hurması meyvelerinin genişlik ve kalınlık eksenlerine göre belirlenen ortalama projeksiyon alanları sırasıyla 2018.87 ve 1714.23 mm² olarak belirlenmiştir. Geometrik ortalama çap ve küresellik değerleri ise sırasıyla; 42.75 mm ve 0.74 olarak ölçülmüştür.

Tablo 2. Kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin fiziksel özellikleri (standart sapma değerleri parantez içerisinde verilmiştir)

	<i>Min.</i>	<i>Maks.</i>	<i>Ort.</i>
Uzunluk (L) (mm)	47.94	68.26	57.76 (4.68)
Genişlik (W) (mm)	35.13	49.45	41.59 (3.05)
Kalınlık (T) (mm)	25.75	40.15	32.72 (3.37)
Kütle (m) (g)	34.42	63.05	48.11 (6.95)
Hacim (V) (cm³)	29.15	49.53	38.47 (5.06)
Yığın Hacim Yoğunluğu (g·cm⁻³)	0.478	0.510	0.480 (0.02)
Gerçek Yoğunluk (g·cm⁻³)	0.92	1.36	1.24 (0.10)
Projeksiyon Alanı (PA_g) (mm²)	1628.54	2655.69	2018.87 (236.21)
Projeksiyon Alanı (PA_k) (mm²)	1243.84	2184.25	1714.23 (207.78)
Geometrik Ortalama Çap (D_o) (mm)	37.16	47.47	42.75 (2.55)
Küresellik (Sp)	0.62	0.87	0.74 (0.05)

3.2. Mekanik Özellikler

Kurutulmuş Trabzon hurması meyvelerinin farklı yüzeyler üzerinde meyve sap eksenine paralel ve meyve sap eksenine dik konumda statik sürtünme katsayılarına ilişkin sonuçlar Tablo 3’te sunulmuştur. En düşük statik sürtünme katsayısı değeri (0.47) meyve sap eksenine dik konumda paslanmaz çelik yüzeyde, en yüksek değer ise (0.71) meyve sap eksenine paralel konumda karton yüzeyde elde edilmiştir. Işıklı ve Yılmaz (2014) kurutulmuş karamuk meyvesinin en düşük statik sürtünme katsayısını çelik yüzeyde belirlemiş ve bunun nedenin çelik sacın yüzeyinin daha pürüzsüz ve cilalı olmasından kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Bu çalışmada farklı yüzeylerdeki statik sürtünme katsayısının daha yüksek değerlerde olmasının, kurutulmuş Trabzon Hurması kütle ve yüzey alanının daha yüksek olmasından ve meyve yüzeyindeki dokuların şekerli olmasına bağlı olarak yapışma meydana gelmesinden kaynaklandığı söylenebilir.

Tablo 3. Kurutulmuş Trabzon hurması meyvelerinin statik sürtünme katsayıları (standart sapma değerleri parantez içerisinde verilmiştir)

	Karton	Ahşap	Paslanmaz Çelik	Kauçuk
Meyve Sap Eksenine Paralel Konumda	0.71 (0.04)	0.68 (0.06)	0.54 (0.04)	0.65 (0.03)
Meyve Sap Eksenine Dik Konumda	0.68 (0.05)	0.63 (0.08)	0.47 (0.06)	0.64 (0.06)

Tablo 4'te Trabzon hurması meyvesinin farklı yüzeylerde (paslanmaz çelik, kauçuk, ahşap ve karton) ve farklı yönlerde (meyve sap eksenine dik ve meyve sap eksenine paralel) elde edilen ortalama statik sürtünme katsayısı değerlerinin varyans analizi verilmiştir. Tablo 4'te sunulan varyans analizine göre statik sürtünme katsayısı değerleri arasındaki farkın %5 önem seviyesinde hem sürtünme yüzeylerine göre hem de meyve yönlerine göre önemli olduğu görülmektedir.

Tablo 4. Kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin ortalama statik sürtünme katsayı değerleri varyans analizi

Bağımlı Değişken	Bağımsız Değişken	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Derecesi
Statik Sürtünme Katsayısı	Yön	1	0.035	11.962	0.001
	Yüzey	3	0.144	49.578	0.000

Meyve sürtünme yönü dikkate alınmadan yapılan Duncan test sonuçları Tablo 5'te sunulmuştur. Tablo 5 incelendiğinde kauçuk ve ahşap yüzeylerde elde edilen statik sürtünme katsayıları aynı grupta yer alırken, paslanmaz çelik ve karton yüzeylerde ölçülen statik sürtünme katsayısı değerleri farklı gruplarda yer almıştır.

Tablo 5. Sürtünme yüzeylerine göre yapılan Duncan karşılaştırma test sonuçları

Sürtünme Yüzeyi	Statik Sürtünme Katsayısı
Paslanmaz Çelik	0.50 ^c
Kauçuk	0.64 ^b
Ahşap	0.66 ^b
Karton	0.69 ^a

Sıkıştırma denemelerinde farklı sıkıştırılabilirlik seviyelerinde elde edilen maksimum deformasyon kuvveti (F_{maks}), deformasyon ve deformasyon enerjisine (E_d) ilişkin sonuçlar ve Duncan test sonuçları Tablo 6'da sunulmuştur. Tablo 6'ya göre sıkıştırılabilirlik seviyelerindeki artışla her bir parametrenin yükseldiği görülmektedir.

Meyvenin deformasyon kuvveti ve deformasyon enerjisi %50 sıkıştırılabilirlik seviyesine kadar yavaş ve daha sonra hızlıca artış göstermiştir. Bu durum sıkıştırma plakası ile meyve yüzeyi arasındaki temas alanının, sıkıştırma başlangıcında düşük olması ve yükleme sırasında sıkıştırılabilirlik seviyesine bağlı olarak artış göstermesi ile açıklanabilir. An vd. (2020) çalışmalarında taze çilek meyvesinde farklı sıkıştırılabilirlik seviyelerinde deformasyon kuvveti ve deformasyon enerjisinin benzer şekilde değişim gösterdiğini vurgulamışlardır.

Tablo 6. Farklı sıkıştırılabilirlik seviyelerinde F_{maks} , deformasyon ve E_d değerleri ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (standart sapma değerleri parantez içerisinde verilmiştir)

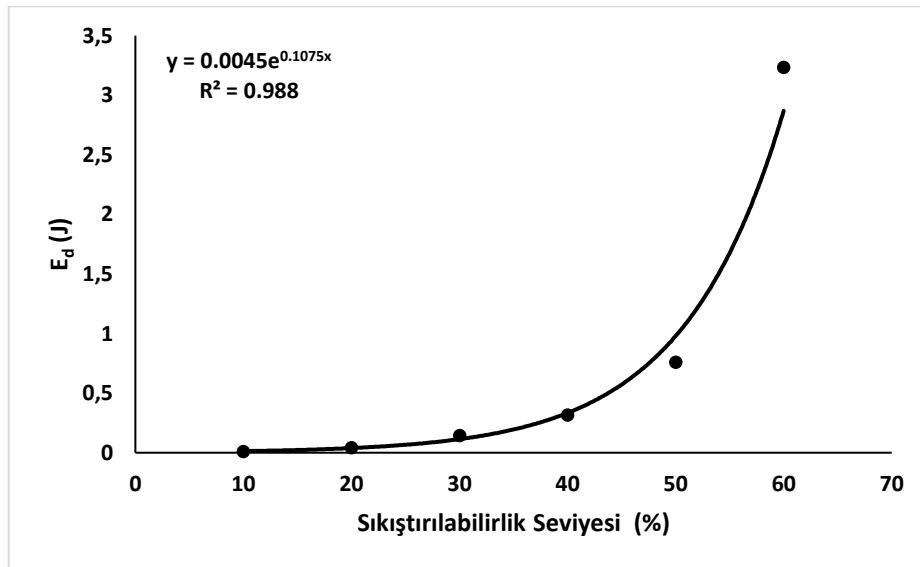
Sıkıştırılabilirlik Seviyesi (%)	F_{maks} (N)	Deformasyon (mm)	E_d (J)
10	7.18 (3.28) ^c	3.19 (0.40) ^f	0.011 (0.005) ^c
20	13.04 (4.93) ^c	6.58 (0.88) ^e	0.043 (0.018) ^c
30	29.07 (10.07) ^c	9.99 (1.42) ^d	0.145 (0.032) ^c
40	50.25 (15.16) ^{cb}	12.59 (0.71) ^c	0.314 (0.082) ^c
50	89.49 (15.69) ^b	16.99 (1.24) ^b	0.753 (0.082) ^b
60	288.89 (79.67) ^a	22.39 (1.85) ^a	3.234 (0.696) ^a

Tablo 7’de Trabzon hurması meyvesinin farklı sıkıştırılabilirlik seviyesinde elde edilen maksimum deformasyon kuvveti (F_{maks}), deformasyon ve deformasyon enerjisi (E_d) değerlerinin varyans analizi verilmiştir. Tablo 7’de sunulan varyans analizine göre maksimum deformasyon kuvveti (F_{maks}), deformasyon ve deformasyon enerjisi (E_d) değerlerinin arasındaki farkın %5 önem seviyesinde sıkıştırılabilirlik seviyesine göre önemli olduğu görülmektedir.

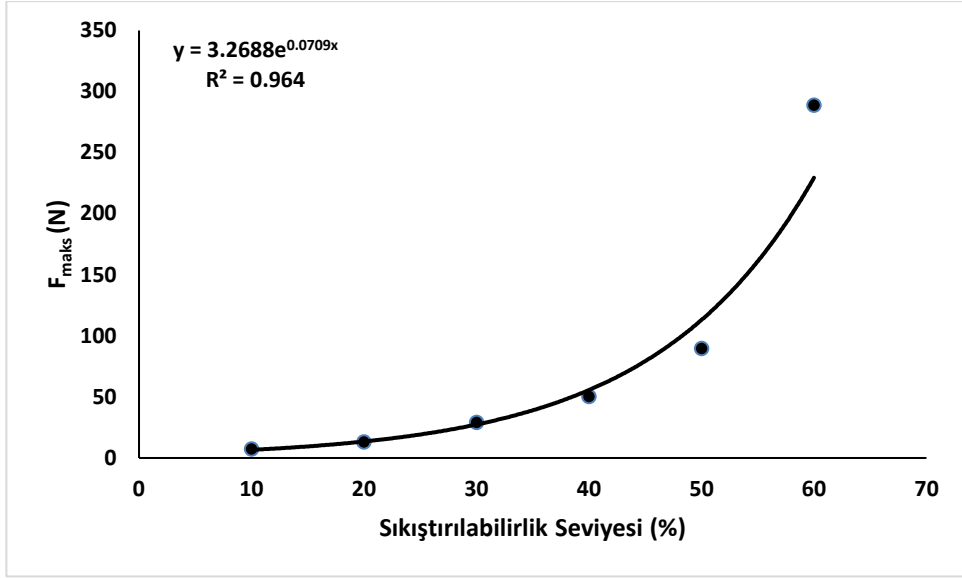
Tablo 7. Farklı sıkıştırılabilirlik seviyelerinde F_{maks} , deformasyon ve E_d değerleri çoklu varyans analizi

Bağımsız Değişken	Bağımlı Değişken	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Derecesi
Sıkıştırılabilirlik Seviyesi	F_{max}	5	56997.859	49.136	0.000
	Deformasyon	5	244.315	173.821	0.000
	E_d	5	7.535	90.519	0.000

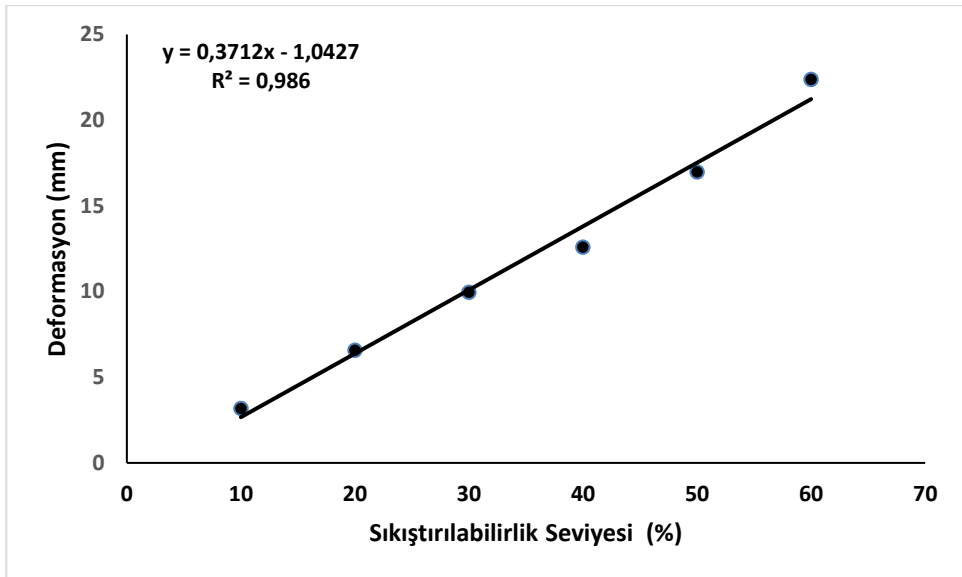
Farklı sıkıştırılabilirlik seviyesinde deformasyon enerjisi, maksimum deformasyon kuvveti ve deformasyon ilişkileri Şekil 6-8’de verilmiştir. Buna göre sıkıştırılabilirlik seviyesi-deformasyon enerjisi ve sıkıştırılabilirlik seviyesi-maksimum deformasyon kuvveti değişiminin üstel, sıkıştırılabilirlik seviyesi-deformasyon değişiminin doğrusal olduğu görülmektedir.



Şekil 6. Kurutulmuş Trabzon hurması meyvelerinin deformasyon enerjisi değerlerinin sıkıştırılabilirlik seviyesine bağlı değişimleri



Şekil 7. Kurutulmuş Trabzon hurması meyvelerinin F_{maks} değerlerinin sıkıştırılabilirlik seviyesine bağlı değişimleri



Şekil 8. Kurutulmuş Trabzon hurması meyvelerinin deformasyon değerlerinin sıkıştırılabilirlik seviyesine bağlı değişimleri

4. SONUÇ

Çalışmada kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin ortalama boyut, kütle, hacim, yığın hacim yoğunluğu, gerçek yoğunluk, projeksiyon alanı ve küresellik değerleri belirlenmiştir. Ayrıca karton, ahşap, paslanmaz çelik ve kauçuk yüzeyler üzerindeki statik sürtünme katsayıları ortaya konulmuştur.

Kurutulmuş Trabzon hurması meyvelerinin ve dokularının dokusal bozulma mekaniği, farklı sıkıştırılabilirlik seviyelerinde yapılan testler ile karakterize edilmiştir. Bilindiği gibi absorbe edilen enerjinin, meyve hasarının derecesini nicel olarak değerlendirmek için uygun ve kolayca ölçülebilir bir mekanik parametredir.

Farklı sıkıştırılabilirlik seviyelerinde elde edilen sonuçlar özellikle kurutulmuş Trabzon hurması meyvesinin ambalajlama sürecinde kuru incirde olduğu gibi şekillendirilmesi için yapılan sıkıştırma

işleminde yardımcı olacak parametrelerdir. Ayrıca farklı sıkıştırılabilirlik seviyelerinde kuru meyvenin dokusunda meydana gelen bozulmaların sınır değerleri ortaya konulmuştur. Doku bozulmalarının kuru ürün olsa bile, ürünün ekonomik değerini azaltıcı etkilerinin olacağı, hatta ürünün kullanım dışı kalmasına neden olacağı unutulmamalıdır.

Çalışmada elde edilen bulgular, daha verimli ve etkili işleme makineleri ve paketlenme sistemlerini geliştirmek için gerekli bilgi havuzuna katkıda bulunacaktır.

BİLGİLENDİRME

Bu makalenin özeti, 07-09 Eylül 2022 tarihleri arasında Bilecik’ de gerçekleştirilmiş olan 34. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresinin Özet ve Bildiri Kitabı’nda yayınlanmıştır.

KAYNAKLAR

- Akinci, I., Ozdemir, F., Topuz, A., Kabas, O. ve Canakci, M. (2004). Some physical and nutritional properties of Juniperus drupacea fruits. *Journal of Food Engineering*, 65: 325-331. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.01.029>
- An, X., Li, Z., Zude-Sasse, M., Tchienbou-Magaia, F., ve Yang, Y. (2020). Characterization of textural failure mechanics of strawberry fruit. *Journal of Food Engineering*, 282, 1-10.
- Anonim, (2021a). Trabzon hurması (Cennet elması) raporu. Ordu Ticaret Borsası, Ordu. <https://www.ordutb.org.tr/wp-content/uploads/2021/01/Trabzon-Hurmasi-Guncel.pdf>
- Anonim, (2021b). Adana İli Trabzon hurması kurutma tesisi ön fizibilite raporu. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. <https://www.yatirimadestek.gov.tr/pdf/assets/upload/fizibiliteler/adana-ili-trabzon-hurmasi-kurutma-tesisi-on-fizibilite-raporu.pdf>
- Aydın, C. ve Çarman, K. (1997). Şeftalide çarpma enerjisine bağlı olarak zedelenmenin belirlenmesi. 17. *Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi Bildiri Kitabı*, 254-264.
- Celik, A. ve Ercisli S. (2008). Persimmon cv. Hachiya (*Diospyros kaki* Thunb.) fruit: some physical, chemical and nutritional properties. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 59(7-8): 599-606. <https://www.doi.org/10.1080/09637480701538221>
- Cho, J.H., Song, I.K., Cho, D.H., Dhungana, S.K., Hong Ahn, H., ve Kim, D. (2017). Quality characteristics of dried persimmon (*Diospyros kaki* Thunb) of different fruit sizes. *African Journal of Biotechnology*, 16(9), pp. 429-433. <https://www.doi.org/10.5897/AJB2017.15895>
- Cho, M.G, Cho, J.H., Park, E.M, Dhungana, S.K., ve Kim, D. (2018) Quality characteristics of dried persimmon prepared by different pretreatments, *International Journal of Sciences*, 11:48-52. <https://www.doi.org/10.18483/ijSci.1846>
- Demirayak, V. (2008). *Kuru incirlerin bazı fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenmesi*. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ABD Yüksek Lisans Tezi (Yayımlanmamış), Aydın.
- Esehaghbeygi, A., Pirnazari, K., Kamali, M. ve Razavi, J. (2013). Physical, and mechanical properties of three plum varieties (*Prunus domestica* L.). *Thai Journal of Agricultural Science*, 46(2): 95-101.
- FAO, (2022). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Erişim Tarihi: 25.05.2022).

- Haciseferoğulları, H., Gezer, İ., Özcan, M.M. ve Asma, B.M. (2007). Post-harvest chemical and physical-mechanical properties of some apricot varieties cultivated in Turkey. *Journal of Food Engineering*, 79(1): 364-373.
- Işıklı, N.D. ve Yılmaz, İ. (2014). Some physical properties of sun-dried Berberis fruit (*Berberis crataegina*). *Journal of Food Science and Technology*, 51(1):104-110. <https://www.doi.org/10.1007/s13197-011-0469-y>
- Jaliliantabar, F., Lorestani, A.N. ve Gholami, R. (2013). Physical properties of kumquat fruit. *International Agrophysics*, 27, 107-109. <https://www.doi.org/10.2478/v10247-012-0074-y>
- Kaya, C., Yücel, E.E., Bayram, M., Meşe, C., Aybakan, E., Gökgöz, G. ve Sözer, T.T., (2016). Trabzon hurması (*Diospyros kaki* L.) bazlı karışık meyveli geleneksel marmelat üretimi üzerine bir araştırma. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 47(2): 107-112.
- Kingsly, A.R.P. Singh, D.B., Manikantan, M.R. ve Jain, R.K. (2006). Moisture dependent physical properties of dried pomegranate seeds (*Anardana*). *Journal of Food Engineering*, 75(4): 492-496 <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.04.033>
- Marques, L.G. Silveira, A.M., Freire, J.T. (2006). Freeze-drying characteristics of tropical fruits. *Drying Technology*, 24:457-463. <https://doi.org/10.1080/07373930600611919>
- Masum, A. (2021). *Mısır sömeği ve pamuk çırçır atıklarından kompozit malzeme üretimi ve mekanik özelliklerinin araştırılması*. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği ABD Doktora Tezi (Yayımlanmamış), İzmir.
- Meisami-asl E., Rafiee S., Keyhani A. ve Tabatabaeefar A. (2009). Some physical properties of apple cv. 'Golab'. *Agricultural Engineering International: The CIGR Ejournal Manuscript* 1124. Vol. XI.
- Mohsenin, N. N., 1986. *Physical properties of plant and animal materials*. Gordon and Breach Science Publishers. New York.
- Naderiboldaji, M., Khub, A. K., Tabatabaeefar, A., Varnamkhasti, M. G. ve Zamani, Z. (2008). Some physical properties of sweet cherry (*Prunus avium* L.) fruit. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 3(4): 513-520.
- Ozturk, I., Ercisli, S., Kalkan, F., ve Demir, B. (2009). Some chemical and physico-mechanical properties of pear cultivars. *African Journal of Biotechnology*, 8(4): 687-693.
- Sakooei-Vayghan, R., Peighambardoust, S. H., Hesari, J., Soltanzadeh, M. ve Peressini, D. (2020). Properties of dried apricots pretreated by ultrasound-assisted osmotic dehydration and application of active coatings. *Food Technology and Biotechnology*, 58(3), 249-259. <https://doi.org/10.17113/ftb.58.03.20.6471>
- Saraçoğlu, T., 2017. Bazı narenciye türlerinin seçilmiş fiziksel ve hidrodinamik özellikleri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 32(2017): 206-215. <https://www.doi.org/10.7161/omuanajas.303881>
- Sharifi, M., Rafiee, S., Keyhani, A., Jafari, A., Mobli, H., Rajabipour, A. ve Akram, A. (2007). Some physical properties of orange (var. Tompson). *International Agrophysics*, 21, 391-397.
- TÜİK, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> (Erişim Tarihi: 25.05.2022).

EXTENDED ABSTRACT

Introduction and Research Questions & Purpose

It is very important to know the physical properties of the agricultural products and establish the standards and design criteria correctly for the production of systems used in many processes such as harvest, transportation, cleaning, classification, storage, processing and packaging from orchard to the table. For this reason, it is necessary to determine the physical and mechanical properties of the fruit after the drying process in dried agricultural products. In this study, it was aimed to determine some physical (size, mass, volume, geometric mean diameter, sphericity, bulk density, true density, projected area) and mechanical (static friction coefficient and behavior under force) properties of dried persimmon fruit.

Methodology

In order to determine the moisture content of dried fruits, 10 fruits were cut into small pieces and kept in an oven at 70°C until they reach a constant weight, and the average moisture content of the samples was determined according to the wet basis. To determine the physical properties of samples, at room temperature, mass measurements of fruits in air and water were made with the help of a precision scale. With the help of the obtained data and water density value, fruit densities were determined. In the experiments, the dimensions of the fruit samples were measured with a caliper. Geometric mean diameter and sphericity values were calculated with the determined dimensions. In order to determine the projection area, digital photographs of each fruit were taken with 1 cm² calibration surfaces on two main axes and analyzed using ImageJ (Image Processing and Analysis in Java) image processing program. A test device with adjustable surface inclination was used to determine the static friction coefficients of persimmon fruits. Measurements were made on cardboard, wood, stainless steel, and rubber surfaces in two positions, in the direction of the fruit stem axis and in the direction perpendicular to the fruit stem axis. In order to determine the behavior of the fruits under load, the fruits were subjected to the compression test. In the compression test, six different compressibility levels, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% and 60%, were used by taking the compression speed of 5 mm·min⁻¹.

Results and Conclusions

The average moisture content of the samples used in the study was measured as 19%. The average length, width, thickness, mass, volume, geometric mean diameter and sphericity of the dried persimmon fruit were measured as 57.76 mm, 41.59 mm, 32.72 mm, 48.11 g, 38.47 cm³, 42.75 mm and 0.74, respectively. Bulk density and true density values of fruits were determined as 0.48 g cm⁻³ and 1.24 g cm⁻³, respectively. In addition, the projected areas determined according to the width and thickness axes of the fruits were found to be 2018.87 and 1714.23 mm², respectively. Static friction coefficients of fruits were determined on the lowest stainless steel and highest cardboard surfaces. The maximum force, deformation and deformation energy obtained at different compressibility levels (10-60%) in compression trials varied between 7.18-288.89 N, 3.19-22.39 mm and 0.011-3.234 J, respectively. As a result, it can be said that the findings obtained in the study will contribute to develop more efficient and effective processing machines and packaging systems.

Yazarların Biyografisi



Türker SARAÇOĞLU

Lisans ve Yüksek Lisans eğitimini Aydın Adnan Menderes Üniversitesinde, Doktora eğitimini Ege Üniversitesinde tamamlamıştır. Doktora derecesini aldıktan sonra 1 yıl süre ile ABD Kaliforniya eyaletinde, UC Davis Üniversitesinde doktora sonrası çalışmalarda bulunmuştur. 2018 yılında Doçent ünvanı alan Saraçoğlu halen Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliğinde Öğretim Üyesi olarak görev yapmaktadır.

İletişim

tsaracoglu@adu.edu.tr

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0002-4434-4126>



Cengiz ÖZARSLAN

Lisans, Yüksek Lisans ve Doktora eğitimini Ankara Üniversitesi'nde tamamlamıştır. 1987-1995 yıllarında aynı üniversitede Araştırma Görevlisi olarak görev almış, 1995 yılında Aydın Adnan Menderes Üniversitesi'ne geçiş yapmıştır. 2003 yılında Profesör ünvanı alan Özarslan halen Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliğinde Öğretim Üyesi olarak görev yapmaktadır.

İletişim

ozarslanc@yahoo.com

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0002-1156-2362>



Sena Nur KILIÇ

1999 yılında Marmaris, Muğla'da doğmuş, ilk, orta ve lise eğitimini Marmaris'te tamamlamıştır. 2021 yılında Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimini tamamlamıştır. 2021 yılı güz döneminde başladığı Yüksek Lisans eğitimine Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ABD'nda devam etmektedir.

İletişim

klcs.nur@gmail.com

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0001-7545-3950>

Gerçek Zamanlı Değişken Oranlı Gübre Kontrol Sisteminin Performansının Saptanması

Determining The Performance of Real Time Variable Rate Fertilizer Control System

Bahattin Akdemir^{1,*}, Eray Önler¹

¹ Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ, Türkiye.

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): B. Akdemir, e-mail (e-posta): bakdemir@nku.edu.tr

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 29.08.2022
Düzeltilme tarihi : 14.11.2022
Kabul tarihi : 14.11.2022

Anahtar Kelimeler:

Hassas Tarım
Değişken Oranlı Gübreleme
Sensör
Gerçek Zamanlı Uygulama

Atf için:

Akdemir, B., Önler, E. (2023). "Gerçek Zamanlı Değişken Oranlı Gübre Kontrol Sisteminin Performansının Saptanması", *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 19(1): 26-35.

ÖZET

Değişken oranlı tarımsal girdi uygulaması hem çevreyi korumak ve hem de gereksiz tarımsal üretim girdisi kullanmayı önlemek için kullanılmakta olan en önemli hassas tarım uygulamalarından birisidir. Bu çalışmada, kamera ile gübre ihtiyacını belirleyen ve santrifüj gübre dağıtma makinalarında değişken oranlı gübreleme yapan kontrol sisteminin performansı saptanmış ve değerlendirilmiştir. Sistem gerçek zamanlı olarak kamera görüntüleri ile yaptığı analiz sonucu bulduğu indis değerlerini dikkate alarak gübre ihtiyacını saptamaktadır. Araştırmada sistemin testleri sabit oranlı ve değişken oranlı gübre uygulama normları için 46-0-0 (N, P, K) kompoze gübresi ile yapılmıştır. Araştırmada yaygın olarak kullanılan 10, 15, 20 ve 25 kg da⁻¹ gübreleme normlarında sistemin performansı incelenmiştir. Araştırma sonucunda sabit gübre normunda sistemin ayarlanan değere göre farkı %0.56 ile %4.42 arasında değişmiştir. Ayarlanan ve ölçülen gübre normu arasında Pearson Korelasyon katsayısı r=0.999 olarak hesaplanmıştır. Yüksek korelasyon katsayısı sistemin ayarlanan değerlere çok yakın miktarda gübre attığını ifade etmektedir. Değişken oranlı gübreleme için denemelerde ayarlanan normlar ile uygulanan gübre normları arasındaki farklar %3.8 ile %5.1 arasında değişmiştir. Sistem laboratuvar testlerinde gerek sabit gübreleme normları için gerekse belirlenen bir senaryo çerçevesinde değişken oranlı gübreleme normları için kabul edilebilir sınırlar içinde değişkenlik göstermiştir. Elde edilen sonuçlar kontrol sisteminin değişken oranlı gübreleme için TS EN 13739-1'de verilen sınırlar içerisinde başarıyla kullanılabileceğini göstermiştir.

Article Info

Received date : 29.08.2022
Revised date : 14.11.2022
Accepted date : 14.11.2022

Keywords:

Precision agriculture
Variable rate fertilization
Sensor
Real time application

How to Cite:

Akdemir, B., Önler, E. (2023). "Determining The Performance of Real Time Variable Rate Fertilizer Control System", *Journal of Agricultural Machinery Science*, 19(1): 15-35.

ABSTRACT

The application of agricultural inputs as variable rate was one of the most important precision agriculture practices in order to both protect the environment and prevent unnecessary usage of agricultural production inputs. In this study, the performance of the variable rate fertilization control system that detects the fertilizer requirement in real time with cameras has been determined and evaluated. The system determines the fertilizer requirement based on the index values determined by the analysis performed with real-time camera images. In the system research, the tests were carried out with 46-0-0 composite fertilizer (N, P, K) composite fertilizer for fixed-rate and variable-rate fertilizer application rates. The performance of the system was investigated for the fertilization rate of 10, 15, 20 and 25 kg da⁻¹. In the tests made for the fixed fertilizer rate, the applied fertilizer rate and the adjusted fertilizer rate varied between 0.56% and 4.42%. Pearson Correlation coefficient between adjusted and applied fertilizer rate was calculated as r=0.999. The high correlation coefficient indicates that the system applied fertilizer very close to the set values. In tests carried out for the variable rate fertilizer rate, the applied fertilizer rate and the adjusted fertilizer rate varied between 3.80% and 5.10%, respectively. In laboratory tests, the system showed variation within acceptable limits of centrifugal fertilizer spreaders for both fixed fertilization rates and the variable rate fertilization scenario. The results show that the control system can be used successfully for variable rate fertilization within the limits given in TS EN 13739-1.

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun gıda ihtiyacını karşılayabilmek için daha geniş anlamda uluslararası iş birliği, sürdürülebilir tarımsal kalkınma, çevreci yaklaşımlar, tarımsal üretimde ileri teknoloji kullanımı gibi konular üzerinde yoğun bir şekilde durulması gerekmektedir (Cox, 2002). Günümüzde teknoloji sayesinde çiftçiler arazilerine ait ölçümler yapabilmekte, topladıkları verileri analiz ederek arazi üzerindeki değişimleri dikkate alarak üretimi maksimize edebilmektedirler (Blackmore, 1999). Hassas tarım; alışlagelmiş sabit düzeyli diğer bir deyişle üretim yapılacak alanın ölçülen toprak özelliklerinin ortalama değerlerini esas alan tarımsal uygulama yöntemleri yerine, değişken düzeyli uygulamayı esas alan ve genellikle tarlanın 0.4-1.0 hektar (ha) arasında değişen küçük parsellere ayrılmış bölümlerinin gereksinimlerini dikkate alarak yapılan tarımsal işletmecilik ve tarımsal üretim yöntemidir (Davis, 1998). Hassas tarımın karlılığı için önemli bir konu da çiftlik büyüklüğüdür. Sabit maliyetli yatırımları amorti etmek için minimum bir çiftlik büyüklüğü gerekir. Ortalama çiftlik büyüklüğünün önemli ölçüde değiştiği AB genelinde hassas tarımın adaptasyonu için minimum çiftlik büyüklüğü araştırılmıştır. Otomatik yönlendirme sistemlerinin 100-300 ha büyüklüğündeki alanlara uygulandıklarında karlı olduğu saptanmıştır (Frank vd., 2008; Lawes ve Robertson, 2011; Zarco-Tejada vd., 2014). Ülkemizde yapılan bir araştırmada; tarladaki %5, %10, %20 ve %50 değişkenlik aralığı için duyarlık analizi yapılmıştır. Kombine sistemde, 100 ha'lık alanda, İç Anadolu Bölgesinde buğday üretiminde %16.41'lik, Güneydoğu Anadolu'da pamuk üretiminde %3.96'lık ve Çukurova'da mısır üretiminde %4.01'lik denge verim artışıyla hassas tarım maliyetinin karşılanabileceği sonucu elde edilmiştir (Özgüven ve Türker, 2010).

Değişken miktarlı uygulama kavramı ile gübre dağıtma makinası veya ekim makinasının toprağın gereksinimine göre gübre, toprağın yetiştirebileceği miktarda tohum dağıtması veya tarladaki yabancı ot haritasına göre ilaçlamanın yapılması örnekleri verilebilir (Kirişçi vd., 1999; Moore, 1999). Hassas tarımın hedefi sadece verim artışı değil, aynı zamanda verim kaybına yol açmayacak ölçüde girdi kullanımını azaltacak şekilde uygulanmasını içermektedir. Blackmore vd. (1994a), hassas tarımın birçok bileşen ile etkileşim halinde olduğunu belirtmiş ve hassas tarımı oluşturan çeşitli unsurlar arasındaki ilişkilerin tüm bileşenlerinin sadece bir ana amaca hizmet etmediğini, verimliliği artıran unsurlar esas alındığı gibi çevre kirlenmesini asgariye indirecek tedbirler ve kültürel uygulamaların da dikkate alınması gerektiğini belirtmiştir. Blackmore vd. (1994b), farklı değişken oranlı gübreleme yapan gübre dağıtma makinalarını kullanmışlar ve değişik N, P ve K kombinasyonlarının bu makinalarla rahatlıkla uygulanabileceğini belirtmişlerdir.

Kimyasal (mineral) gübrelerin bilinçsiz bir şekilde kullanımı ile oluşan çevre kirlenmesi sonucunda bozulan doğa dengesinin yeniden kurulması çok güç olduğundan, bu konuda gerekli önlemlerin acilen alınmasının büyük bir önemi vardır (Bellitürk, 2005). Geleneksel olarak gübre topraktaki değişkenliği dikkate alınmaksızın tüm tarlaya eşit uygulanır. Toprak örnekleri ayrı ayrı alınıp karıştırılarak tek bir örnekmiş gibi analiz edilir ve sonuçta elde edilen verilere göre tek bir gübreleme normu önerilir. Bununla birlikte, hassas tarım teknolojileri ile grid ya da toprak gruplarına bağlı olarak örnekleme ile topraktaki değişkenlik saptanabilir. Bunun sonucunda da değişken miktarlı gübreleme gerçekleştirilebilir (Sındır ve Tekin, 2002).

Gerçek zamanlı azot algılanması ve gübreleme ile ilgili yapılan bir çalışmada, çok spektrumlu bir görüntü sensörü (Multi-Spectral Imaging Sensor-MSIS) değişken miktarlı bir kontrol sistemi ile birlikte kullanılmıştır. Sistem mısır yetiştiriciliğinde azot (N) uygulanması için test edilmiştir. Azot miktarları

ve klorofil değerleri gerçek zamanlı olarak saptanarak azot öneri modeli geliştirilmiş ve uygulanması gereken azot miktarı belirlenmiştir. Çalışma sonucuna göre, MSIS kullanımının ürünlerdeki azot miktarını ve birçok parselde verimi arttırdığı saptanmıştır (Kim vd., 2002).

Kışlık buğdayda yapılan 6 yıllık bir araştırmada; ilkbahar mevsiminde ürün yoğunluğu kullanılarak gerçek zamanlı azot gereksinimi saptanmış ve değişken miktarlı gübre uygulamasından önemli avantajlar elde edilmiştir. Ortalama ekonomik karlılık 22 £ ha⁻¹ ve tüketilen azotlu gübre miktarında ise 1/23 oranında bir tasarruf sağlanmıştır. Araştırma sonuçlarından yararlanılarak oluşturulan verim haritaları ile çiftçilere yardımcı olması için stratejiler geliştirilmiştir (Godwin vd., 2002). Güçdemir vd. (2004), 64 da ve 67 dekar (da) büyüklüğündeki tarlalarda gerçekleştirdikleri çalışmada verim görüntüleme, kayıt sistemi ve uydu bilgisayarı ile kayıt ettikleri verimle birlikte 30-40 metrelik grid (karelaj) noktalarından grid örnekleme yöntemine göre toprak ve bitki örnekleri almışlardır. Toprak, bitki ve yabancı ot değişkenliği georeferanslı olarak haritalanmış ve veriler bir istatistik programı yardımıyla analiz edilmiştir. Bazı toprak özellikleri ile verimin alansal dağılımı her iki deneme alanında da önemli değişkenlikler ve farklılıklar göstermiştir. Verim ile bazı toprak özellikleri arasında ilişkiler bulunmuştur. Topraklarda çinko, fosfor kapsamaları ve yabancı ot yoğunlukları ile verim değerleri arasında ilişkiler istatistiksel bakımdan önemli bulunmuştur. Bu üç parametre içinde değişken oranlı uygulama haritaları oluşturulmuştur. Bongiovanni ve DeBoer (2000), değişken oranlı gübre stratejilerinin ortaya konulması amacıyla ürün azot etkisini belirlemek için verim izleme verilerinin mekansal regresyon analizlerini kullanmışlardır. Bu amaçla Arjantin'de mısır üretiminde en çok uygulanan azot dozu dikkate alınmış ve alana özgü ürün cevap fonksiyonlarını tahmin etmek için tarla denemeleriyle elde edilen ürün verimleri kullanılmıştır. İlk yıl verilerine göre azotun arazi şekline göre uygulama etkisinin önemli oranda farklılık gösterdiği ve değişken oranlı gübre uygulama teknolojisinin, maliyetine bağlı olarak azot için üniform uygulama şekli olan 80 kg da⁻¹'dan daha karlı bir uygulama şekli olacağını göstermişlerdir.

Azot, doğru kullanıldığında verimde önemli artışlar sağlar. Aşırı ve az kullanıldığı durumlarda verim kayıplarına neden olduğu gibi yine aşırı kullanımı yeraltı ve yerüstü sularının da kirlenmesine de yol açmaktadır (Mills ve Jones, 1979). Frantzen (1999), azot uygulamaları için işletmecilik alt bölgelerini; hava fotoğrafı, uydu görüntüleri, toprak elektriksel geçirgenliği (EC), verim haritaları gibi birçok yöntemi kullanarak oluşturmuşlardır. Toprak elektriksel geçirgenliğini ölçen sensörlerin, disk toprak elektrotu veya EM38 manyetik endüksiyonu ile yönetim bölgelerinin belirlenmesine yardımcı olabileceği açıklanmıştır. Bu çalışmanın sadece azot için değil fosfor, potasyum gibi diğer besin maddelerinin gübrenmesine de olanak tanıyacağını, doğru yorumlama yapabilmek için değişik toprak parametreleri ile toprak EC'si arasındaki ilişkinin kurulmasının önemli olduğu belirtilmiştir.

Tarladaki değişen ürün azot (N) talebini belirlemek için doğru ve verimli araçların kullanılması gereklidir. Mevcut toprak ve bitki analiz yöntemlerinin gerekli mekânsal çözünürlükte gerçek azot talebi hakkında veri sağlamada kullanımının oldukça maliyetli ve zaman alıcı olduğu kanıtlanmıştır. Türker ve Güçdemir (2018) mısırdaki N sensörü kullanarak verimde herhangi bir kayıp olmadan azotdan %20 tasarruf sağlamışlardır. Çeltik (*Oryza sativa* L.) üretimi için değişken oranlı bir gübre aplikatörünün performansını değerlendirmek amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Sensörün tarla performansı farklı azot seviyelerinde (N1 ile N4, 75, 125, 175 ve 225 kg ha⁻¹), büyüme aşamalarında (kardeşlenme, başaklanma) ve bitkiden farklı yüksekliklerde (40, 60, 80 ve 100 cm) değerlendirilmiştir. Sistem tarafından uygulanan toplam gübre miktarında önerilene göre %45 azalma saptanmıştır (Mirzakhani-fchi vd., 2022).

Diskli gübre dağıtma makinaları için DC motorla kontrol edilen değişken oranlı kontrol sistemi geliştirilmiştir. Prototip olarak geliştirilen değişken oranlı kontrol sistemine sahip gübre dağıtma makinasının testleri laboratuvar ve tarlada yapılmış ve sistem başarıyla çalıştırılmıştır (Tekin, 2005). Ülkemizde yapılan bir çalışmada; çiftçinin uyguladığı alışlagelmiş homojen gübre uygulaması yerine, bitkinin ihtiyacına uygun belirlenmiş miktarları konuma göre uygulayan diskli gübre dağıtma makinası ile çalışan değişken düzeyli gübre uygulama kontrol sistemi geliştirilmiştir. Araştırmada materyal olarak santrifüjlü gübre dağıtma makinası, step motor, değişken düzeyli kontrol sistemi, GPS ve uygulama haritası programı kullanılmıştır. Ayrıca laboratuvar testleri için bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Geliştirilen kontrol sistemi çiftçiler tarafından yaygın olarak kullanılan 15-15-15 (N-P-K), %46 Üre, 20-20-0 (N-P-K) ve %33 Amonyum Nitrat gübreleri için test edilmiştir. Geliştirilen kontrol sistemi testler sırasında sorunsuz olarak çalışmıştır (Akdemir vd., 2018). Yinyan vd. (2018a) değişken oranlı kontrol sistemine sahip bir gübre serpme makinası geliştirmişlerdir. Sistem yansıma esaslı bir sensörden aldığı verilere göre diskli gübre dağıtma makinalarında gübre miktarını kontrol etmek için bir step motorla tahrik edilen bir sistem kullanılmıştır. Çalışmalarında, geliştirilen sistemin performansını ve gübre dağılım homojenliğini iyileştirmeyi amaçlamışlardır. Sonuçlar, kanat eğim açısındaki artışla gübre dağılımının düzensiz bir şekilde değiştiğini göstermiştir. Ayrıca disk yüksekliği arttıkça varyasyon katsayısının azaldığı saptanmıştır. Yinyan vd. (2018b) değişken oranlı gübreleme kontrol sisteminin hızlı tepki verme yeteneğini geliştirmek ve bir santrifüj değişken oranlı serpme makinasında gübre sistemine karşılık gelen hataları azaltmak için farklı aktüatörler kullanarak uygulama hızını ayarlayabilen üç cihaz geliştirmişlerdir. Bunlar dişli ve kremayer yapısı A, elektrikli el burğu yapısı B ve vidalı sürgü yapısı C olarak tanımlanmıştır. Test sonuçları A, B ve C aktüatörleri için ortalama gecikme mesafesinin $LA > LC > LB$ olarak sıralandığını ve ilgili değerlerin sırasıyla 3.56, 2.72 ve 1.85 m olduğunu göstermiştir. Gecikme düzeltme süreleri sırasıyla 1.99, 1.74 ve 1.48 s olarak belirlenmiştir.

Sıraya gübre atma makinasına modifiye edilmiş değişken oranlı bir granül gübre sisteminin performansını belirlemeye yönelik yürütülen bir çalışmada gübre değişkenlik katsayısı ve tepki süresi dikkate alınmıştır. Sonuçlara göre, enterpolasyon doğruluğu 0.94 (R^2) olarak belirlenmiştir. Tepki süreleri, en düşük gübre miktarından en yüksek miktara ve en yüksekte en düşük miktara geçiş oranları 1 m s^{-1} ilerleme hızında sırasıyla 4.44 ve 4.63 s olarak hesaplanmıştır. Varyasyon katsayısı, gübre uygulama normunun 0 kg ha^{-1} dan 150 kg ha^{-1} a artışı için %6.44 ile %26.25 olarak saptanırken, 150 kg ha^{-1} 'dan 0 kg ha^{-1} azalışı için %10.45 ile %81.3 arasında saptanmıştır. Gübre dağıtma ünitelerinin gübre uygulama normu açısından aralarındaki varyasyon katsayısı (CV) artan ve azalan uygulama normları için sırasıyla %10.11 ila %36.15 ve %11.15 arasında %117.89 gerçekleşmiştir (Türker vd., 2019).

Uzaktan algılama teknolojisinde yeşil bitki örtüsünün izlenmesinde en çok kullanılan araçlardan biri Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) verileridir. NDVI, yakın kızıl ötesi (NIR) ve kırmızı (RED) ışık dalga boyunda algılama yapan bantlardan hesaplanmaktadır. Bu iki dalga boyunun matematiksel modellemesi ile oluşturulan NDVI, bitkilerin biyokütle miktarı ve yaprak alan indeks değerinin ana göstergesi olarak kabul edilmekte ve büyüme döneminde bitki gelişimini izlemek ve verimi tahmin etmek amacıyla kullanılmaktadır (Tucker, 1979).

Bu çalışmada; santrifüj gübre dağıtma makinalarında kameralar ile gerçek zamanlı olarak gübre ihtiyacını saptayan değişken oranlı gübreleme kontrol sisteminin performansı değerlendirilmiştir. Sistemin performansı sabit oranlı ve değişken oranlı gübre uygulama normları için araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

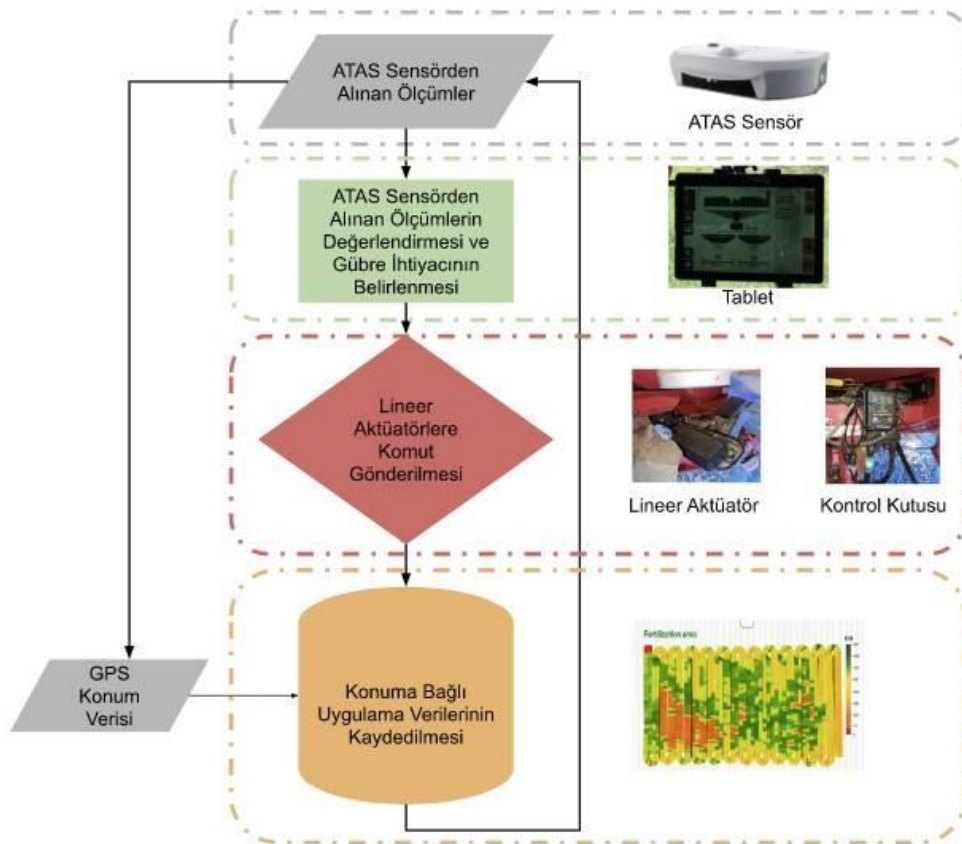
2.1. Materyal

2.1.1. Değişken oranlı gübre uygulama sistemi

Gerçek zamanlı değişken oranlı uygulama yapan sistemin ana unsurları ve kullanım amaçları aşağıda sıralanmıştır.

- Sensör: Kameralar ile bitkiden aldığı görüntüyü işleyerek gübre ihtiyacının saptanması için bir indis geliştirir.
- Yazılımı içeren tablet: Sensörden gelen indis değerlerine göre aktüatörlerin hareketini sağlar.
- Gübre serpmeye ünitesine yerleştirilen lineer aktüatörler: Gübrenin aktığı açıklığı kontrol ederek atılan gübre miktarını ayarlar.
- Kontrol kutusu: Gerçek zamanlı değişken oranlı uygulama yapan sistemden gelen komutları lineer aktüatörlere iletir.
- Kablolar ve enerji bağlantıları.

Sistem, traktörün ön tarafına bağlanmakta ve tarla bitkilerinde azot ihtiyacını kamera ile tespit etmektedir. Gübre ihtiyacı gerçek zamanlı olarak traktörün arkasındaki diskli gübre serpmeye makinası üzerindeki elektrikli aktüatörlere iletilmekte ve gerçek zamanlı olarak farklı gübre normları uygulanabilmektedir (Şekil 1). Gübre uygulama normları sistemde bulunan GPS'ten elde edilen koordinatlar ile eşleştirilerek tablet hafızasına kaydedilmektedir.



Şekil 1. Değişken oranlı gübre uygulama sisteminin akış şeması ve parçaları (Augmenta, 2022)

Gerçek zamanlı değişken oranlı gübre kontrol sistemi (ATAS -Augmenta Tarla Analiz Sistemi) tarla ortamında ilk kez çalıştırıldığında tablet arayüzüne girilmesi gereken bilgiler:

- Yetiştirme mevsimi,
- Bitki gelişim seviyesi,
- İdeal koşullar için gübre normu,
- Bitki türü,
- Gübre çeşididir.

Sistem çalıştırılarak traktör ilerlemeye başladığı anda ATAS, hıza duyarlı olacak şekilde sabit oranda gübre uygulaması yapabilmektedir. İlk 50-75 m yol kateden ATAS havanın ve bitkinin durumuyla ilgili bilgileri (sis, bitki üzerinde bulunabilecek çiğ, ışık koşulları vb.) alarak işler ve öğrenme sürecinin ardından bitkinin azot ihtiyaç dengesine göre ilk başta girilen gübre normu değerinde uygulama yapmaya başlamaktadır.

Sistemin kalibrasyon aşamaları:

1. Sensör açılır ve bilgisayar aracılığıyla yazılımın (Augmenta Configuration) ayarları yapılır.
2. Sensörün yerden yükseklik bilgisi girilir.
3. Kamera kalibrasyonu yazılım tarafından otomatik olarak gerçekleştirilir.
4. Sensör ve gübre serpmeye diski arasındaki uzaklık girilir.
5. Motorların hareketleri kontrol edilir.
6. Motorların minimum ve maksimum değerleri kaydedilir. Sağ ve sol lineer aktüatörler sırası ile maximum strok değerine kadar açılır, bu değer lineer aktüatörün fiziksel olarak geldiği limitlere istinaden geri bildirim yaptığı rakamsal konum değeridir. Yazılım üzerinden kaydedilir, sonra kapatılır ve bu değer lineer aktüatörün fiziksel olarak geldiği limitlere istinaden geri bildirim yaptığı rakamsal konum değeridir. Bu rakam ilgili lineer aktüatörün kendi konumunu verdiği (LINAK marka) rakamsal yaklaşık 0-3900 arası bir değerdir. Herhangi bir birimi yoktur. Ancak aktüatörün strok uzunluğunun 200 mm olması durumunda kabaca 1 birim yaklaşık 0,05 mm'yi ifade etmektedir.
7. Fiziksel skala ile yazılım üzerinden açma ve kapama değerleri kontrol edilir.
8. Gübre kalibrasyonu için her bir gübre deposuna en az 150'şer kg granül gübre eklenir ve operasyon şartlarında çalıştırılır.
9. Denemelerde çalışma koşulları için imalatçı firmanın önerileri dikkate alınmıştır. (Ör. Serpmedeki diskler yerden 80 cm yükseklikte olmalı, shaft 540 d/dk ile çalışmalı vb.). Sistemde daha önceden kalibrasyonu yapılmış gübre seçilir.
10. Tabletteki yazılım ara yüzü ile kalibrasyon başlatılır ve kalibrasyon atılması gereken gübre miktarına yaklaşıncaya kadar tekrarlanır.

Kalibrasyon ekranında yazılım tarafından atılması planlanan gübre miktarı yazmaktadır. Uygulamada atılan gübrenin ağırlığı elektronik kantar ile tartılarak bu değer ekrana girilir. Kalibrasyon yapılarak, sistemin belirlediği gübre miktarı ile ölçülen gübre miktarının birbirine yakın olması sağlanır.

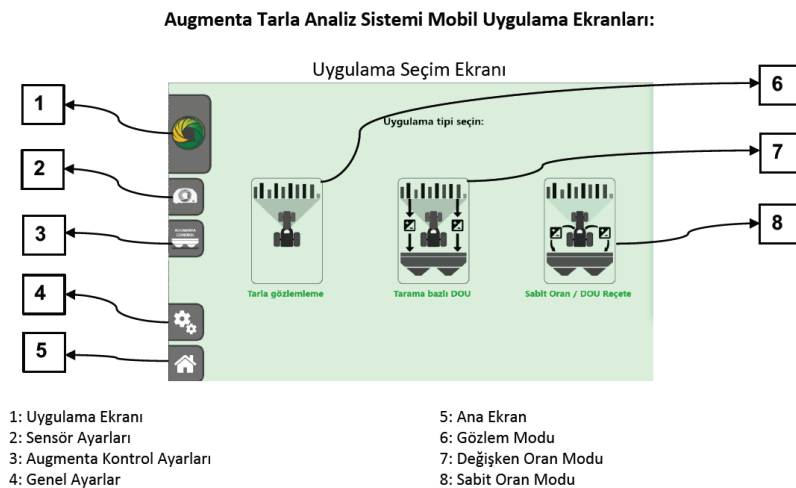
Kalibrasyon ile seçilen gübre tipi için "uygulama profili" oluşturulmaktadır.

Augmenta Tarla Analiz Sistemini (ATAS) oluşturan kamera, yazılım, tablet, lineer aktüatör ve kontrol kutusunun teknik özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

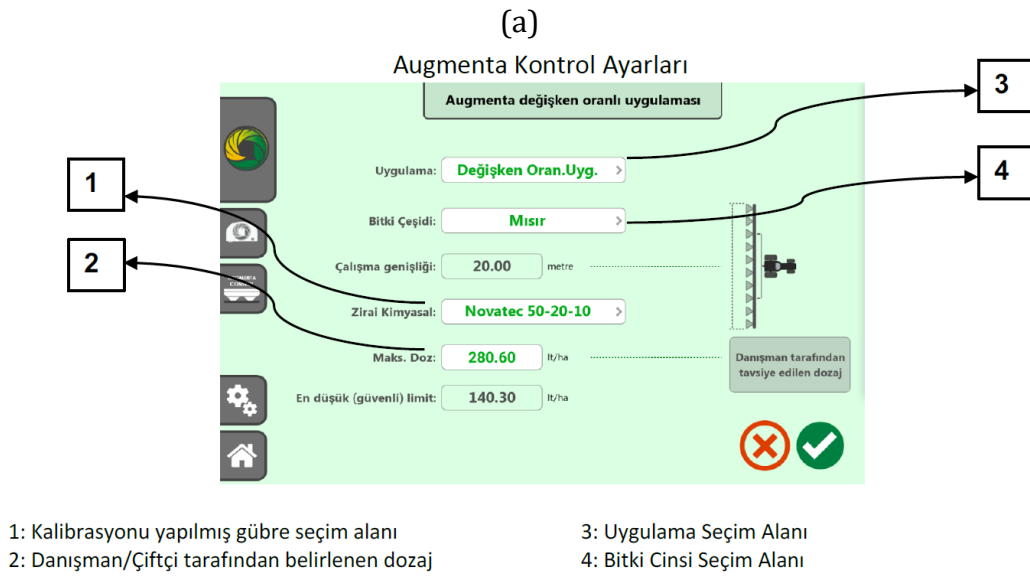
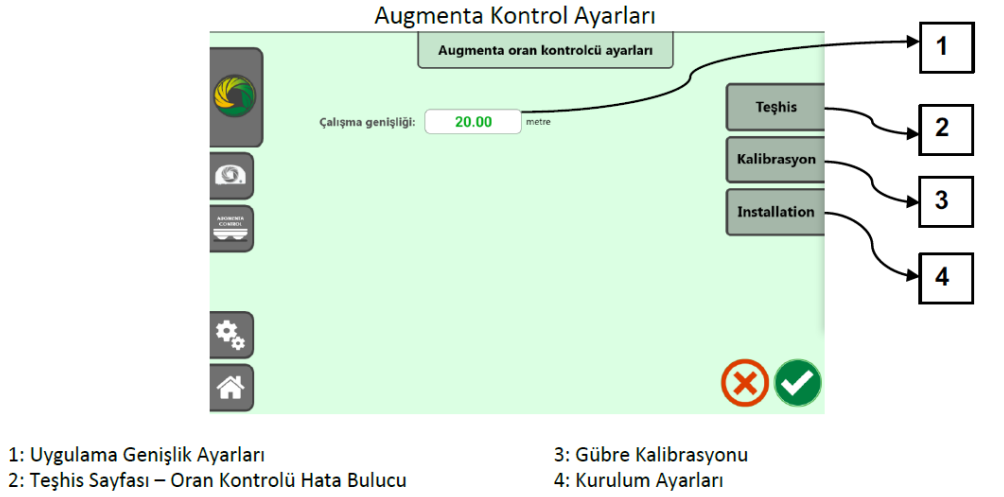
Çizelge 1. Kameranın teknik özellikleri

Genel	Çalışma genişliği	4 m yükseklik için 40 m
	Çalışma yüksekliği	1.5- 5m arası
	Traktör çalışma hızı	Maksimum 40 km h ⁻¹
	Çalışma ortam sıcaklığı	-20 °C ...45 °C arası
	Çalışma ortam nemi	%75 yoğunlaşmamış nem
	Çalışma aydınlık seviyesi	Minimum 400 lux
Ön kısım	Kamera sensörü	4K kalitede 3 kamera sensörü
	Spektrum filtreleme yapılan dalga boyları	(CWL650, CWL780, IRCUT)
	Görüş açısı	110°
Üst kısım	Kamera sensörü,	4K kalitede 1 kamera sensörü
	Görüş açısı	180°
	Ortam ışık ölçümü	Ortam ışık seviye sensörü
Bağlantı	GSM bağlantısı	Global 4G/LTE, 3G ve 2G ağlara uyumlu - Nano SIM
	GPS bağlantısı	Gömülü GNSS çipi
	Wi-Fi bağlantısı	Sistem ile verilen tablet ile Wi-Fi bağlantısı vardır
	Bağlantı portları	Ethernet
Enerji	Çalışma voltajı	12 V DC
	Enerji sarfiyatı	~36 W (normal) ~70 W (normal) / 120 W (en yüksek)
	Enerji soketleri	Augmenta Manuel Enerji soketleri

Yazılım: Android tabanlı bir mobil uygulama programı olan Augmenta Tarla Analiz Sisteminde (ATAS) uygulama seçim ekranı Şekil 2'de, Augmenta kontrol ayarları Şekil 3'te, değişken oranlı uygulama ekranı Şekil 4'te, değişken oranlı uygulama çalışma özet ekranı Şekil 5'te ve teşhis sayfası-oran kontrolü hata bulucu Şekil 6'da verilmiştir.

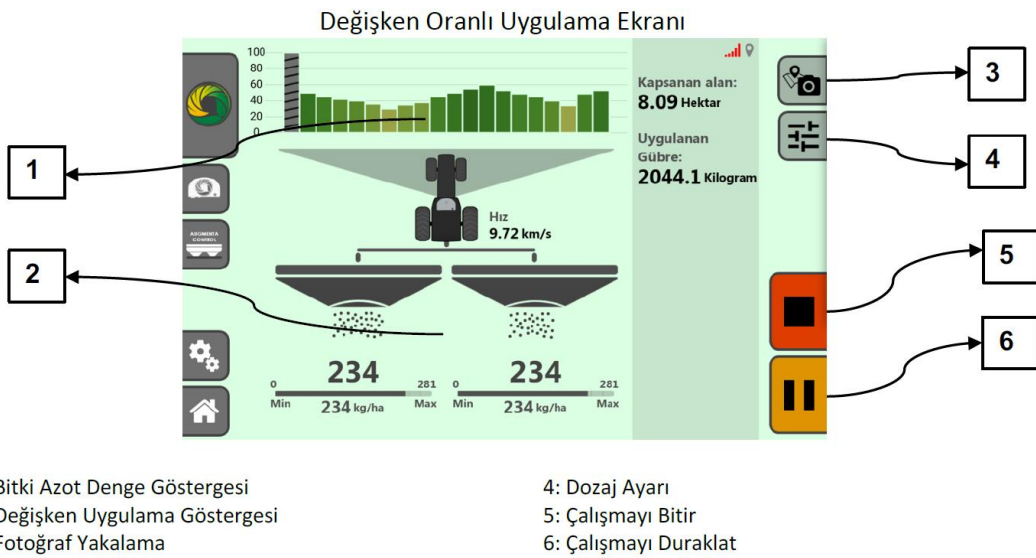


Şekil 2. Uygulama seçim ekranı (Augmenta, 2022)



(b)

Şekil 3. Kontrol ayarları (Augmenta, 2022) (a) oran kontrol ayarları (b) değişken oranlı uygulama



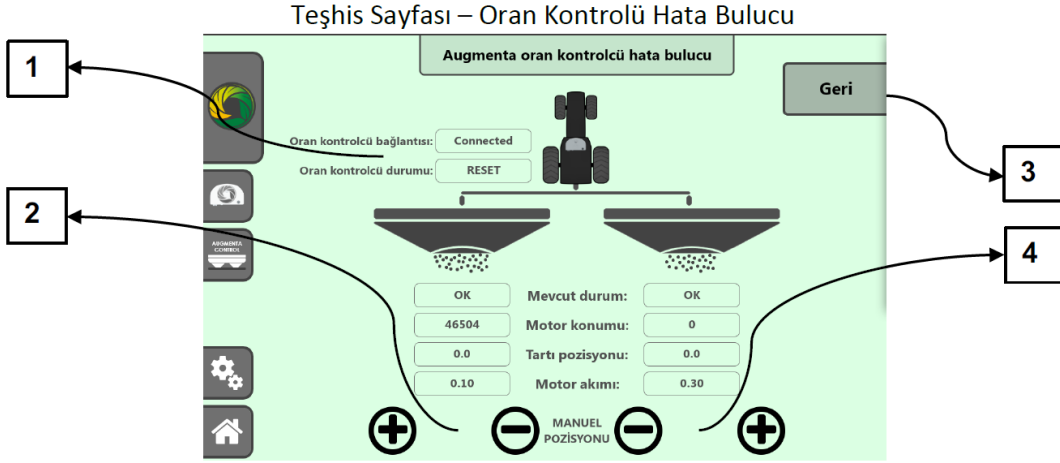
Şekil 4. Değişken oranlı uygulama ekranı (Augmenta, 2022)



1: DOU Çalışmaya Ait Özet Bilgiler
2: Çalışmaya ait eklenecek notlar (varsa)

3: Uygulama sonucu ile gerçekleştirilecek kalibrasyon seçeneği
4: Bitirme / Ana Sayfaya dönme butonu

Şekil 5. Değişken oranlı uygulama çalışma özet ekranı (Augmenta, 2022)



1: Bağlantıya ilişkin bilgiler
2: Sol Serpme Gözü Aç/Kapa

3: Teşhis Sayfasından çıkış
4: Sağ Serpme Gözü Aç/Kapa

Şekil 6. Teşhis sayfası – Oran kontrolü hata bulucu (Augmenta, 2022)

Tablet: Lenovo Tab E10 android tablet kullanılmıştır.

Lineer Aktüatör: Gübre serpmeye ünitesine monte edilen lineer aktüatörler LINAK LA 12 tip aktüatördür. Özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Lineer aktüatörün teknik özellikleri

<i>Tip</i>	<i>12xx00-1xxx12xx</i>
Mil adımı (mm)	2
Maksimum çekme/itme kuvveti (N)	750
Maksimum yük akımı (A)	4.6

Kontrol kutusu: ATAS'tan gelen komutları lineer aktüatörlere ileten kontrol kutusunun özellikleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Kontrol kutusunun özellikleri

<i>Kontrol kutusu:</i>	<i>Ecu Ünitesi</i>
Çalışma voltajı:	12VDC
Enerji tüketimi	~36 W (normal) / 80 W (anlık)
Bağlantılar	SideA: DT serisi 12 pin priz, Augmenta Sistemine bağlantı SideB: DT serisi 12 pin priz, Elektrikli Aktüatörlere bağlantı

2.1.2. Diskli gübre dağıtma makinası

AXIS RAUCH 30.1 çift diskli gübre dağıtma makinası testlerde kullanılmıştır (RAUSCH, 2022). Sistem bu makina üzerine kurulmuştur (Şekil 7). Çift diskli gübre dağıtma makinasının teknik özellikleri Çizelge 4'de verilmiştir.



Şekil 7. Çift diskli gübre dağıtma makinası

Çizelge 4. Çift diskli gübre dağıtma makinasının teknik özellikleri

<i>Özellik</i>	<i>Boyut</i>
Toplam genişlik	240 cm
Toplam uzunluk	145 cm
İş genişliği	12-42 m
Kuyruk mili devri	450-650 d/dk
Depo kapasitesi	1200 l

2.1.3. Gübre

Araştırmada üre (46-0-0) gübresi (Beyaz inci, Gübretaş, TR) kullanılmıştır. Azotun kütle oranı %46'dır (Anonim, 2022).

2.2. Yöntem

Değişken oranlı gübreleme kontrol sisteminin testleri sabit ve değişken oranlı gübre uygulama normları için 46-0-0 (N, P, K) kompoze gübresi ile yaygın olarak kullanılan gübreleme normları olan 10, 15, 20 ve 25 kg da⁻¹ için yapılmıştır.

Değişken oranlı gübreleme kontrol sistemi için 3 farklı test planlanmıştır. Bu testlerde sistemin sabit gübreleme normunda ve değişken oranlı gübreleme normunda attığı gübre miktarları ile ayarlanan değerler arasındaki farklar saptanmıştır. TS EN 13739-1 standardına göre ayarlanan akış debisi ile ölçülen akış debisi arasında maksimum izin verilen yüzde (%) sapma değerleri <25 kg dk⁻¹ akış debisi için %15, 25-150 kg dk⁻¹ arası için %10 ve >150 kg dk⁻¹ için %7.5 olarak bildirilmektedir (TSE, 2012; Önal vd., 2007).

Ayrıca sistem tarlada çalıştırılarak gübre atmadan ve değişken oranlı gübre uygulayarak saptadığı indeks değerleri ve attığı gübre miktarı değerleri belirlenmiştir.

2.2.1. Sabit gübre normu testleri

Değişken oranlı kontrol sisteminin sabit gübre normu testleri için, gübre dağıtma makinasının diskleri sökülerek traktöre bağlanmış ve 15 kg da⁻¹, 20 kg da⁻¹ ve 25 kg da⁻¹ gübreleme normları için kalibre edilmiştir. Sistem en az 30 saniye süreyle çalıştırılmış ve testler 3 tekrarlı yapılmıştır (Anonim, 1999; Önal, 2017). Gübrenin kütleli debisini belirlemek için 44 saniye akış sağlanmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Gübre norm testleri

Tartılarak belirlenen kütleli akış debileri ile ayarlanan gübre normu için yazılım tarafından belirlenen kütleli akış debileri arasındaki farklılıklar yüzde (%) olarak saptanmıştır. Negatif değerler için mutlak değer dikkate alınmıştır. Testlerde gübre akışının kütleli debisi saptandığı için elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde TS EN ISO 13739-1-2 Tarım Makinaları – Katı Gübre Yayıcılar ve Tam Genişlikteki Gübre Dağıtıcıları standardı kullanılmıştır. EN 13739-1/2 normuna göre, akış debisinden maksimum sapma 25-150 kg dk⁻¹ akış debisi aralığında maksimum %10 değerini aşmaması yeterli görülmektedir (Önal vd., 2007).

Ayarlanan ve uygulanan gübre normu arasındaki ilişki regresyon eğrisinde gösterilmiş ve regresyon katsayısı (R²) hesaplanmıştır.

2.2.2. Değişken oranlı gübreleme testleri

Değişken oranlı gübre uygulama testleri 15 kg da⁻¹, 20 kg da⁻¹ ve 25 kg da⁻¹ gübreleme normlarında yapılmıştır. Testler kapalı ortamda gerçekleştirilmiştir. Normal işletme koşulları dikkate alınarak

traktörün ilerleme hızı 11.99 km h^{-1} ve makinanın iş genişliği 15 m olduğu kabul edilmiştir. Gübre dağıtma makinasının diskleri sökülmüş ve sağ ve sol taraftan dökülen gübreler ayrı ayrı ölçülmüştür. Ölçümler 60 saniye süreyle 4 tekerrürlü yapılmıştır (Şekil 9).



Şekil 9. Değişken oranlı gübre uygulama testleri

Deponun sağ ve sol disk açıklıklarından dökülen gübreler tartılarak aralarındaki fark hesaplanmıştır. Ayrıca belirtilen gübre normlarını içeren senaryo için yazılımın hesapladığı toplam gübre miktarı ile ölçümle bulunan gübre miktarları arasındaki fark kg ve yüzde (%) olarak hesaplanmıştır. Elde edilen kütleli debi değerleri Önal vd. (2007)'ye göre değerlendirilmiştir.

2.2.3. Değişken oranlı gübreleme tarla testleri

Tarla denemeleri 7 Mayıs 2022 tarihinde Tekirdağ Yayabaşı köyünde buğday ekili bir arazide yapılmıştır. Sistemin tarla çalışma performansı gübre uygulanmadan ve değişken oranlı gübre uygulaması yapılarak belirlenmiştir (Şekil 10 ve Şekil 11).



Şekil 10. Buğday tarlasının uydudan alınmış ve deneme sırasındaki görüntüleri (Google Earth, 2022)



Şekil 11. Buğday tarlasında değişken oranlı gübre uygulaması

Denemeler tarlada bulutlanma ve güneşlenmenin değiştiği zaman dilimlerinde yapılmıştır. Bunun için aydınlanma şiddeti lüksmetre (Lutron, LX101, Tayvan) ile ölçülmüştür. Aydınlik şiddeti ölçümleri yerden ~1.5 m yükseklikte yapılmıştır.

Tarla şartlarında değişken oranlı gübre uygulama sistemi öncelikle gübre uygulamadan tarlada çalıştırılmış ve AUG INDEX değerleri saptanarak tarladaki değişkenlik belirlenmiştir. AUG Index, kameralar ile elde edilen görüntülerin analiz edilmesiyle belirlenen ve bitkide azot düzeyini gösteren 0 ve 1 arasında değişen bir indistir. Denemede elde edilen AUG-INDEX değerleri ve gübre uygulama normları (kg da^{-1}) coğrafi konuma bağlı olarak saptanmış ve kaydedilmiştir. Veriler için minimum, maksimum, ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı tanımlayıcı istatistik olarak hesaplanmış ve değerlendirilmiştir. Ayrıca elde edilen değerler ile AUG-INDEX haritası ve gübre uygulama haritaları Surfer programı kullanılarak oluşturulmuştur.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

3.1. Sabit Gübre Norm Test Sonuçları

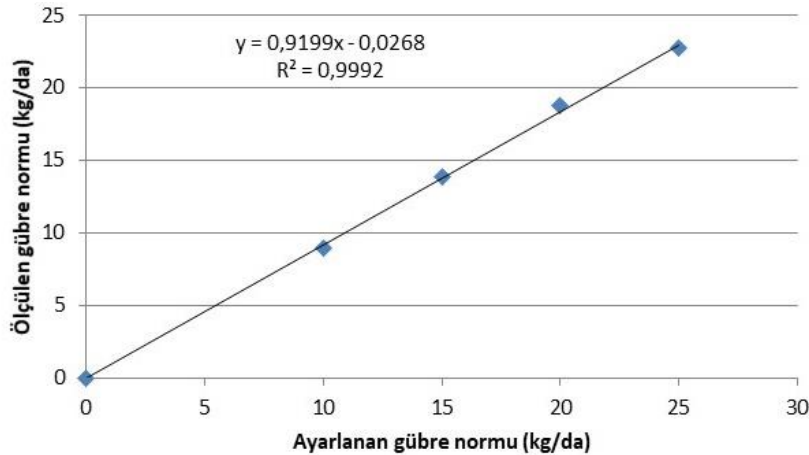
Sabit gübre norm test sonuçları Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Sistemin sabit gübre norm test sonuçları

Gübre Normu (kg da^{-1})	1. Tekerrür		2. Tekerrür		3. Tekerrür		Ortalama			
	ATAS (kg)	Tartı (kg)	ATAS (kg)	Tartı (kg)	ATAS (kg)	Tartı (kg)	ATAS (kg)	Tartı (kg)	Fark (%)	Mutlak Fark (%)
10	20.02	18.70	19.40	17.80	19.42	19.85	19.61	18.78	4.42	4.42
15	29.44	29.35	30.19	31.10	29.48	26.95	29.70	29.13	1.96	1.96
20	38.14	39.90	38.99	39.35	38.71	38.70	38.61	39.32	-1.79	1.79
25	47.46	46.79	48.70	48.15	48.65	48.20	48.27	47.71	0.56	0.56

Sabit gübre norm test sonuçlarına göre ortalama olarak ATAS tarafından hesaplanan ve ölçülen gübre miktarları arasındaki farklar %0.56 ile %4.42 arasında değişmiştir. Bu değerler EN 13739-1/2 normunda belirtilen %10'dan daha küçük olduğu için kontrol sistemi kabul sınırları içinde çalışmıştır.

Atılan ve ATAS tarafından hesaplanan gübre normları arasındaki ilişkiyi gösteren grafik ve grafiğin regresyon denklemi Şekil 12' de verilmiştir.



Şekil 12. Ayarlanan ve uygulanan gübre normu arasındaki regresyon eğrisi ve R^2 değeri

Ayarlanan ve ölçülen gübre normları arasındaki Pearson Korelasyon katsayısı $r=0.999$ olarak hesaplanmıştır. Ayrıca Şekil 12'den de görüleceği gibi ayarlanan ve ölçülen gübre normları arasındaki ilişki doğrusal olarak saptanmıştır. R^2 değeri de 1'e çok yakın olarak hesaplanmıştır. Bu da sistemin ayarlanan değerlere çok yakın gübre attığının bir göstergesidir.

3.2. Değişken Oranlı Gübre Uygulama Test Sonuçları

Değişken oranlı gübre uygulaması için yapılan ve 60 saniyede sol ve sağ taraftan atılan gübre dağıtma makinası testinin sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir.

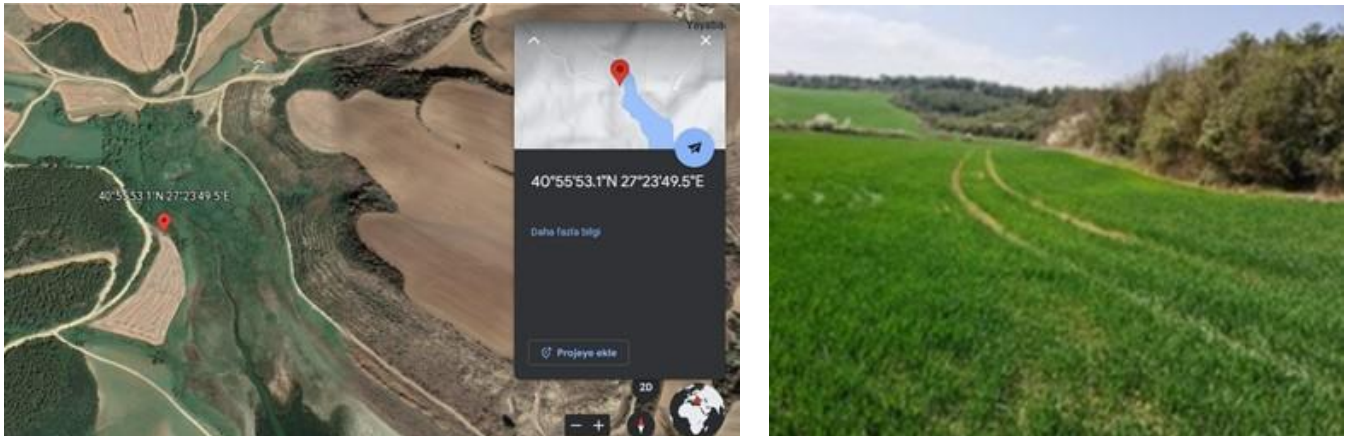
Çizelge 6. Değişken oranlı gübre uygulaması için yapılan testin sonuçları

<i>Gübre debisi (kg dk⁻¹)</i>	<i>Tekerrürler</i>				<i>Ortalama</i>
	1	2	3	4	
<i>Sol disk için gübre miktarı</i>	30.20	29.30	29.50	29.90	29.73
<i>Sağ disk için gübre miktarı</i>	28.70	29.60	29.20	28.20	28.93
<i>Sağ ve sol disk arası fark</i>	1.50	0.20	0.20	1.70	0.90
<i>Toplam gübre debisi</i>	58.90	58.90	58.70	58.10	58.65
<i>Hespalanan gübre debisi</i>	61.20	61.20	61.20	61.20	61.20
<i>Hesaplanan ile ölçüm farkı</i>	2.30	2.30	2.50	3.10	2.55
<i>Hesaplanan ile ölçüm farkı (%)</i>	3.80	3.80	4.10	5.10	4.17

ATAS sisteminin verilen belirli değişken oranlı gübre uygulama senaryosu çerçevesinde atılan toplam gübre miktarları test sonuçlarının değerlendirilmesi sonucunda elde edilen % fark değerleri %3.80 ile %5.10 arasında değişmiştir. Ortalaması fark değeri %4.17 olarak saptanmıştır. Bu sapma değerleri gübre için verilen %10 sapma değerlerinin çok altındadır (Önal vd., 2007). ATAS değişken oranlı gübrelemeyi gerçekleştirmek için gübre dağıtma makinasını başarılı bir şekilde kontrol etmiştir.

3.3. Değişken Oranlı Gübre Sisteminin Tarla Uygulaması

Uygulama yapılan tarlanın Google Maps'den alınan uydu görüntüleri ve fotoğrafı Şekil 13'de verilmiştir.



Şekil 13. Buğday tarlasının Google Earth ve deneme sırasındaki görüntüleri

Yerden ~1.5 m yükseklikte Lutron LX101 luxmetre ile ölçülmüş olan aydınlama şiddeti değerleri 39500- 106 000 lüks arasında değişmiştir.

Denemede elde edilen AUG-INDEX değerleri konuma bağlı olarak saptanmış ve değişken oranlı gübreleme uygulanmıştır. Sonuçlar Çizelge 7’de ve tanımlayıcı istatistikler ise Çizelge 8’de verilmiştir.

Çizelge 7. AUG-INDEXE bağlı değişken oranlı gübreleme kayıtları

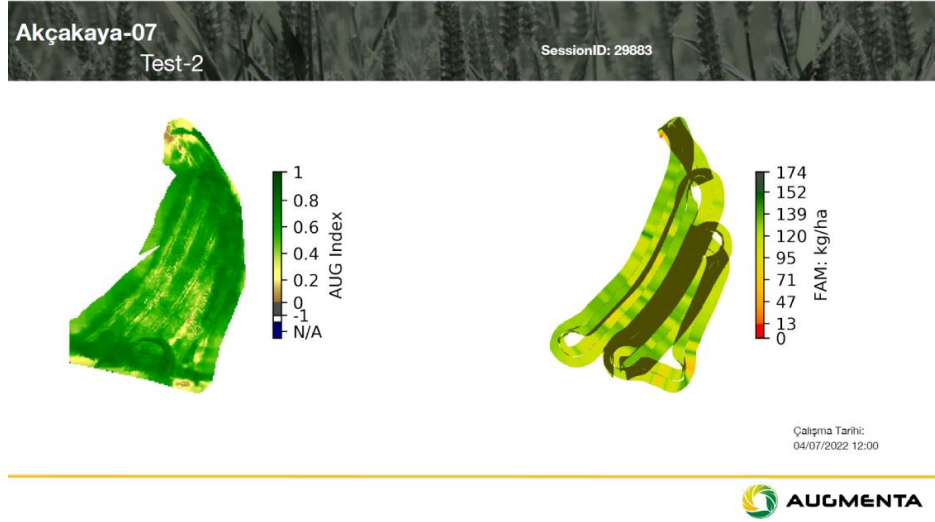
Tarih	Saat	Enlem(°)	Boylam(°)	Aug-Index	Dozaj (kg da⁻¹)
7.04.2022	12:00:42	40.931418	27.397086	0.6621645	0.000000
7.04.2022	12:00:42	40.931416	27.397087	0.6570815	0.000000
7.04.2022	12:00:42	40.931413	27.397090	0.6578420	1.191960
7.04.2022	12:00:43	40.931413	27.397090	0.6586005	1.090207
7.04.2022	12:00:43	40.931413	27.397090	0.6630775	3.657392
7.04.2022	12:00:43	40.931413	27.397090	0.6658435	8.314263
7.04.2022	12:00:43	40.931405	27.397097	0.6697705	15.223777
7.04.2022	12:00:44	40.931403	27.397098	0.6744175	14.753908
7.04.2022	12:00:44	40.931401	27.397100	0.6769230	14.389816
...
..
7.04.2022	19:03:03	40.931495	27.396991	0.1740315	10.519994
7.04.2022	19:03:03	40.931497	27.396989	0.1626590	10.605118
7.04.2022	19:03:03	40.9315	27.396984	0.1585195	10.917701
7.04.2022	19:03:03	40.9315	27.396984	0.1576190	11.094238

Çizelge 8. AUG-INDEX değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri

	AUG-INDEX	Gübre Normu (kg da⁻¹)
Minimum	0.094	0.000
Maksimum	0.743	17.298
Ortalama	0.587	9.948
Standart sapma	0.126	6.340
Varyasyon Katsayısı (%)	21.539	63.731

Tanımlayıcı istatistiklerden de görüldüğü gibi AUG-INDEX verileri 0.094 ile 0.743 arasında değişmekte ve varyasyon katsayısı ise %21.539 olarak belirlenmiştir. Gübre normu değerleri incelendiğinde ise değerlerin 0 ile 17.298 kg da⁻¹ arasında değiştiği ve varyasyon katsayısının ise %63.731 olduğu saptanmıştır.

AUG-INDEX değerlerinin sistemin yazılımı tarafından oluşturulan haritası ve değişken oranlı gübreleme uygulamasına ait harita Şekil 14'te görülmektedir.



Şekil 14. AUG indeks ve değişken oranlı gübre uygulama (kg ha⁻¹)

4. SONUÇ

Bu araştırmada; santrifüj gübre dağıtma makinalarında sensörlü kamerayla değişken oranlı gübreleme yapan kontrol sisteminin performansı değerlendirilmiştir. Sistem gerçek zamanlı olarak kamera görüntüleri ile yaptığı analiz sonucu saptadığı indis değerlerine göre gübre ihtiyacını saptamaktadır. Kontrol sisteminin testleri sabit oranlı ve değişken oranlı gübre uygulama normları için 46-0-0 (N, P, K) üre gübresi ile 10, 15, 20 ve 25 kg da⁻¹ gübreleme normlarında yapılmıştır. Araştırma sonucunda, sabit gübre norm test sonuçlarına göre, ortalama olarak ATAS tarafından hesaplanan ve ölçülen gübre miktarları arasındaki farklar %0.56 ile %4.42 arasında değişmiştir. Değişken oranlı gübreleme için denemelerde ayarlanan normlar ile uygulanan gübre normları arasındaki farklar %3.80 ile %5.10 arasında değişmiştir. Bu değerler EN 13739-1/2 normunda belirtilen %10'dan daha küçük olduğu için kontrol sistemi kabul sınırları içinde çalışmıştır (TSE, 2012; Önal vd., 2007).

Değişken oranlı gübreleme, toprak ve bitkideki mekânsal değişkenliğe bağlı olarak uygulanan gübre miktarının değiştirilmesini esas alır. Buradaki önemli nokta mekânsal değişkenliğin saptanmasıdır. Harita esaslı değişken oranlı uygulamalarda tarlayı hürelere (grid) ayırıp toprak örneklerinin alınması, bu örneklerin analizi ve analiz sonuçlarının yorumlanması gereklidir. Ancak örnek alma işinin zor olması, analizlerin maliyeti ve yorumların güvenilirliği gibi sorunlar çiftçilerin harita esaslı değişken oranlı tarımsal girdi uygulama sistemlerini kullanmasını zorlaştırmaktadır (Türker ve Güçdemir, 2018). Sensör esaslı değişken oranlı tarımsal girdi uygulamaları ise çiftçiler tarafından daha kolay kullanılmaktadır. Buradaki önemli nokta sensör ile elde edilen verilerin doğruluğudur. Bu araştırmada sensör esaslı, gerçek zamanlı ve değişken oranlı gübreleme yapabilen bir kontrol sisteminin testleri yapılmıştır. Sonuçlar, kontrol sisteminin değişken oranlı gübreleme için TS EN 13739-1'de verilen sınırlar içerisinde başarıyla kullanılabileceğini göstermiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yapılmasına verdikleri desteklerden dolayı Teknokurgu Tarım Teknolojileri ve Dijital Çözümler A.Ş.'ne, Augmenta Firmasına ve Akçakaya Tohumluk A.Ş.'ne teşekkür ederiz.

BİLGİLENDİRME

Bu makalenin özeti, 07-09 Eylül 2022 tarihleri arasında Bilecik' de gerçekleştirilmiş olan 34. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresinin Özet ve Bildiri Kitabı'nda yayınlanmıştır.

KAYNAKLAR

- Akdemir, B., Aydoğdu, B., Üngör, M. G., Atik, M., ve Sağlam, M. (2018). Variable Rate Fertilizer Control System for Centrifugal Fertilizer Spreaders, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35 (3), 319-329.
- Anonim (2022, Ekim 20). *Beyaz İnci*. <https://www.gubretas.com.tr/urun/beyaz-inci-2/>
- Anonim (1999). *Tarımsal Mekanizasyon Araçları Deney İlke ve Metodları*, T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü.
- Augmenta, (2022). *AUGMENTA Ne yapar? Nasıl Çalışır?* <http://www.teknokurgu.com.tr/index.php/tr/augmenta/nedir-nasil-calisir>
- Blackmore, B. S., Wheeler P. N., Morris, J. ve Jones, R. J. A. (1994a). Information Technology in Arable Farming, *Report for Scottish Heritage; TIBRE Project*, 65 p.
- Blackmore, B. S., Wheeler P. N., Morris, J. ve Jones, R. J. A. (1994b). 'The role of precision farming in sustainable agriculture; A European Perspective, *In proc. 2nd International Conference on site Specific Management For Agricultural System*, 1994, Minneapolis USA, March
- Blackmore, S. (1999). Precision Farming an Introduction, *Outlook in Agriculture*, 23(4), 275-280.
- Bongiovanni, R. ve Lovenberg-Deboer, J. (2000). Nitrogen management in corn using site- specific crop response estimates from a spatial regression model. *In proc. 5th International Conference on Precision Agriculture Bloomington, MN. 16-19 July 2000*. Center for Precision Agriculture, University of Minnesota, St. Paul, MM.
- Cox, S. (2002). Information technology: The global key to precision agriculture and sustainability, *Computers and Electronics in Agriculture*, 36, 93-111.
- Davis, G. (1998). *Precision Agriculture: An Introduction*, Water Quality Initiative Publication: WQ450, University of Missouri, Published by University Extension.
- Frank, H., Gandorfer, M., ve Noack, P. O. (2008), Ökonomische Bewertung von Parallelfahrssystemen, In: Müller, R.A.E., Sundermeier, H.-H., Theuvsen, L., Schütze, S., Morgenstern, M.: Referate der 28. GIL-Jahrestagung in Kiel 2008. Referate der 28. GILJahrestagung in Kiel 2008, pp. 47-50.
- Frantzen, D. (1999). *Site-specific farming and the environment*. NDSU Extension Service.North Dakota State University.Dakota.USA.
- Godwin, R. J., Wood, G.A., Taylor, J.C., Earl, R., Knight, S., Welsh, J., ve Blackmore, B. S. (2002). Management guidelines for precision farming: nitrogen, *In proc. ASAE Annual International Meeting / CIGR XVth World Congress Sponsored by ASAE and CIGR*, Hyatt Regency Chicago Chicago, Illinois, USA July 28-July 31, 2002.

- Google Earth (2022). Location https://earth.google.com/web/search/40.931418%0927.397086/@40.93143049,27.39871457,59.9622888a,1035.29765717d,35y,0.82598286h,32.69790119t,-0r/data=ClcaLRInGe9zflQ4d0RAIQ-zl22nZTtAKhM0MC45MzE0MTgJMjcuMzk3MDg2GAIgASImCiQJSFZh7k13REARps_Otct1REAZeVF3YZdr00Ahg3NYkkIj00A
- Güçdemir, İ.H., Türker, U. Karablut, A., ve Arçak, Ç. (2004). Gübreleme teknolojilerindeki yenilikler (Hassas tarım uygulamaları) ve bunun tarımsal üretime etkileri üzerine bir çalışma, 3. *Ulusal Gübre Kongresi*, Tarım Sanayi Çevre Bildiri Kitabı, Cilt -I, Sayfa 1005-1014, 11-13 Ekim, Tokat
- Kim, Y. Reid, J. F. ve Han, S. (2002). Evaluation of a real-time n sensing and fertilizer control automation technology for off-road equipment, *In proc. Conference (Chicago, Illinois, USA)* Publication Date July 26, 2002. ASAE Publication Number 701P0502, ed. Qin Zhang Pp. 102-111, 2002.
- Kirişçi, V., M., Keskin, S., M., Say, S, G., Keskin (1999). *Hassas Uygulamalı tarım teknolojisi*, Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti., Yayın No: 88, Ankara.
- Lawes, R. A., ve Robertson, M. J., (2011), Whole farm implications on the application of variable rate technology to every cropped field, *Field Crops Research*, 124, pp. 142-148.
- Mills, H.A., ve Jones, J.B.Jr. (1979). Nutrient Deficiencies and Toxicities in Plants: Nitrogen, *Journal of Plant Nutrition*, 1,101-122.
- Mirzakhaninafchi, H., Singh M., Dixit A. K., Prakash A., Sharda S., Kaur J., ve Nafchi A. M. (2022). Performance Assessment of a Sensor-Based Variable-Rate Real-Time Fertilizer Applicator for Rice Crop, *Sustainability*, 14, 11209. <https://doi.org/10.3390/su141811209>
- Moore, M. (1999). *An Investigation into the accuracy of yield maps and their subsequent use in crop management*, Ph.D. Thesis, Silsoe College, Dept. of Agric. And Biosystems Engineering, Coventry, England.
- Önal, İ., (2017). *Ekim, bakım, gübreleme makinaları*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No.: 490, Bölüm 4, S: 481-606, Bornova, İzmir.
- Önal, İ., Yazgı, A., ve Gücüyen, A. (2007). Titreşimli Besleme Düzenli Çift Diskli Gübre Dağıtma Makinasının Performansı Üzerinde Bir Araştırma, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 3(4), 239-247.
- Özgüven, M. M. (2010). Application of Precision Farming in Turkey, Comparative Analysis of Wheat, Cotton and Corn Production, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 6 (2), 127-135.
- RAUSCH (2022). *Instruction Manual*. <https://rauch.de/fileadmin/downloads/betriebsanleitungen/AXIS/5900656-d-en-0413.pdf>
- Sındır, K.O., ve Tekin, A. B. (2002). Economics of variable rate fertilizer application, *Proc. In EE&AE'2002 – International Scientific Conference Rouse, Bulgaria. 2002*
- Tekin, B. (2005). *Değişken Düzeyli Uygulamaya Yönelik Mineral Gübre dağıtma Makinası tasarımı Üzerine Bir Araştırma*, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim dalı (Doktora Tezi), Sayfa: 135.
- TSE. (2012). TS EN 13739-1 Tarım Makinaları – Katı gübre yayıcıları ve tam genişlikte gübre dağıtıcıları – Çevre koruma – Bölüm 1: Kurallar. Türk Standartları Enstitüsü.
- Tucker, C. J., B.N. Holben, J. H. Elgin, J.E., ve McMurtrey III. (1980). Relationship of Spectral Data to Grain Yield Variation, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 46(5), 657-666.

- Türker, U., ve Güçdemir, İ. H. (2018). Mısırdaki Değişken Oranlı Azot Sensör Uygulaması, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 14(1), 41-45
- Türker, U., Talepbour, B., ve Özgüven, M. M. (2019). Development of a Row Type Variable Rate Fertilizer Machine and Performance Assessment, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36 (1), 36-44.
- Yinyan, S., Man C., Xiaochan W., Odhiambo M. O., ve Weimin D. (2018a). Numerical Simulation of Spreading Performance and Distribution Pattern of Centrifugal Variable-Rate Fertilizer Applicator Based on DEM software, *Computers and Electronics in Agriculture*, 144, 249-259.
- Yinyan, S., Xiaochan W., Odhiambo M. O., ve Weimin D. (2018b). Motion Analysis and System Response of Fertilizer Feed Apparatus for Paddy Variable-Rate Fertilizer Spreader, *Computers and Electronics in Agriculture*, 153, 239-247.
- Zarco-Tejada, P. J., Hubbard N., ve Loudjani, P. (2014). Precision Agriculture: An Opportunity For EU Farmers - Potential Support With The CAP 2014-2020, https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/note/join/2014/529049/IPOL-AGRI_NT%282014%29529049_EN.pdf

EXTENDED ABSTRACT

Introduction and Research Questions & Purpose

In this study; the performance of the variable rate fertilizer control system in centrifugal fertilizer spreaders, which detects the fertilizer need in real time with camera sensors, has been determined and evaluated. The system determines the fertilizer need based on the index values determined as a result of the analysis performed with camera images in real time. In the study, the performance of the system was investigated in the case of a constant rate and a variable rate fertilizer applications.

Methodology

In the research, tests were carried out with 46-0-0 compound fertilizer (N, P, K) in the laboratory and in the field for fixed rate and variable rate fertilizer applications. In the study, the performance of the system was investigated in the commonly used fertilization rates of 10, 15, 20 and 25 kg da⁻¹. In addition, the spatial variability detected by the variable rate fertilizer application system in real time was mapped.

Results and Conclusions

In the research, tests were carried out with,46-0-0 (N, P, K) compound fertilizer for the application norms of fixed and variable rate. The performance of the system was investigated in the commonly used fertilization norms of 10, 15, 20 and 25 kg da⁻¹. As a result of the research, the difference between the fixed fertilizer norm and the adjusted value of the system, varied between 0.56% and 4.42%. The differences between the adjusted rate and the applied fertilizer norms in the trials for variable rate fertilization, varied between 3.80% and 5.10%. The measured deviation values are considerably lower than the acceptable deviation value of 10%.

Yazarların Biyografisi



Bahattin AKDEMİR

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Tarımsal Makine Sistemleri Anabilim dalında öğretim üyesi olarak çalışmaktadır. Tarım makinaları, traktör ve akıllı tarım / hassas tarım konularında araştırmalar yapmaktadır.

İletişim

bakdemir@nku.edu.tr

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0001-9872-1823>



Eray ÖNLER

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Tarımsal Makine Sistemleri Anabilim dalında öğretim elemanı olarak çalışmaktadır. Tarım makinaları, görüntü işleme ve akıllı tarım / hassas tarım konularında araştırmalar yapmaktadır.

İletişim

erayonler@nku.edu.tr

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0001-7700-3742>

Amasya İlinin Tarımsal Makinalaşma Düzeyinin 2016-2021 Yılları Arasındaki Değişiminin İncelenmesi

Investigation of the Change in the Agricultural Mechanization Level of Amasya Province Between 2016-2021 Years

Uğur Dertlioğlu¹, Ebubekir Altuntaş^{1,*}

¹Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tokat, Türkiye.
*Corresponding author (Sorumlu Yazar): E. Altuntaş, e-mail (e-posta): ebubekir.altuntas@gop.edu.tr

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 30.05.2022
Düzeltilme tarihi : 18.08.2022
Kabul tarihi : 21.08.2022

Anahtar Kelimeler:

Amasya
Mekanizasyon
Traktör
Tarımsal iş makinası

Atf için:

Dertlioğlu, U., Altuntaş, E., (2023). "Amasya İlinin Tarımsal Makinalaşma Düzeyinin 2016-2021 Yılları Arasındaki Değişiminin İncelenmesi", *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 19(1): 36-52.

ÖZET

Çalışma, Amasya ilinin tarımda makinalaşma düzeyinin 2016-2021 yılları için belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verileri kullanılmıştır. Çalışmada tarım uygulamalarında kullanılan makinalar; toprak işleme makinaları, ekim, bakım ve gübreleme makinaları, bitki koruma makinaları, hasat ve harman makinaları ile bunun dışında kullanılan bazı makinalar olarak 5 grupta değerlendirilmiştir. Amasya ilinin, 2016 ile 2021 yılları arasındaki traktör varlığında %14.16 oranında bir yükselme olmuştur ve ilde >70 BG grubundaki traktörler için %46.48 oranında ciddi artışlar görülmüştür. Amasya ili için birim işlenen tarımsal alan başına traktör gücü (kW ha⁻¹) ile özgül traktör yoğunluğuna ait değişimler, 2016-2021 yıllarına göre sırayla %11.4 ve %8.63 oranında artışlar göstermişken, ha traktör⁻¹ kriteri için %7.98 oranında azalışlar göstermiştir. Tarımda makinalaşma düzeyine ait kriterler bakımından, Amasya iline ait birim işlenen tarımsal alan başına düşen kW güç ile 1000 ha tarım alanına düşen traktör oranları; Karadeniz Bölgesi ile Türkiye ortalama değerleri dikkate alındığında daha yüksek değerdedir. Amasya ili, Türkiye genelinde olduğu gibi tarımsal arazilerde parçalılık oranı yüksek olup, bu durum il genelinde tarımsal iş makinaları ve traktör kullanımlarını sınırlamaktadır. Amasya ili için tarımda çalışan nüfusun hem fazla ve hem de işletmeler açısından tarımsal gelirin düşük olması nedeniyle, il ve ilçe bazında tarımsal iş makinaları ve traktörlerin satın alınma talepleri de azalmaktadır. Daha az gelirli ve küçük ölçekli işletmelerin mevcut olduğu Amasya ilinde, tarımsal üretime dayalı verimliliği artırabilmek için makine kullanım model ve sistemi olarak ortak makina kullanım modelinin yaygın hale getirilmesi ve işletme büyüklüklerine göre tarımsal iş makinası ve traktörlerin kullanılması gereklidir.

Article Info

Received date : 30.05.2022
Revised date : 18.08.2022
Accepted date : 21.08.2022

Keywords:

Amasya
Mechanization
Tractor
Agricultural machinery

How toCite:

Dertlioğlu, U., Altuntaş, E., (2023). "Investigation of the Change in the Agricultural Mechanization Level of Amasya Province Between 2016-2021 Years", *Journal of Agricultural Machinery Science*, 19(1): 36-52.

ABSTRACT

The study was carried out to determine the level of mechanization in agriculture in Amasya for the years 2016-2021. For this purpose, data from the Turkish Statistical Institute (TUIK) were used. In the study, machines used in agricultural applications were evaluated in 5 groups as soil cultivation machines, sowing, maintenance and fertilization machines, plant protection machines, harvesting and threshing machines with some other machines used. There was an increase of 14.16% in the tractor presence in Amasya province between 2016 and 2021, and serious increases of 46.48% were observed for tractors with >70 HP in the province. While the changes in tractor power per unit cultivated agricultural area (kW ha⁻¹) and specific tractor density for Amasya province increased by 11.41% and 8.63%, respectively, decreases by 7.68% were observed for the ha tractor⁻¹ criterion in 2016-2021. In terms of the criteria for the level of mechanization in agriculture, the ratio of kW power per unit cultivated agricultural area and tractors per 1000 ha agricultural area of Amasya were higher considering the average values of the Black Sea Region and Türkiye. In Amasya province, as in Türkiye in general, the rate of fragmentation in agricultural lands is high, which limits the use of agricultural machinery and tractors on a provincial basis. As the population working in agriculture in Amasya is high and the agricultural income is low in terms of enterprises, the demand for purchasing agricultural machinery and tractors on the basis of provinces and districts is also decreasing. In order to increase productivity based on agricultural production in the province of Amasya, where there are less income and small-scale enterprises, it is necessary to make the common machine use model and system widespread, and to use agricultural machines and tractors according to the size of the enterprise.

1. GİRİŞ

Gıda ihtiyacının karşılanabilmesi için günümüzde, birim tarımsal alana düşen verimi artırmak, tarımsal üretim için en temel amaç olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, tarımda makinalaşma düzeyini artırmak gerekmektedir. Tarımda makinalaşma, tarımsal uygulamalarda daha ileri teknolojileri kullanma ve bunların daha etkin kullanılmasını gerektirir (Altıkat ve Çelik, 2009). Tarımda makina kullanımı, tarımsal iş verimini artırmanın yanısıra, üretimde kullanılacak makinaların dizaynı, imalatı, geliştirilmesi, pazarlanması, işletilmesi, bakımı ve yayım faaliyetlerini kapsamaktadır (Tezer, 1980; Zeren vd., 1995; Koçtürk ve Avcioğlu, 2004). Tarımda makine kullanımı, iş gücü yanında, tarımda verimliliği de artırmaktadır.

Tarımda makinalaşma düzeyi, il, bölge ve ülkelerin teknik ve ekonomik yapısına göre değişkenlik göstermektedir. Tarımda öncelikli güç kaynağı olarak traktör kullanılmaktadır (Sabancı ve Akıncı, 1994). Dolayısıyla, il, bölge veya ülke genelinde tarımda makinalaşma düzeyi için öncelikli olarak birim tarımsal alan bazında traktöre ait güç (kW ha^{-1}) dikkate alınır. Bu ölçüt, tarımda makinalaşma düzeyi için en önemli kriter sayılır. İlaveten, 1000 ha tarım alanına düşen traktör sayısı ve birim traktör başına düşen tarımsal alan (ha traktör^{-1}) değerleri de diğer önemli kriterlerdir (Koçtürk ve Avcioğlu, 2007).

Türkiye’de, diğer birçok ülkede olduğu gibi, tarımda makinalaşma düzeyleri farklı gelişim ve değişim göstermektedir. Türkiye’de makinalaşma düzeyinin geliştirilmesine ihtiyacı vardır. Türkiye’deki makinalaşma düzeyinin istenen seviyede olmaması, tarım bölgeleri arasındaki yapısal farklılıklardan kaynaklanmaktadır (Özğüven vd., 2010). Bu farklılıklar, bir ülkenin bölge ve il düzeyinde, hatta tarımsal işletmelerde bile izlenebilmektedir. Dolayısıyla birim tarımsal işletme bazında işletmeye ait ekonomik yapı ve teknik açıdan makinalaşma düzeyine ait değerler farklılık gösterebilmektedir.

Amasya ili geneli ve ilçeleri bazında tarım makinaları projeksiyonu veya makinalaşma düzeyinin belirlenmesine ilişkin herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Buna karşın, son yıllarda ülkesel, bölgesel ve farklı iller düzeyindeki tarımsal makinalaşma düzeyi ve makina kullanım projeksiyonuna ait birçok çalışma yapılmıştır (Eryılmaz vd., 2014, Keleş ve Haciseferoğulları, 2016, Altuntaş, 2016; Bozkurt ve Aybek, 2016; Aslantürk ve Altuntaş, 2018; Bal ve Altuntaş, 2020; Altuntaş, 2020; Cetin vd., 2020; Malaslı vd., 2020, Altuntaş ve Bal, 2021; Dilay ve Özkan, 2021; Aybek vd., 2021). Bu nedenle, bu çalışmada, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verileri kullanılarak, Amasya ilinin 2016 ile 2021 yıllarına ait tarımda makinalaşma düzeyinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmadaki kullanılan veriler, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verileri olup, Amasya ili ve ilçeleri bazındaki tarımsal üretim miktarları, traktör ve tarım alet ve makinalarına ilişkin 2016 ve 2021 yıllarına ait istatistik verilerdir. Bu bağlamda, bu veriler bazında Amasya ilinin ve ilçelerinin tarımsal mekanizasyon düzeyi belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca elde edilen veriler Karadeniz Bölgesi ve Türkiye geneli ile de karşılaştırılmıştır.

Tarımsal makinalaşma düzeyi ile ilgili verilerin yanısıra, Amasya ili ve ilçelerinde kullanılan tarımsal alet ve makinalar 5 grup altında yani toprak işleme alet ve makinaları, ekim, bakım ve gübreleme makinaları, bitki koruma makinaları, hasat ve harman makinaları ile bunun dışında kullanılan bazı makinalar olarak değerlendirilmiştir.

2.1. Amasya İlinin Tarımsal Durumu

Amasya, Orta Karadeniz Bölümünün iç bölgesinde Yeşilirmak havzasında 34°57' ve 36°31' doğu boylamları ile 41°04' ve 40°16' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Yüzölçümü 5701 km²'dir. İlin rakımı ortalama 1150 m olup, Karadeniz iklimi ile karasal iklim arasında bir geçiş iklimine sahiptir. Amasya ilinin tarım arazilerinin %63.2'sinde kuru ve %36.8'inde sulu tarım yapılmaktadır. Sulanabilen bahçe arazilerinde kiraz yetiştiriciliği de yapılmaktadır (Anonim, 2020). Çizelge 1'de Amasya ili ve ilçelerindeki tarımsal alan büyüklükleri gösterilmiştir. Amasya ilinde en yüksek tarım alanına sahip ilçe 819 869 da tarım alanıyla Merkez ilçe olup Hamamözü ilçesi ise en az üretim alanına (44 209 da) sahiptir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Amasya iline ait ilçelerin arazi büyüklükleri (Anonim, 2022)

İlçe Adı	Tarla ürünleri alanı (da)	Nadas alanı (da)	Sebze üretim alanı (da)	Meyve üretim alanı (da)	Toplam alan (da)
Göynücek	146 520	45 000	7 992	3 646	203 158
Gümüşhacıköy	174 273	11 758	16 088	5 793	207 909
Hamamözü	31 942	9 267	779	2 221	44 209
Merkez	585 739	159 715	39 865	34 550	819 869
Merzifon	418 187	65 725	18 399	7 558	509 869
Suluova	243 940	6 140	10 981	10 419	271 480
Taşova	291 001	35 871	16 700	15 227	358 799
TOPLAM	1 891 602	333 476	110 801	79 414	2 415 293

Çizelge 2'de, Amasya iline ait tarla üretim, nadas, meyve ve sebze üretim alanları ile toplam üretim alanları gösterilmiştir.

Çizelge 2. Amasya iline ait tarımsal üretim alanları (Anonim, 2022)

Tarım Alanları	Ekim Alanı (da)	Yüzde Oranı (%)	Tarla Ürünleri	Ekim Alanı (da)	Yüzde Oranı (%)
Tarla	1 891 602	78.4	Arpa	296 408	20.3
Nadas	333 476	13.9	Buğday	1 035 101	71.0
Sebze	110 801	4.5	Aspir	2 167	0.15
Meyve	79 414	3.2	Yonca (yeşil ot)	31 324	2.10
			Silajlık mısır	39 709	2.70
			Tütün	5 905	0.40
			Nohut	17 230	1.1
			Şeker pancarı	30 540	2.1
Geneltoplam	2 309 984	100	Geneltoplam	1 458 384	100

Sebze Ürünleri	Ekim Alanı (da)	Yüzde Oranı (%)	Meyve Ürünleri	Ekim Alanı (da)	Yüzde Oranı (%)
Biber (Dolmalık)	2 258	7.2	Elma (Toplam)	13 494	17.8
Bamya	5 521	17.6	Üzüm	7 646	10.1
Domates	12 576	40.1	Ceviz	19 311	25.5
Hıyar	7 688	24.6	Kiraz	26 734	35.3
Kavun	876	2.8	Şeftali	5 568	7.4
Karpuz	902	2.9	Armut	1 405	1.9
Patlıcan	1 514	4.8	Erik	1 474	2.0
Geneltoplam	31 335	100	Geneltoplam	75 632	100

Çizelge 2 incelendiğinde, Amasya ilinde meyve ve tarla alanları toplamı %81.6 oranındadır. Tarla ürünlerinin içerisinde %71 oranında buğday üretimi yapılmaktadır. Hıyar, domates ve bamya

üretimine ait alanlar %82 civarındadır. Meyve ürünlerine göre kiraz ve ceviz, üretim alanları içerisinde %60.8 oranındadır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

3.1. Amasya İli Tarım Makinaları Varlığı ve Mekanizasyon düzeyi

Tarımsal mekanizasyon düzeyini belirtmede tarım alanları ve traktör varlığı öncelikle dikkate alınmıştır. Amasya ili ve ilçeleri için tarımda makinalaşma seviyesini belirlerken işlenen tarımsal alan başına (kW ha⁻¹) traktör gücü, 1000 hektar tarımsal işlenen alan başına traktörlerin sayısı (traktör 1000 ha⁻¹) ile ha traktör⁻¹ olarak traktör başına düşen işlenen tarımsal alan temel ölçütler olarak dikkate alınmaktadır. Buna göre, 2016-2021 yılları için Amasya il geneli ve ilçeler bazında tarım alanları ve traktör varlığı Çizelge 3'te verilmiştir. Buna göre, Merkez ilçe, traktör sayısı varlığı açısından diğer ilçelere göre daha fazla traktöre sahipken, en düşük traktör varlığı Hamamözü ilçesinde belirlenmiştir.

Çizelge 3. Amasya il geneli ve ilçeler bazında tarım alanları ve traktör varlığı (Anonim, 2022)

İlçeler	Tarım alanı (ha)		Traktör sayısı (adet)	
	2016	2021	2016	2021
Göynücek	172 825	203 158	866	1 139
Gümüşhacıköy	191 685	207 909	1 908	2 189
Hamamözü	45 230	44 209	305	371
Merkez	803 326	819 869	10 322	11 907
Merzifon	484 087	509 869	3 430	3 738
Suluova	266 175	271 480	1 746	1 689
Taşova	340 802	358 799	3 332	3 918
TOPLAM	2 304 130	2 415 293	21 909	24 951

Amasya iline ait ilçelerin traktör güçlerine ait gruplar, Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Amasya ilinin ilçelerinin traktörlerin güç gruplarına göre dağılımı (Anonim, 2022)

İlçeler	2016 yılı								
	Tek Akşlı (BG)				Çift Akşlı (BG)				
	1-5	>5	1-10	11-24	25-34	35-50	51-70	>70	
Göynücek	4	3	-	-	68	327	436	28	
Gümüşhacıköy	53	83	5	53	76	898	495	245	
Hamamözü	-	5	-	-	-	130	160	10	
Merkez	10	2 075	215	332	719	2 825	3 304	842	
Merzifon	28	91	-	2	10	686	1 950	660	
Suluova	21	13	-	43	27	261	1 348	33	
Taşova	-	83	77	60	22	2 050	1 040	-	
TOPLAM	116	2 353	297	490	922	7 177	8 733	1 818	
İlçeler	2021 yılı								
	Göynücek	8	6	-	-	65	422	579	59
	Gümüşhacıköy	60	94	7	64	97	976	588	303
	Hamamözü	-	8	-	-	-	154	188	21
	Merkez	9	1 922	217	371	753	2 981	4 401	1 253
	Merzifon	27	104	2	3	6	613	2 161	822
	Suluova	19	12	4	43	29	251	1 279	52
	Taşova	253	98	15	17	-	2 256	1 126	153
TOPLAM	376	2 244	245	498	950	7653	10 322	2 663	

Çizelge 4'e göre, traktör güç grupları dikkate alındığında, 2016 ile 2021 yıllarında 51-70 BG'e sahip traktörler daha fazla sayıda bulunmaktadır. Aynı dönemde 51-70 BG'e sahip traktörlerin oranında

%6.6'lık bir artış olurken, >70 BG'e sahip traktörlerin oranında ise %46.48'lik önemli bir artış görülmüştür. Ayrıca, 51-70 BG traktörler ile traktör gücü >70 BG traktörlerin kullanımının önemli düzeyde artışlar göstermesi, tarımsal amaçlı kullanılan iş makinalarının iş genişliği ve büyüklüklerinin de arttığı anlamına gelmektedir (Çizelge 4).

Amasya ilinde tarımsal üretim kapsamında kullanılan tarım makinaları incelenmiştir. Bu amaçla, tarımsal üretimde önemli işlemlerden olan toprak işleme alet ve ekipmanlarının sayılarının 2016-2021 yılları arasındaki değişimi Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Amasya ilindeki bazı toprak işleme tarım alet ve makinalarının 2016-2021 yılları için değişimleri (Anonim, 2022) (*)

<i>Toprak işleme alet-makinaları</i>	<i>2016</i>	<i>2017</i>	<i>2018</i>	<i>2019</i>	<i>2020</i>	<i>2021</i>	<i>2016-2021 arasındaki% değişim</i>
<i>Kulaklı traktör pulluğu</i>	12 994 (59.31)	13 860 (62.24)	14 078 (60.43)	14 240 (60.26)	14 221 (62.57)	14 847 (59.5)	14.3
<i>Diskli traktör pulluğu</i>	316 (1.44)	325 (1.46)	333 (1.42)	335 (1.41)	347 (1.52)	363 (1.45)	14.9
<i>Diskli anız pulluğu</i>	361 (1.64)	363 (1.63)	381 (1.63)	391 (1.65)	398 (1.75)	415 (1.66)	15.0
<i>Ark açma pulluğu</i>	917 (4.18)	956 (4.29)	975 (4.18)	988 (4.18)	991 (4.36)	1 000 (4.0)	9.1
<i>Toprak frezesi</i>	257 (1.17)	266 (1.19)	273 (1.17)	299 (1.26)	302 (1.32)	313 (1.25)	21.8
<i>Kültivatör</i>	7 724 (35.25)	8 118 (36.46)	8 203 (35.21)	8 323 (35.22)	8 477 (37.30)	8 542 (34.2)	10.6
<i>Merdane</i>	1 451 (6.62)	1 540 (6.92)	1 585 (6.80)	1 613 (6.83)	1 629 (7.17)	1 658 (6.65)	14.3
<i>Rototiller</i>	92 (0.42)	91 (0.41)	91 (0.39)	93 (0.39)	100 (0.44)	103 (0.41)	12.0
<i>Diskli tırmık</i>	961 (4.39)	839 (3.77)	858 (3.68)	862 (3.65)	886 (3.90)	894 (3.58)	-7.0
<i>Dipkazan</i>	398 (1.82)	427 (1.92)	442 (1.90)	454 (1.92)	468 (2.06)	479 (1.92)	20.4
TOPLAM	25 471 (116.26)	26 785 (120.29)	27 219 (116.83)	27 598 (116.80)	27 819 (122.41)	28 614 (114.6)	12.3

(*): 100 traktöre düşen makina sayısı parantez içinde verilmiştir.

Çizelge 5 incelendiğinde, 2021 yılında 2016 yılına göre diskli tırmıkta %7 azalış görülürken, kulaklı traktör pulluğu için %14.3 oranında artış gözlenmiştir. Toprak frezesi ve dipkazan kullanımı için sırasıyla %21.8 ve %20.4 oranlarında önemli bir artış olduğu belirlenmiştir. Taban taşı oluşumunu engelleyen dipkazan sayılarında belirgin oranda artışlar görülmüştür. Diskli traktör ve anız pulluğu için de yaklaşık %15'lik oranlarda artışlar saptanmıştır.

Çizelge 6'da Amasya il genelinde ekim-dikim-gübreleme makinalarında 2016 ile 2021 yıllarındaki değişimler gösterilmiştir. Kimyevi gübre dağıtma makinası, kombine hububat ekim makinası ve pnömatik ekim makinaları sayısında 2021 yılında 2016 yılına göre belirli artışlar görülürken, universal ekim makinalarında ise 2018 yılından sonra azalışlar gözlenmiştir. Özellikle çapa bitkileri tohumlarının ekiminde sıra üzeri ve sıra arası tohum dağılımının hassas olarak ayarlandığı makinalar olarak pnömatik ekim makinalarının kullanımı önemlidir. Ekimdeki başarı, tarla filiz çıkış derecesinin ve verimin de önemli bir göstergesi olmaktadır. 2016-2021 yılları arasında katı ahır (çiftlik) gübre dağıtma makinaları sayısında %57.1 oranında bir artış görülmüştür. Kimyevi gübre yerine çiftlik gübre kullanımı; bitki ve insan sağlığı ile çevre koruma açısından da önemlidir.

Çizelge 6. Amasya ilinde 2016-2021 yılları için bazı ekim-dikim-gübreleme makinalarının değişimi (Anonim, 2022) (*)

<i>Ekim-dikim-gübreleme makinaları</i>	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2016-2021 arasındaki % değişim
<i>Kombine hububat ekim makinası</i>	2 819 (12.87)	2 972 (13.35)	3 102 (13.32)	3 143 (13.30)	3 226 (14.19)	3 265 (13.0)	15.8
<i>Üniversal ekim makinası</i>	421 (1.92)	741 (3.33)	492 (2.11)	497 (2.10)	490 (2.16)	472 (1.8)	12.1
<i>Pnömatik ekim makinası</i>	571 (2.61)	605 (2.72)	637 (2.73)	659 (2.79)	700 (3.08)	718 (2.8)	25.7
<i>Patates dikim makinası</i>	25 (0.11)	29 (0.13)	30 (0.13)	29 (0.12)	31 (0.14)	31 (0.12)	24.0
<i>Kimyevi gübre dağıtma makinası</i>	4 282 (19.54)	4 402 (19.77)	4 479 (19.23)	4 538 (19.21)	4 608 (20.28)	4 660 (18.6)	8.8
<i>Çiftlik gübresi dağıtma makinası</i>	21 (0.10)	25 (0.11)	26 (0.11)	25 (0.11)	29 (0.13)	33 (0.13)	57.1
TOPLAM	8 139 (37.15)	8 774 (39.40)	8 766 (37.63)	8 891 (37.63)	9 084 (39.97)	9 179 (36.7)	12.8 15.8

(*): 100 traktöre düşen makina sayısı parantez içinde verilmiştir.

Çizelge 7'de Amasya il genelinde bazı bitki koruma makinaları 2016 ve 2021 yılları için değişimleri verilmiştir. Bitki koruma makinalarında genel olarak artışlar gözlenmiştir.

Çizelge 7. Amasya il geneli 2016-2021 yılları için bazı bitki koruma makinalarının değişimi (Anonim, 2022) (*)

<i>Bitki koruma Makinaları</i>	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2016-2021 arasındaki % değişim
<i>Motorlu pülverizatör</i>	1 161 (5.3)	1 222 (5.5)	1 255 (5.4)	1 280 (5.4)	1 256 (5.5)	1 226 (4.9)	5.6
<i>Tozlayıcı</i>	2 (0.0091)	2 (0.0090)	2 (0.0086)	2 (0.0085)	3 (0.013)	4 (0.016)	100.0
<i>Atomizör</i>	606 (2.77)	632 (2.84)	651 (2.79)	660 (2.79)	640 (2.82)	613 (2.46)	1.2
TOPLAM	1 769 (8.07)	1 856 (8.34)	1 908 (8.19)	1 942 (8.22)	1 899 (8.36)	1 843 (7.39)	4.2

(*): 100 traktöre düşen makina sayısı parantez içinde verilmiştir.

Çizelge 8'de Amasya il genelinde 2016-2021 yılları için bazı hasat ve harman makinaları sayılarının değişimi görülmektedir. Bu yıllar için orak makinası ve sap döver harman makinaları kullanımında sırayla %5.7 ve %7.2 oranlarında azalışlar gözlenmiştir. Biçerdöver sayılarında artışlar varken, sap döver harman makinası ve orak makinalarının sayılarında ise azalmalar görülmüştür. Çünkü bu makinaların kullanımıyla zaman, işgücü ve kayıplar açısından oluşabilecek olumsuzlukların biçerdöver kullanımı ile giderilmesi mümkün olmaktadır.

Çizelge 8. Amasya il geneli 2016-2021 yılları için bazı hasat ve harman makinaları sayılarının değişimi (Anonim, 2022) (*)

<i>Hasat ve harman makinaları</i>	<i>2016</i>	<i>2017</i>	<i>2018</i>	<i>2019</i>	<i>2020</i>	<i>2021</i>	<i>2016-2021 arasındaki % değişim</i>
<i>Bıçerdöver</i>	241 (1.10)	256 (1.15)	254 (1.09)	256 (1.08)	255 (1.12)	265 (1.06)	10.0
<i>Ot tırmağı</i>	550 (2.51)	562 (2.52)	569 (2.44)	573 (2.42)	644 (2.83)	667 (2.67)	21.3
<i>Orak makinası</i>	247 (1.13)	242 (1.09)	237 (1.02)	237 (1.0)	233 (1.03)	249 (1.00)	0.8
<i>Balya makinası</i>	213 (0.97)	231 (1.04)	249 (1.07)	259 (1.10)	279 (1.23)	300 (1.20)	40.8
<i>Ot silaj makinası</i>	29 (0.13)	29 (0.13)	30 (0.13)	33 (0.14)	34 (0.15)	36 (0.14)	24.1
<i>Mısır silaj makinası</i>	282 (1.29)	302 (1.36)	319 (1.37)	325 (1.38)	344 (1.51)	350 (1.40)	24.1
<i>Çayır biçme makinası</i>	261 (1.19)	263 (1.18)	270 (1.16)	270 (1.14)	273 (1.2)	276 (1.1)	5.7
<i>Sap döver harman makinası</i>	2 779 (12.68)	2 743 (12.32)	2 695 (11.57)	2 712 (11.48)	2 602 (11.45)	2 579 (10.34)	-7.2
TOPLAM	4 602 (21.01)	4 628 (20.78)	4 623 (19.84)	4 665 (19.74)	4 664 (20.52)	4 722 (18.93)	2.6

(*): 100 traktöre düşen makina sayısı parantez içinde verilmiştir.

Bıçerdöverlerin yıllık kullanım sürelerinin artması, mekanik ömürce yaşlanan bıçerdöverlerin yenilenmesini de zorunlu hale getirmektedir. Amasya ili için mekanizasyon düzeyini belirlemek üzere Türkiye İstatistik Kurumu'ndan alınan verilere göre, il genelindeki bıçerdöver sayısının 2016-2021 yılları için %10 oranında arttığı anlaşılmıştır. Aynı yıllar için hasat-harman makinaları grubu kapsamında mısır silaj makinası, ot silaj makinası ve balya makinalarında sırasıyla, %24.1, %24.1 ve %40.8 oranlarında artışlar gözlenmiştir. Çizelge 9'da 2016-2021 yılları için Amasya il genelinde diğer tarım makinalarındaki sayısal değişimler gösterilmiştir.

Çizelge 9. Amasya il bazında 2016-2021 yılları için diğer tarım makinalarının sayısal değişimi (Anonim, 2022) (*)

<i>Diğer makinalar</i>	<i>2016</i>	<i>2017</i>	<i>2018</i>	<i>2019</i>	<i>2020</i>	<i>2021</i>	<i>2016-2021 arasındaki % değişim</i>
<i>Su tankeri</i>	1 822 (8.32)	1 924 (8.64)	1 986 (8.52)	1 999 (8.46)	2 010 (8.84)	2 074 (8.31)	13.8%
<i>Tarım arabası</i>	16 200 (73.94)	16 938 (76.07)	17 353 (74.49)	17 790 (75.29)	18 087 (79.58)	18 361 (73.59)	13.3
<i>Santrifüj pompa</i>	798 (3.64)	824 (3.70)	858 (3.68)	877 (3.71)	890 (3.92)	959 (3.84)	20.2
TOPLAM	18 820 (85.90)	19 686 (88.41)	20 197 (86.69)	20 666 (87.46)	20 987 (92.34)	21 394 (85.74)	13.7

(*): 100 traktöre düşen makina sayısı parantez içinde verilmiştir.

Çizelge 9 incelendiğinde, tarım arabası sayısında 2016-2021 yılları arasında %13.3 oranında bir artış gözlenmiştir, 100 traktöre düşen tarım arabası oranı da 2016 yılından 2020 yılına kadar yaklaşık %74 oranından %80'ler civarına kadar yükselmiş, 2021 yılı için oran tekrar %74'ler düzeyine

gerilemiştir. Su tankeri ve santrifüj pompada sırasıyla 2016-2021 yılları arasında %13.8 ve %20.2 oranlarında artışlar görülmesi, sulama ile basınçlı sulama sistemlerinin kullanımında da artışlar olduğunu göstermektedir.

Tarımsal mekanizasyon düzeyinin belirlenmesinde, işlenen alan ve traktör sayıları yanında traktör güç dağılımı da dikkate alınmaktadır. Traktörler, tek akslı ve iki akslı olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Tek akslı traktörler daha çok küçük alanlarda ve az iş gücü gerektiren işlerde kullanılan makinelerdir. Bu araçların hafif olmaları nedeniyle eğimli arazilerde çokça tercih edilmektedir (Gülsoylu ve Ulusoy, 2006). Yine tarım araçları olarak tarla, bahçe ve bağlarda kullanımı yaygın olan araçlardır. Çift akslı traktörler, tek akslı traktörlerden daha güçlü ve büyüklükte olup 4 tekerlekli traktör olarak da bilinmektedir.

Traktör güç gruplamasında genelde tek akslı traktörler için 1-5 BG, >5 BG güç aralıkları, çift akslı traktörler için sırasıyla 1-10 BG, 11-24 BG, 25-34 BG, 35-50 BG, 51-70 BG ve >70 BG'ü traktörler dikkate alınmaktadır. Birim alan başına traktör gücünün hem il genelinde ve hem de ilçeler bazında belirlenmesinde, her bir traktör güç grubunun ortalama güç değeri ile istenilen yıla ait traktör sayısı çarpılmış ve birim işlenen alana oranlanmıştır (Aybek vd., 2021).

Çizelge 10'da 2016 ve 2021 yılları için Amasya ili, Karadeniz Bölgesi ile Türkiye geneli için tarımda makinalaşma seviyesi karşılaştırılmıştır.

Çizelge 10. 2016 ve 2021 yılları için Amasya ili, Karadeniz Bölgesi ile Türkiye geneli için tarımda makinalaşma seviyesindeki değişim (Anonim, 2022).

Yıl	İl/Bölge/Ülke	Tarım alanı (ha)	Traktör sayısı (adet)	kW ha ⁻¹ (*)	traktör 1000ha ⁻¹	ha traktör ⁻¹
2016	Amasya	230 413	21 909	3.33	95.09	10.52
	Karadeniz Bölgesi	2 701 870	200 957	2.48	74.38	13.45
	Türkiye	23 711 159	1 273 531	2.00	53.71	18.62
2021	Amasya	241 529	24 951	3.71	103.30	9.68
	Karadeniz Bölgesi	2 796 004	252 972	2.89	90.48	11.05
	Türkiye	23 472 877	1 481 461	2.42	64.01	15.62

*: Ortalama traktör gücü olarak 2016 yılı Amasya için 35.05 kW, 2021 yılı için 35.92 kW olarak belirlenmiştir.

*: Ortalama traktör gücü olarak 2016 yılı Karadeniz Bölgesi için 33.28 kW, 2021 yılı için 31.97 kW alınmıştır.

*: Ortalama traktör gücü olarak 2016 yılı Türkiye için 37.22 kW, 2021 yılı için 37.86 kW alınmıştır.

2016-2021 yılları için, 1000 ha birim tarımsal işlenen alan başına traktörlerin sayılarında (traktör 1000 ha⁻¹) ve birim tarımsal alan başına traktör gücü (kW ha⁻¹) değişimlerinde artışlar varken, birim traktöre düşen tarımsal alan (ha traktör⁻¹) değerlerinde azalışlar görülmüştür (Çizelge 10). Amasya il genelindeki birim tarımsal alan başına traktör gücü (kW ha⁻¹), 2016 yılında olduğu gibi, 2021 yılı için de hem Karadeniz Bölgesi ve hem de Türkiye genelinden daha yüksek değerdedir. 1000 ha birim tarımsal işlenen alan başına traktörlerin sayılarında da (traktör 1000 ha⁻¹) benzer şekilde Amasya il geneli, Karadeniz Bölgesi ve Türkiye geneli değerlerine göre daha yüksek durumdadır. Buna göre Amasya il genelinin tarımda makinalaşma düzeyi, Karadeniz Bölgesi ve Türkiye geneli değerlerine göre daha iyi durumda olduğu söylenebilir.

4. AMASYA İLİNE AİT İLÇELERİN TARIM MAKİNALARI VARLIĞI VE MEKANİZASYON DÜZEYİ

Çizelge 11’de Amasya iline bağlı ilçelerin bazı toprak işleme alet makina sayılarının 2016 ve 2021 yılı için değişimi verilmiştir. Toprak işleme alet ve ekipmanları 2021 yılında, 2016 yılına göre artışlar gözlenmiştir (Çizelge 11).

Çizelge 11. 2016 ve 2021 yılı için Amasya iline ait ilçelerdeki bazı toprak işleme alet makina sayılarının değişimi (Anonim, 2022)(*)

İlçeler	Kulaklıpulluk		Disklipulluk		Toprakfrezezi	
	2016	2021	2016	2021	2016	2021
Göynücek	1 792 (8.18)	1 812 (7.3)	95 (0.43)	109 (0.43)	13 (0.059)	14 (0.056)
Gümüşhacıköy	1 187 (5.42)	1 245 (4.98)	20 (0.091)	24 (0.09)	8 (0.037)	33 (0.13)
Hamamözü	250 (1.14)	255 (1.02)	-	-	-	-
Merkez	3 720 (16.98)	4 575 (18.3)	122 (0.56)	135 (0.54)	110 (0.50)	118 (0.47)
Merzifon	2 830 (12.9)	3 295 (13.2)	60 (0.27)	65 (0.26)	115 (0.52)	130 (0.52)
Suluova	1 015 (4.6)	1 040 (4.1)	19 (0.087)	30 (0.12)	4 (0.018)	5 (0.020)
Taşova	2 200 (10.0)	2 625 (10.5)	-	-	7 (0.032)	13 (0.052)
TOPLAM	12994 (59.3)	14847 (59.5)	316 (1.44)	363 (1.45)	257 (1.17)	313 (1.25)

İlçeler	Kültivatör		Merdane		Disklitirmık	
	2016	2021	2016	2021	2016	2021
Göynücek	1 250 (5.70)	1 268 (5.08)	193 (0.88)	198 (0.79)	90 (0.41)	92 (0.36)
Gümüşhacıköy	924 (4.22)	960 (3.84)	125 (0.57)	135 (0.54)	185 (0.84)	196 (0.78)
Hamamözü	235 (1.07)	250 (1.00)	17 (0.078)	20 (0.080)	7 (0.032)	9 (0.036)
Merkez	1 090 (4.98)	1 830 (7.33)	322 (1.47)	352 (1.41)	190 (0.87)	202 (0.80)
Merzifon	2 475 (11.3)	2 775 (11.12)	620 (2.83)	710 (2.84)	165 (0.75)	180 (0.72)
Suluova	830 (3.79)	849 (3.40)	101 (0.46)	118 (0.47)	194 (0.89)	205 (0.82)
Taşova	320 (1.5)	610 (2.44)	73 (0.33)	125 (0.50)	130 (0.59)	10 (0.040)
TOPLAM	7124 (32.5)	8542 (34.23)	1 451 (6.6)	1 658 (6.64)	961 (4.4)	894 (3.6)

(*): 100 traktöre düşen makina sayısı parantez içinde verilmiştir.

Diğer toprak işleme alet ve ekipmanlarına göre toprak frezezi artışı %21.8 daha yüksektir. Merzifon ilçesinde 100 traktör başına düşen kültivatör değeri, Amasya ilinin ilçeleri arasında 2021 yılı için 11.12 değeriyle en yüksek değerde görülürken, Hamamözü ilçesinde ise bu oran 1'e düşmüştür. 2009 yılı için kulaklı pulluk sayısının Amasya'nın dahil olduğu Karadeniz tarım bölgesinde 70 727 adet ve 100 traktör başına düşen pulluk sayısının 72 adet olduğu Özgüven vd. (2010) tarafından belirtilmektedir.

Çizelge 12’de Amasya iline ait ilçelerdeki 2016-2021 yılları için ekim-dikim-gübreleme makina sayıları değişimleri verilmiştir. 2021 yılı için Hamamözü ilçesinde kombine hububat makinası mevcut değilken, Merzifon ilçesinde kombine hububat ekim makinası kullanımının 100 traktör başına 6.7 değeriyle yüksek değerde olduğu gözlenmiştir. 2021 yılı için Suluova ilçesinde katı ahır (çiftlik) gübre dağıtma makinalarının diğer ilçelerden daha yüksek olduğu, Göynücek ve Hamamözü ilçelerinde ise katı ahır (çiftlik) gübre dağıtma makinalarının mevcut olmadığı gözlenmiştir (Çizelge 12).

Çizelge 12. Amasya iline ait ilçelerde 2016-2021 yılları için bazı ekim-dikim-gübreleme makina sayılarının değişimi (Anonim, 2022) (*)

İlçeler	Kombine hububat ekim makinası		Pnömatik ekim makinası		Patates dikim makinası	
	2016	2021	2016	2021	2016	2021
Göynücek	397 (1.81)	437 (1.75)	81 (0.37)	91 (0.36)	-	-
Gümüşhacıköy	232 (1.05)	255 (1.02)	24 (0.11)	26 (0.10)	2 (0.0091)	2 (0.0080)
Hamamözü	-	-	-	-	-	-
Merkez	733 (3.34)	810 (3.24)	265 (1.2)	335 (1.34)	14 (0.064)	14 (0.056)
Merzifon	1380 (6.2)	1675 (6.7)	180 (0.82)	229 (0.91)	7 (0.032)	8 (0.032)
Suluova	37 (0.17)	48 (0.19)	18 (0.082)	22 (0.088)	2 (0.009)	7 (0.028)
Taşova	40 (0.18)	40 (0.16)	3 (0.014)	15 (0.060)	-	-
TOPLAM	2 819 (12.8)	3 265 (13.08)	571 (2.6)	718 (2.9)	25 (0.11)	31 (0.12)

İlçeler	Üniversal ekim makinası		Kimyevi gübre dağıtma makinası		Çiftlik gübre dağıtma makinası	
	2016	2021	2016	2021	2016	2021
Göynücek	47 (0.21)	55 (0.22)	340 (1.55)	352 (1.41)	-	-
Gümüşhacıköy	50 (0.22)	55 (0.22)	247 (1.12)	283 (1.13)	2 (0.0091)	3 (0.012)
Hamamözü	12 (0.055)	13 (0.052)	26 (0.12)	30 (0.12)	-	-
Merkez	172 (0.0079)	195 (0.0078)	1 285 (5.85)	1 467 (5.87)	4 (0.018)	6 (0.024)
Merzifon	68 (0.0031)	90 (0.0036)	1 900 (8.67)	1 950 (7.81)	10 (0.046)	13 (0.052)
Suluova	22 (0.10)	24 (0.096)	249 (1.13)	263 (1.05)	7 (0.032)	9 (0.036)
Taşova	50 (0.23)	40 (0.16)	235 (1.07)	315 (1.26)	-	2 (0.0080)
TOPLAM	421 (1.9)	472 (1.89)	4 282 (19.5)	4 660 (18.67)	23 (0.10)	33 (0.13)

(*):100 traktöre düşen makina sayısı parantez içinde verilmiştir.

Amasya ilinin ilçelerindeki bitki koruma makinaları sayılarının 2016 ve 2021 yılları için değişimi Çizelge 13’te verilmiştir. 2016 yılına göre 2021 yılında Gümüşhacıköy ilçesinde %27.3 oranında bir artış olmuştur. 100 traktör başına düşen pülverizatör oranının ise 0.050’den 0.062’ye yükseldiği görülmüştür. 2021 yılı için 100 traktöre düşen atomizör sayısı bakımından 2.56 değeriyle Amasya ili ilçelerinin arasında Merkez ilçe en yüksek değere sahipken, Amasya Merkez ilçesi hariç diğer ilçelerde tozlayıcı kullanımının olmadığı görülmektedir (Çizelge 13).

Çizelge 13. 2016-2021 yılı için Amasya iline ait ilçelerdeki bazı bitki koruma makinaları sayıları (Anonim, 2022) (*)

İlçeler	Pülverizatör		Tozlayıcı		Atomizör	
	2016	2021	2016	2021	2016	2021
<i>Göynücek</i>	42 (0.19)	47 (0.21)	-	-	43 (0.20)	46 (0.20)
<i>Gümüşhacıköy</i>	11 (0.050)	14 (0.062)	-	-	105 (0.48)	110 (0.48)
<i>Hamamözü</i>	35 (0.16)	38 (0.17)	-	-	1 (0.0046)	1 (0.0044)
<i>Merkez</i>	527 (2.41)	581 (2.56)	2 (0.0091)	3 (0.013)	124 (0.57)	140 (0.62)
<i>Merzifon</i>	121 (0.55)	125 (0.55)	-	-	68 (0.31)	70 (0.31)
<i>Suluova</i>	130 (0.59)	135 (0.59)	-	-	105 (0.48)	118 (0.52)
<i>Taşova</i>	295 (1.35)	316 (1.39)	-	-	160 (0.73)	155 (0.68)
TOPLAM	1 161 (5.30)	1 256 (5.53)	2 (0.0091)	3 (0.013)	606 (2.77)	640 (2.82)

(*): 100 traktöre düşen makina sayısı parantez içinde verilmiştir.

Bazı hasat-harman makinalarının 2016-2021 yılları için Amasya ili ilçelerindeki değişimi Çizelge 14'te verilmiştir.

Çizelge 14. Amasya ilinin ilçelerindeki 2016-2021 yıllarındaki bazı hasat-harman makinalarının sayısal değişimi (Anonim, 2022) (*)

İlçeler	Bıçerdöver		Orak Makinası		Balya Makinası		Ot Silaj Makinası	
	2016	2021	2016	2021	2016	2021	2016	2021
<i>Göynücek</i>	14 (0.064)	15 (0.060)	22 (0.10)	21 (0.084)	14 (0.064)	25 (0.10)	2 (0.0091)	4 (0.016)
<i>Gümüşhacıköy</i>	14 (0.064)	17 (0.068)	86 (0.39)	85 (0.34)	36 (0.16)	40 (0.16)	1 (0.0046)	1 (0.004)
<i>Hamamözü</i>	-	-	10 (0.046)	9 (0.036)	5 (0.023)	7 (0.028)	-	-
<i>Merkez</i>	45 (0.21)	44 (0.17)	72 (0.33)	63 (0.25)	48 (0.22)	61 (0.24)	17 (0.078)	18 (0.072)
<i>Merzifon</i>	134 (0.61)	165 (0.66)	30 (0.14)	29 (0.11)	88 (0.40)	121 (0.48)	-	-
<i>Suluova</i>	27 (0.12)	21 (0.084)	23 (0.10)	24 (0.096)	12 (0.055)	21 (0.084)	8 (0.037)	12 (0.048)
<i>Taşova</i>	7 (0.032)	3 (0.012)	4 (0.018)	18 (0.072)	10 (0.046)	25 (0.10)	1 (0.0046)	1 (0.004)
TOPLAM	241 (1.10)	265 (1.06)	247 (1.13)	249 (0.99)	213 (0.97)	300 (1.20)	29 (0.13)	34 (0.14)

İlçeler	Mısır Silaj Makinası		Çayır Biçme Makinası		Sap Döver Harman Makinası	
	2016	2021	2016	2021	2016	2021
Göynücek	12 (0.055)	15 (0.060)	18 (0.082)	20 (0.08)	275 (1.26)	260 (1.04)
Gümüşhacıköy	19 (0.087)	23 (0.092)	28 (0.13)	30 (0.12)	345 (1.57)	345 (1.38)
Hamamözü	5 (0.023)	6 (0.02)	-	-	172 (0.79)	65 (0.26)
Merkez	88 (0.40)	102 (0.40)	105 (0.48)	108 (0.43)	1425 (6.5)	1462 (5.85)
Merzifon	35 (0.16)	49 (0.19)	58 (0.26)	66 (0.26)	305 (1.4)	270 (1.08)
Suluova	108 (0.49)	110 (0.44)	52 (0.24)	52 (0.20)	7 (0.032)	7 (0.028)
Taşova	15 (0.068)	45 (0.18)	-	-	250 (1.14)	170 (0.68)
TOPLAM	282 (1.29)	350 (1.40)	261 (1.19)	276 (1.10)	2779 (12.68)	2579 (10.33)

(*): 100 traktöre düşen makina sayısı parantez içinde verilmiştir.

Çizelge 14'e göre, biçerdöver sayısı Merzifon ilçesinde diğer ilçelere göre daha fazladır. Çayır biçme makinası, 2021 yılı için 100 traktör başına 0.43 değeriyle Merkez ilçede daha yüksek düzeyde iken, Hamamözü ve Taşova'da ise çayır biçme makinası mevcut değildir. Merkez ve Suluova ilçeleri, Amasya ilinin ilçeleri içerisinde ot silaj makinası açısından daha fazla kullanıma sahipken, ilçelerin geneli için ot silaj makinası varlığı sayısal olarak yetersiz durumdadır.

100 traktör başına mısır silaj makinası varlığı, 2016 yılına göre 2021 yılında Taşova ilçesinde %200 oranında artarken, aynı dönemde balya makinasının il geneli toplamında 100 traktör başına değeri ise %40.9 oranında artarak 1.20 değerine ulaşmıştır. 2016 yılına göre 2021 yılında biçerdöver kullanımındaki artışlara rağmen sapdöver harman makinasında ise %7.2 oranında azalma görülmüştür.

2016-2021 yılları için Amasya iline ait ilçelerdeki santrifüj pompa sayıları, tarım arabası ve su tankeri sayılarındaki değişim Çizelge 15'te gösterilmiştir. Su tankeri sayısı ve 100 traktör başına düşen oran 2.58 ile Merzifon ilçesinde diğer ilçelerden daha fazladır. 2021 yılında Amasya genelinde 75.58 oranında tarım arabası sayısı bulunurken, Merkez ilçesinde 100 traktöre 31.88 oranı belirlenmiş olup, bu değer ilçeler bazında en yüksek değerdir. 2021 yılı için tarım arabasının sayısal değeri 265 ve 100 traktör başına düşen oran ise 1.06 olarak en düşük değerlerde Hamamözü ilçesinde saptanmıştır (Çizelge 15). Traktör tahrikli santrifüj pompa sayısı, Merzifon ilçesinde 2021 yılı itibariyle 2016 yılına göre %27.2 oranında artış gösterirken, Hamamözü ilçesinde ise mevcut değildir.

Çizelge 15. Bazı diğer tarım alet makina sayılarının Amasya iline ait ilçelerdeki 2016-2020 yılları arasındaki sayısal değişimi (Anonim, 2022) (*)

İlçeler	Su tankeri		Tarım arabaları		Santrifüj pompa	
	2016	2021	2016	2021	2016	2021
Göynücek	8 (0.037)	12 (0.048)	1 298 (5.9)	1 411 (5.65)	88 (0.40)	98 (0.39)
Gümüşhacıköy	320 (1.46)	340 (1.36)	1 286 (5.9)	1 350 (5.41)	185 (0.84)	200 (0.80)
Hamamözü	65 (0.30)	67 (0.26)	245 (1.12)	265 (1.06)	-	-
Merkez	255 (1.16)	293 (1.17)	6 992 (31.9)	7 955 (31.88)	195 (0.89)	227 (0.91)
Merzifon	490 (2.24)	645 (2.58)	2 910 (13.3)	3 340 (13.38)	287 (1.31)	365 (1.46)
Suluova	344 (1.57)	360 (1.44)	1 069 (4.88)	1 265 (5.06)	23 (0.10)	38 (0.15)
Taşova	340 (1.55)	357 (1.43)	2 400 (10.95)	2 775 (11.12)	20 (0.091)	31 (0.12)
TOPLAM	1 822 (8.32)	2 074 (8.31)	16 200 (73.9)	18 361 (75.58)	798 (3.6)	959 (3.84)

(*): 100 traktöre düşen makina sayısı parantez içinde verilmiştir.

Çizelge 16'da Amasya ilinin ilçelerinin 2016 ve 2021 yılları için tarımda makinalaşma düzeyi gösterilmiştir.

Çizelge 16. Amasya iline ait ilçelerinin 2016 ve 2021 yılları için tarımda makinalaşma düzeyinin karşılaştırması (Anonim, 2022).

İlçeler	Tarım alanı (ha)		Traktör sayısı (Adet)		kW ha ⁻¹ (*)		traktör 1000ha ⁻¹		ha traktör ⁻¹	
	2016	2021	2016	2021	2016	2021	2016	2021	2016	2021
Göynücek	17 282	20 315	866	1 139	0.18	0.23	5.01	6.43	199.57	155.60
Gümüşhacıköy	19 168	20 790	1 908	2 189	0.35	0.38	9.95	10.59	100.46	94.41
Hamamözü	4 523	4 420	305	371	0.24	0.31	6.74	8.54	148.30	117.16
Merkez	80 332	81 986	10 322	11 907	0.45	0.55	12.85	15.38	77.83	65.02
Merzifon	48 408	50 986	3 430	3 738	0.25	0.27	7.09	7.46	141.13	134.07
Suluova	26 617	27 148	1 746	1 689	0.23	0.23	6.56	6.46	152.45	154.81
Taşova	34 080	35 879	3 332	3 918	0.34	0.41	9.78	11.33	102.28	88.26
TOPLAM	230 413	241 529	21 909	24 951	3.33	3.88	95.09	108.01	10.52	9.26

*Ortalama traktör gücü 2016 yılı için 35.05 kW, 2021 yılı için 35.92 kW alınmıştır.

Birim tarımsal alan başına traktör gücünün yüksek olduğu ilçeler 2021 yılı için sırayla Merkez (0.55 kW ha⁻¹), Taşova (0.41 kW ha⁻¹), Gümüşhacıköy (0.38 kW ha⁻¹) iken, en düşük değer ise Suluova ilçesinde (0.23 kW ha⁻¹) gözlenmiştir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, Amasya ili ve ilçelerindeki tarımda makinalaşma düzeyinin 2016-2021 yılları için değişimleri incelenmiştir. Çalışmada tarımsal uygulamalar için kullanılan makinalar 5 grupta (toprak işleme alet ve makinaları, ekim, bakım ve gübreleme makinaları, bitki koruma makinaları, hasat ve harman makinaları ile bunun dışında kullanılan bazı makinalar) değerlendirilmiştir. Tarımda makinalaşma düzeyinin belirlenmesinde, tarımsal işlenen alan ve traktör sayıları yanında traktörlerin güçlerine ait dağılımlar da dikkate alınmıştır. 2016 ile 2021 yılları arasındaki traktör varlığında Amasya ilinde %14.2 oranında artış olmuş ve >70 BG'lü traktörler için %46.5 oranında artış görülmüştür. Birim işlenen tarımsal alan başına traktör gücü ile özgül traktör yoğunluğuna ait değişimler, 2016-2021 yıllarına göre sırayla %11.4 ve %8.63 oranında artışlar şeklinde, ha traktör⁻¹ ise %7.98 oranında azalış göstermiştir. Tarımda makinalaşma düzeyi için, Amasya iline ait birim işlenen tarımsal alan başına düşen güç ile 1000 ha tarım alanına düşen traktör sayıları; Karadeniz Bölgesi ile Türkiye ortalama değerlerine göre daha yüksek değerde bulunmuştur. Türkiye genelinde olduğu gibi Amasya ilinde de tarım arazilerinde parçalılık oranı yüksek olup, bu durum il genelinde tarımsal iş makinaları ve traktör kullanımlarını sınırlandırmaktadır. Amasya ili için tarımda çalışan nüfusun fazla olmasının yanı sıra işletmeler açısından tarımsal gelirin de düşük olması nedeniyle, il ve ilçe bazında tarımsal iş makinaları ve traktörlerin satın alınma talepleri azalmaktadır. Amasya ilinde, daha az gelirli ve küçük ölçekli işletmelerin olması nedeniyle tarımsal üretime dayalı verimliliği artırabilmek için makine kullanım model ve sistemi olarak ortak makina kullanım modelinin yaygın hale getirilmesi gerektiği gibi, işletmelerin büyüklük bazında tarım alet ve makinası ile traktörlerin kullanılmasının gerekliliği de çok önemlidir.

BİLGİLENDİRME

Bu makalenin özeti, 07-09 Eylül 2022 tarihleri arasında Bilecik' de gerçekleştirilmiş olan 34. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresinin Özet ve Bildiri Kitabı'nda yayınlanmıştır.

KAYNAKLAR

- Altıkat, S., Çelik, A. (2009). Erzurum İlinin Tarımsal Mekanizasyon Özellikleri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40 (2), 57-70.
- Altuntaş, E. (2016). Türkiye'nin Tarımsal Mekanizasyon Düzeyinin Coğrafik Bölgeler Açısından Değerlendirilmesi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(12): 1157-1164, 2016.
- Altuntaş, E. (2020). Türkiye'deki Tarım Makinaları Kullanım Projeksiyonunun Tahmini. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (UTYHBD)*, 2020, 6(3): 506 – 516.
- Altuntaş, E., Bal, M. (2021). Çorum ilinde ayçiçeği tarımında makina kullanım projeksiyonu. *Akademik Ziraat Dergisi*, 10(2), 355-364.
- Anonim. (2020). Amasya Tarımı. <https://amasya.tarimorman.gov.tr/> (Erişim tarihi: Nisan 2022).
- Anonim. (2022). Türkiye İstatistik Kurumu. Tarımsal İstatistik Verileri. <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim tarihi: Ocak-Mart-Ağustos 2022).
- Aslantürk, B., Altuntaş, E. (2017). Malatya İlinin Mekanizasyon Düzeyi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6 (2), 15-26.
- Aybek, A., Kuzu, H., Karadöl, H. (2021). Türkiye'nin ve Tarım Bölgelerinin Tarımsal Mekanizasyon Düzeyindeki Değişimlerin Son On Yıl (2010-2019) ve Gelecek Yıllar (2020-2030) İçin

- Değerlendirilmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 24 (2): 319-336.
- Bal, M., Altuntaş., E. (2020). Çorum İlinde Çeltik Tarımında Makina Kullanım Projeksiyonun Tahmini. *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research (TURKAGER)*, 1(2): 233-247. <https://doi.org/10.46592/turkager.2020.v01i02.002>
- Bozkurt, M., Aybek, A. (2016). Şanlıurfa İli Harran Ovasının Tarımsal Yapı ve Mekanizasyon Özellikleri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 19(3), 319-331.
- Cetin, N., Demir, B., Sağlam, C. (2020). Projection for Plant Protection Machinery of Kayseri Province. *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research (TURKAGER)*, 1(1): 104-110.
- Dilay, Y., Özkan, A. (2021). Karaman İlinin Tarımsal Mekanizasyon Özellikleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (27), 761-767.
- Eryılmaz, T., Gökdoğan, O., Yeşilyurt, M.K. (2014). Yozgat İlinin Tarımsal Mekanizasyon Durumunun İncelenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(2): 262-268.
- Gülsoylu, E., Ulusoy, Y. (2006). Türkiye'de Tek Akslı – İki Tekerlekli Traktörlerin Sayısal Değişimi ve Kullanımı. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 2(4): 271-278.
- Keleş, İ., Haciseferoğulları, H. (2016). Konya İli Çumra İlçesi Tarım İşletmelerinin Tarımsal Yapı ve Mekanizasyon Özelliklerinin Belirlenmesi, *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 3(1), 48-58.
- Koçtürk D, Avcıoğlu A.O. (2007). Türkiye’de bölgelere ve illere göre tarımsal mekanizasyon düzeyinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 3 (1): 17-24.
- Malashlı, M., Palta, Ç., Argon Üstün, Z. (2020). KOP Bölgesi’nin Tarımsal Mekanizasyon Özellikleri. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(4): 826-832
- Özğüven, M., Türker, U., Beyaz, A. (2010). Türkiye’nin Tarımsal Yapısı ve Mekanizasyon Durumu, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(2), 89-100.
- Sabancı, A., Akıncı. (1994). Dünyada ve Türkiye’de tarımsal mekanizasyon düzeyi ve son gelişmeler. *Tarımsal Mekanizasyon 15. Ulusal Kongresi*, 20-22 Eylül, Antalya
- Tezer, E. (1980) Tarımsal üretim planlaması kavramı ve mekanizasyon. Tarım Sorunları ve Tarımsal Üretim Planlaması Semineri, Ankara.
- Zeren, Y., Tezer, E., Tuncer, İ.K., Evcim, Ü., Güzel, E., Sındır, K.O. (1995). Tarım Alet-Makine ve Ekipman Kullanım ve Üretim Sorunları. Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi Tarım Haftası 95 Kongresi, 9-13 Ocak 1995, Ankara.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction and Research Questions & Purpose

The level of mechanization in agriculture varies according to the technical and economic structure of provinces, regions and countries. In Türkiye, as in many other countries, the levels of mechanization in agriculture show different developments and changes. There is a need to improve the level of mechanization in Türkiye. The fact that the level of mechanization in Türkiye is not at the desired level is due to the structural differences between the agricultural regions. These differences can be observed at the regional and provincial level of a country and even in agricultural enterprises. No studies have been conducted on the projection of agricultural machinery or the determination of the level of mechanization on the basis of provinces and districts in Amasya. On the other hand, in recent years, many studies have been carried out on the level of agricultural mechanization and machine use projections at the national, regional and different provincial levels. Therefore, in this study, it is aimed to determine the level of mechanization in agriculture in Amasya province for the years 2016 and 2021 by using the data of the Turkish Statistical Institute (TUIK).

Methodology

The data used in the study are the data of the Turkish Statistical Institute (TUIK) and are the statistics for the years 2016 and 2021 on agricultural production amounts, tractors and agricultural tools and machinery in Amasya province and its districts. In this context, on the basis of these data, the agricultural mechanization level of Amasya province and its districts has been tried to be determined. In determining the level of agricultural mechanization, the distribution of the power of the tractors as well as the cultivated area and the number of tractors are taken into account. In the grouping of power of tractors, 1-5 HP, >5 HP power ranges for single axle tractors, 1-10 HP, 11-24 HP, 25-34 HP, 35-50 HP, 51-70 HP and >70 HP respectively for double axle tractors are taken into account. In determining the tractor power per unit agricultural area, the average power value of each tractor power group is multiplied by the number of tractors for the desired year, and the ratio of the unit to the cultivated area is made. In addition, the data obtained were compared with the Black Sea Region and Türkiye in general. The data related to the level of agricultural mechanization, agricultural tools and machines used in Amasya province and its districts are evaluated under 5 groups as soil cultivation tools and machines, sowing, maintenance and fertilization machines, plant protection machines, harvesting and threshing machines and some other machines used.

Results and Conclusions

In determining the level of mechanization in agriculture, the distribution of the power of the tractors as well as the cultivated area and the number of tractors were taken into account. There was an increase of 14.16% in the tractor presence in Amasya province between 2016 and 2021, and serious increases of 46.48% were observed for tractors with >70 HP in the province. In 2016-2021, while the changes in tractor power per unit cultivated agricultural area (kW ha^{-1}) and specific tractor density for Amasya province increased by 11.41% and 8.63%, respectively, decreases by 7.68% were observed for the ha tractor^{-1} criterion. In terms of the criteria for the level of mechanization in agriculture, the ratio of kW power per unit cultivated agricultural area and tractors per 1000 ha agricultural area of Amasya; Considering the average values of the Black Sea Region and Türkiye, it is higher. In Amasya province, as in Türkiye in general, the rate of fragmentation in agricultural lands is high, which limits the use of agricultural machinery and tractors on a provincial basis. As the population working in agriculture in Amasya is high and the agricultural income is low in terms of enterprises, the demand for purchasing agricultural machinery and tractors on the basis of provinces and districts is also decreasing. In order to increase productivity based on agricultural production in the province of Amasya, where there are less income and small-scale enterprises, it is necessary to make the common machine use model and system widespread, and to use agricultural machines and tractors according to the size of the enterprise.

Yazarların Biyografisi



Uğur DERTLİOĞLU

1986 yılında Amasya'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Amasya'da yaptı. Lisans eğitimini 2008-2012 yılları arasında Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme Bölümünde tamamladı. 2015-2017 yılları arasında Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Tarım Bölümünden Mezun oldu ve 2020 yılından itibaren Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümünde okumaktadır. 2010 yılından itibaren Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığında çalışmaktadır. Evli ve iki çocuk babasıdır.

İletişim

ugur.dertlioglu@gmail.com

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0002-1323-0927>



Ebubekir ALTUNTAŞ

1967 yılında Sivas'ta doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Sivas'ta yaptı. Lisans eğitimini 1985-1989 yılları arasında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Mekanizasyon Bölümünde tamamladı. Yüksek lisans eğitimini 1992-1994 yılları arasında Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları A.B.Dalında; doktora eğitimini ise 1994-1998 yılları arasında Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları A.B.Dalında tamamladı. 1993 yılında Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. Aynı bölüme 2000 yılında Yardımcı Doçent, 2006 yılında Doçent olarak ve 2012 yılında Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Tarımda Makine Sistemleri bilim dalına Profesör olarak atandı. Halen aynı üniversitede görev yapmaktadır. Birçok bilimsel ve akademik çalışma ve faaliyetlerde görev almış olup, 120'nin üzerinde bilimsel makale ve yayını bulunmaktadır. Evli ve iki çocuk babasıdır.

İletişim

ebubekir.altuntas@gop.edu.tr

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0003-3835-1538>

Santrifüj Pompa Çarklarındaki Hidrolik Kuvvetler ve Yapılan Çalışmaların Değerlendirilmesi

Hydraulic Forces in Centrifugal Pump Impellers and Evaluation of the Studies

Mehmet Kurt^{1,*}, Kazım Çarman²

¹ Selçuk Üniversitesi, Cihanbeyli Meslek Yüksekokulu, Yönetim ve Organizasyon Bölümü, Konya, Türkiye.

² Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye.

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): M. Kurt, e-mail (e-posta): mehmet.kurt@selcuk.edu.tr

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 19.08.2022
Düzeltilme tarihi : 23.11.2022
Kabul tarihi : 24.11.2022

Anahtar Kelimeler:

Pompa
Hidrolik Kuvvetler
Radyal Kuvvet
Eksenel Kuvvet

Atf için:

Kurt, M., Çarman, K., (2023). "Santrifüj Pompa Çarklarındaki Hidrolik Kuvvetler ve Yapılan Çalışmaların Değerlendirilmesi", *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 19(1): 53-74.

ÖZET

Santrifüj pompalar, içerisinde döner bir mil üzerine yataklandırılmış, üzerinde belli sayıda kanatların bulunduğu bir çark ve bu sayede suya hareket enerjisi kazandıran, mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye çeviren makinelerdir. Çarkın bu hareketi sonucu istenen mesafeye istenen akışkanın transferi sağlanmaktadır. Akışkanın hareketi sonucunda akışın hızı, basıncı, gücü ve pompa tipi gibi bazı parametreler belirlenmektedir. Pompa tipini belirleyen en önemli unsur çarka suyun girişi ile çıkışı arasındaki açısal farklılıktır. Bu durumda pompalarda hidrolik akışın, akış biçimine göre hidrolik kuvvetlerin oluşmasına neden olmaktadır. Hidrolik kuvvet, pompalarda hidrolik akışkanın hareketinin zıt yönünde tepki kuvveti radyal ve eksenel kuvvetler olarak meydana gelmektedir. Radyal kuvvet, çark çevresindeki basınç dağılımını, eksenel kuvvet ise çark alt ve üst örtüsünün duvar boşluklarından geçen akış üzerindeki basınç dağılımları olarak pompa ve çark üzerinde oluşan kuvvetlerdir. Hidrolik kuvvetler, pompa mekanik ve hidrolik özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Pompa verimi düşerken, mekanik yapıda deformasyonlar meydana gelmektedir. Pompa enerji gereksiniminin artmasında etkili olan hidrolik kuvvetler titreşim ve gürültüye de neden olmaktadır. Bu derlemede pompalarda yaşanacak hidrolik kuvvetlerin olumsuz etkilerinin azaltılması yönünde yapılan çalışmalar incelenmiştir. Çalışmada, geleneksel derleme yöntemine bağlı kalınarak, santrifüj pompalarda meydana gelebilecek hidrolik kuvvetler ve kuvvetleri azaltmaya yönelik yapılan araştırmalar neticesindeki bulgular ortaya konulmuştur. Araştırma sonuçları incelendiğinde, genel olarak yapılacak uygulamaların pompa ve çarklarındaki yapısal değişiklik üzerine olacağı kanaatine varılmıştır. Yapısal değişikliklerin pompa hidrolik performans değerlerini değiştireceği bilinmektedir. Bu durumda pompalarda oluşacak hidrolik kuvvetlerin azaltılması için yapılacak çalışmalarda yapısal değişikliğin etkili olduğu ancak hidrolik performans değerlerini de etkileyeceği unutulmamalı ve değişiklik yaparken tasarım parametreleri de ihmal edilmemelidir.

Article Info

Received date : 19.08.2022
Revised date : 23.04.2022
Accepted date : 24.11.2022

Keywords:

Pump
Hydraulic Forces
Radial Force
Axial Force

How to Cite:

Kurt, M., Çarman, K., (2023). "Hydraulic Forces in Centrifugal Pump Impellers and Evaluation of the Studies", *Journal of Agricultural Machinery Science*, 19(1): 53-74.

ABSTRACT

Centrifugal pumps are machines that are mounted on a rotating shaft, have a certain number of blades on them, and thus provide motion energy to the water and convert mechanical energy into hydraulic energy. As a result of this movement of the impeller, the desired fluid is transferred to the desired distance. As a result of the movement of the fluid, some parameters such as speed, pressure, power and pump type can be determined. The most important factor determining the pump type is the angular difference between the inlet and outlet of the water in the impeller. In this case, hydraulic flow in pumps causes hydraulic forces occurring according to the flow form. The hydraulic force occurs in the pumps as the reaction force, radial and axial forces in the opposite direction of the movement of the hydraulic fluid. The radial force is the pressure distribution around the impeller, and the axial force is the forces that occur on the pump and the impeller as the pressure distributions on the flow passing through the wall spaces of the upper and lower cover of the impeller. As a result of hydraulic forces, it affects the mechanical and hydraulic properties of the pump negatively. While the efficiency of the pump decreases, deformations occur in the mechanical structure. Hydraulic forces, which are effective in increasing the pump energy requirement, also cause vibration and noise. In the compilation study, the studies carried out to reduce the negative effects of the hydraulic forces to be experienced in the pumps were examined. The study, adhering to the traditional compilation method, revealed the hydraulic forces that may occur in the pumps and the findings as a result of the researches made to reduce the forces. When the results of the research are examined, it is concluded that the applications to be made in general will be on the structural changes in the pumps and impellers. It is known that structural changes will change pump hydraulic performance values. In this case, it should not be forgotten that the structural changes are effective in the studies to be done to reduce the hydraulic forces that will occur in the pumps, but it will also affect the hydraulic performance values, and the design parameters should not be neglected while making changes.

1. GİRİŞ

Hareketli sistemlerde mekanizma içerisindeki statik ve dinamik parçaların bir bağlantıya sahip olması gerekmektedir. Bu bağlantı elemanları hareketi başka bir sisteme ya da başka bir cisme aktarmak için kullanılmaktadır. Pompalarda benzer biçimde bir hareket sistemi içerisinde çalışmaktadır. Pompalar içerisine aldıkları akışkanı farklı hız ve basınçta bir yerden başka bir yere aktaran makinelerdir (Yalçın, 1998). Başka bir deyişle mekanik enerjiyi içerisinde bulunan ve belirli bir hızla dönen çarklar ile hidrolik enerjiye çeviren makineler olarak da tanımlanabilir (Baysal, 1979). Pompalar, akışkanın transferini gerçekleştirirken oluşan hız ve basınca bağlı olarak pompa çark ve gövdesi arasında hidrolik kuvvetler oluşturmaktadır. Bu kuvvetler, fazla basınçla birlikte, pompa çark çıkışı ile çark üzerindeki yapılarda (kanat, alt ve üst kapak vb.) meydana gelmektedir.

Çarklardaki basınç artışı, hidrolik kuvvetleri de artırmaktadır. Dolayısıyla rotor (çark) üzerindeki hareket, hidrolik kuvvetleri oluşturacağından, akışkanda oluşabilecek çalkalanma ve farklı basınç koşullarını yenebilmek için yatakların uygun boyutlandırılması gerektiği belirtilmektedir. Gerekli boyutlandırmaların doğru yapılması pompanın ömrünü ve istenilen işletme koşulları içerisinde çalışmasını sağlayacaktır. Kuvvetlerin oluşmasındaki etken, akışkana dönü hareketi ile hız ve basınç kazandıran çarkın yapısal özelliğidir. Bu çarklar genellikle içerisindeki akışkanın yoğunluğu ya da akışkandan farklı katı malzemeler taşımaya göre seçilmektedir. Açık ya da yarı açık çarklar akışı kolaylaştırmak ve basınçtan çok yüksek debi veya sirkülasyon sağlanması için kullanılmaktadır. Kapalı tip çarklar, içerisinden geçen akışkana daha fazla basınç enerjisinin oluşmasına neden olacağından radyal ve eksenel kuvvetlerin etkisinde diğer çark tiplerine göre artacaktır (Özgür, 1964).

Pompa çarklarının yapısal özellikleri kadar, pompa gövde yapısının da hidrolik kuvvetlerin oluşumunda etkisi bulunmaktadır. Çarktan çıkan akışkanın gövdeye çarpması ya da gövde ile arasındaki boşluklarda, karşı basınç oluşturması, hidrolik kuvvetlere neden olacaktır. Pompalar için genellikle kullanılan yapılar hem basınç hem de hızın ortalama değerlerde bulunduğu rotodinamik pompalardır. Santrifüj ve derin kuyu pompaları olarak adlandırılan dalgıç ve dikey milli pompalar bunlara örnek verilebilir. Hidrolik kuvvetlerin oluşmasında etkili bu pompalar günümüzde de en çok faydalanılan pompalar olarak karşımıza çıkmaktadır (Gulich, 2020).

Radyal ve eksenel olarak pompalara etki eden hidrolik kuvvetlerin dengelenmesi için birçok yöntem bulunmaktadır. Ancak bu yöntemler içerisinde yapısal ve hidrolik dengelemeler olarak farklılıklar söz konusudur. Hidrolik kuvvetlerin neler olduğu ve bu kuvvetleri azaltmak için nelerin nasıl yapılması gerektiği konusu üzerindeki bilgilerin açık bir şekilde ifade edilmesi gerekmektedir. Bu derleme çalışmasında, radyal ve eksenel hidrolik kuvvetlerin dengelenmesi için öngörülen teorik uygulamalar ile, bu konu hakkında yapılan çalışmalar ve bu çalışmalarda dengeleme yöntemleri açıklanmaya çalışılmıştır.

2. HİDROLİK KUVVETLER

Pompalar, akışkanın transferini gerçekleştirirken hız ve basınç oluşturmaktadır. Pompa içerisindeki dönü hareketini gerçekleştiren çarktaki basınç artışı, hidrolik kuvvetler ve momentler üretmektedir. Genellikle santrifüj pompalarda oluşan bu hidrolik kuvvetler radyal ve eksenel kuvvetler olarak ikiye ayrılmıştır. Çark üzerinde hareket eden eksenel ve radyal yöndeki kuvvetler, shaft ve rulmanların uygun boyutlandırılması için önemlidir. Radyal kuvvet, çark akışkan çıkışının olduğu çevresel basınç dağılımı ile belirlenirken eksenel kuvvet, çark-gövde arasındaki boşluklardan geçen akışlar üzerinde ortaya çıkan basınç olarak ifade edilmektedir (Gulich, 2020).

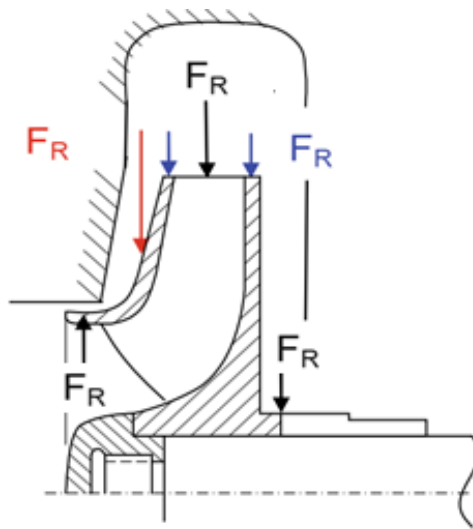
Hidrolik kuvvetlerin oluşumunu azaltmak, pompa performans değerlerinde bir artış sağlayacaktır. Mekanik aksam ve mil yataklamaları üzerinde oluşacak bu kuvvet dönü hareketinde yüklenmeler ile mekanik hasarı ve enerji tüketimini artırmaktadır. Basınç ile tepki kuvveti olarak oluşan hidrolik kuvvetlerin akışı etkileyeceği ve pompa içerisinde ters akışlarında meydana geleceği de bilinmektedir. Bu nedenle yapılan araştırma ve çalışmalar oluşacak hidrolik kuvvetlerin ortaya konulması ve azaltılmasına yönelik olduğu tespit edilmiştir.

Radyal ve aksenal olarak oluşacak kuvvetlerin oluşturacağı tepki kuvvetleri itme kuvveti olarak ifade edilmektedir. Bir pompadaki radyal ve aksenal itmeler, çarkın içindeki akış hareketi ile üretilir. Bu kuvvetler hidrolik olarak veya diğer uygun yöntemlerle dengelenmelidir. Aksi takdirde pompa mili istenmeyen kuvvetlere maruz kalacak, pompa yapısı ve çalışması kuvvetler ile olumsuz etkilenecektir (Nourbakhsh vd., 2008).

Pompalar tarafından akışın çark-gövde içerisinde oluşan hidrolik kuvvetlerinin oluşturduğu olumsuzluklar ve giderilmesi için yapılan çalışmalarda sonuçlar incelenmiştir. Hidrolik kuvvetlerin yol açacağı problemler ve çözümlerinin radyal ve aksenal kuvvetler için farklı olduğu bilinmektedir. Ancak bazı nedenlerin hem radyal hem de aksenal kuvvetlerin oluşmasını tetikleyebileceği ve çözümünde benzerlik gösterebileceği görülmüştür. Hidrolik kuvvetlerin tespiti ve uygulanacak dengeleme için kullanılan yöntemlerin hidrolik ve mekanik olarak giderilebileceği ya da azaltılacağı sonucu saptanmıştır (Nourbakhsh vd., 2008).

2.1. Radyal Kuvvetler

Bir çarka etki eden radyal kuvvet santrifüj pompa çark ve gövde arasındaki basıncın etki etmesi ile dönen çark ve mil yataklamaları, dengesiz bir dönme hareketine maruz kalacaktır. Bu nedenle kuvvetin etki ettiği hareketli sistemde akışkanın çarkın farklı yerlerinde oluşturacağı kuvvetleri tetikleyeceği bilinmektedir. Bu durumda hem akışkanın hem de mekanik sistemin (mil ve çark) dönü hareketinde zorlanmalar meydana gelecektir. Kuvvetin artması, enerji tüketiminde ya artış meydana getirecek ya da kullanılan enerjinin bir kısmı, mekanik sistemde kaybolacaktır. Bu durum ise pompa verimini düşürecektir (Şekil 1).



Şekil1. Pompalarda çark üzerine etki eden radyal kuvvetler (Gulich, 2020)

Tasarımı doğru şekilde yapılmayan bir pompa için radyal kuvvetler sonucu oluşacak sorunlar şu şekilde verilmiştir (Gulich, 2020).

- Mil yataklarında sehime bağlı olarak aşınmaların meydana gelmesi,
- Mekanik yorulma nedeniyle milin kırılması,
- Rulman aşırı yükü ve rulman hasarı,
- Aşırı yüklenme nedeniyle salmastralarda (özellikle mekanik salmastralarda) hasar oluşturacağı bilinmektedir.

Ayrıca mekanik sürtünmelerin artması sonucu, çark ve gövde arasında da mekanik olarak deformasyonlar oluşturacaktır.

Radyal kuvvetlerin meydana gelmesinde etkili parametrelerden birisi de pompa gövde yapısıdır. Pompalar genellikle (santrifüj) salyangoz ve difüzör gövdeler olarak ayrılmaktadır. Difüzörler yapısal özellikleri nedeniyle, tam yuvarlak bir yapıda olması ve etki eden radyal kuvvetin çark ve gövde içerisinde eşit bir dağılım göstermesi ile hidrolik bir dengeleme sağlanmaktadır. Fakat salyangoz gövdeli pompalar düzgün olmayan bir çark-gövde yapısına sahiptir. Bu pompa tipinde çark çevresi üzerindeki eşit olmayan basınç dağılımlarının oluşturacağı radyal kuvvetler, kısmi ve aşırı yüklenmelerde çarka doğrudan etki etmektedir (Sulzer, 1989).

Radyal kuvvetlerin giderilmesi için gerekli çalışmaların çark-gövde tasarımı ile giderilebileceği söylenmektedir. Tasarımı yapılması düşünülen pompa içinde radyal kuvvetler oluşabileceği ortaya konulmuştur. Fakat radyal kuvvetlerin giderilmesi ya da azaltılması için gövde de yapısal değişiklikler ile pompa hidrolik performans değerlerinin de önemli olduğu bilinmektedir.

Radyal kuvvetler aşağıdaki tasarım ve hidrolik önlemler ile azaltılabilir (Gulich, 2020).

- Farklı salyangoz gövde yapıları,
- Salyangoz gövde akış hacminin bölünmesi,
- Çark gövde arası radyal boşluk,
- Kanatlı salyangoz gövde kullanımı,
- Pompanın tasarım noktasında çalıştırılması.

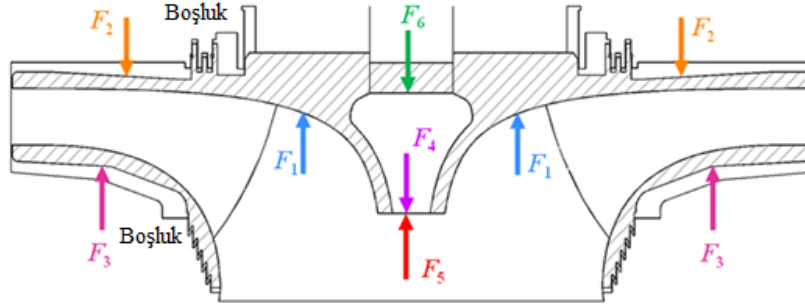
Radyal kuvvetler üzerine yukarıda belirtilen bazı radyal dengeleme yöntemleri çalışma konusu olarak tercih edilirken bazılarında ise fazla çalışmaya rastlanamamıştır.

2.2. Aksel Kuvvetler

Pompanın çalışması sırasında çark gibi rotor parçalarına etki eden büyük bir kuvvetin aksel bileşeni aksel kuvvet olarak tanımlanmaktadır (Guan, 2011). Pompa çarkının, ön ve arka kapakların akseline dik düzlemdeki izdüşüm alanları genellikle farklıdır ve akışkan basınç farkı tüm rotor parçalarının aksel kuvvet dengesizliğinin temel nedenleri olduğu bilinmektedir (Weigang vd., 2007). Aksel kuvvet, santrifüj pompanın çalışma kararlılığı üzerinde büyük etkiye sahiptir. Dengelenmemiş aksel kuvvet çarkın aksel hareketine neden olabilir. Çark, sabit yapısal parçalara kuvvetin etkisi ile sürtünmesi sonucu çark-gövde hasarlarına ya da sürtünme ile hareketin zorlanmasına bağlı olarak motorun yanmasına bile neden olabilecek çalışma durumu meydana gelebilmektedir.

Pompa içerisindeki çarkın gövde ile arasında pompa ya da çarkın yapısına göre bir boşluk olması gerekmektedir. Bu boşluk pompa genelinde aksel açıklık olarak adlandırılmaktadır (Çalışır, 1997). Çark çalışma durumunda bu boşluk sayesinde gövdeye temas etmesi engellenmektedir. Fakat akış sırasında boşluklardaki akışkan mil eksenini boyunca çark alt ve üst kapaklarına kuvvet uygulamaktadır. Pompa çarkı emiş kısmı ise bir mutlak basınç etkisi altında kalmaktadır. Şekil 2' deki gibi bu alt ve üst

kapak üzerindeki basınç kuvveti arasında kalan çark dengesiz olarak etki eden aksel kuvvete maruz kalmaktadır. Çarkın giriş ve çıkışında oluşacak basınç farkından dolayı akışın hızına ve yönüne bağlı olarak bu iki konumdaki akış momentumu aynı olmayacaktır. Bu nedenle, çark üzerinde her zaman pompa mil eksenine yönünde hareket eden bir kuvvet oluşacaktır (Hou vd., 2021).



Şekil 2. Pompalarda çark üzerine etki eden aksel kuvvetler (Hou vd. 2021)

Çarklarda, çark bir giriş basıncına maruz kalmaktadır. Bu basıncın etkisiyle direkt olarak çarkın mil göbeğindeki alan etkilenmektedir. Atmosfer basıncı giriş basıncından küçük ise; kuvvetin yönü çarkın arka kısmına, büyük ise çarkın emme ağzına doğru olmaktadır. Çarkın önü giriş basıncı ve çark yanakları da çıkış basıncı etkisi altında olduğundan dolayı çarka etkiyen ve dengelenmemiş kuvvetler bulunmaktadır (Baysal, 1979). Dengesiz bir aksel kuvvet etkisiyle pompa içerisinde hidrolik ve mekanik etkiler görülmektedir. Bu durum belirli kayıplara yol açmaktadır. Hidrolik olarak pompa kaçak kayıplarının artması, mekanik olarak ise çark, gövde ve diğer parçaların bağlantı elemanlarında meydana gelecek aşınma ve deformasyonlar pompa ömrünü azaltacaktır.

Eksenel kuvvetlerin azaltılmasında da radyal kuvvetlerde olduğu gibi dengeleme yöntemleri mevcuttur. Dengeleme yöntemlerinin farklı olsa bile bazı durumlarda radyal ve aksel kuvvetlerin dengelemelerde aynı yöntem kullanılmaktadır. Eksenel kuvvetler için dengeleme yöntemleri ise genel olarak aşağıda belirtilen maddeler ile ifade edilmektedir (Gülich, 2020; Nourbakhsh vd. 2008; Türkmen, 2020).

- Dengeleme deliği,
- Dengeleme diski,
- Dengeleme pistonu,
- Dengeleme kanatçıkları,
- Aşınma halkası,
- Eksenel açıklık (boşluk),
- Çift girişli ve karşı çark kullanımı.

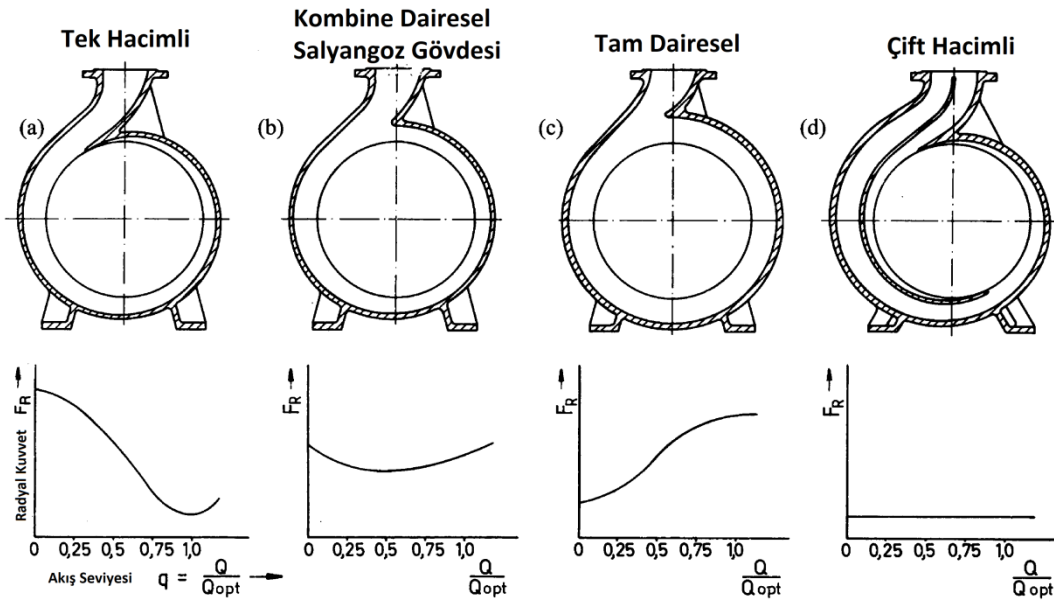
Eksenel kuvvetlerdeki büyüklükler genellikle pompanın yapısı ve hidrolik performans değerlerindeki büyüklük ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Pompalardaki bu büyüklüklerin artışı ile pompa içerisinde oluşabilecek kayıplarında artabileceği beklenmektedir. Bu yüzden pompalarda aksel kuvvetlerin dengelenmesi için kullanılacak yöntemlerinde pompa tasarımını etkileyebileceği ve kayıpları artırarak hidrolik performans değerlerinde azalmalar meydana getirebileceği gözardı edilmemelidir.

3. HİDROLİK KUVVETLERİN DENGELEME YÖNTEMLERİ VE YAPILAN ÇALIŞMALAR

3.1. Farklı Salyangoz Gövdeleri

Radyal kuvvetler genellikle tek gövdeli santrifüj pompalarda görülmektedir. Tek gövde ve santrifüj pompa çarkının radyal bir akışa sahip olması kuvvetin santrifüj pompalarda etkili olmasının temel nedenlerindedir. Santrifüj pompada çarka etki eden basınç dalgalanmaları ve radyal akışkan kuvvetleri, salyangozdaki basınçlar ve şaftın titreşiminin eş zamanlı olarak ölçülmesi ile aralarındaki ilişki incelenmiştir. Çeşitli difüzör kanatları, akış ve dönüş hızları için yapılan deneylerde tasarım dışı çalışma koşulları altında hem kanat basıncı dalgalanmalarının hem de kıvrımlı statik basınçların çevresel olarak düzgün olmadığı ve ikisinin güçlü bir ilişkisi olduğu belirlenmiştir (Guo ve Okamoto, 2003).

Santrifüj pompa salyangoz gövdesi çark tarafından oluşan radyal kuvvetleri azaltmak için gövdede yapısal değişiklikler yapılmıştır. Çarkın çıkış bölgesi ve etrafında dengesiz bir alan oluştuğunu bilinmektedir. Genellikle bu durumu azaltmak için hacimsel bir denge sağlama yoluna gidilmektedir. (Nourbakhsh vd., 2008). Farklı gövde ve çift gövdeli olarak imal edilen bazı pompaların çalışma şartlarında karşılaştıkları radyal kuvvetler Şekil 3' te verilmiştir.



Şekil 3. Salyangoz gövde yapılarındaki farklılıkların radyal kuvvete etkisi (Nourbakhsh vd., 2008)

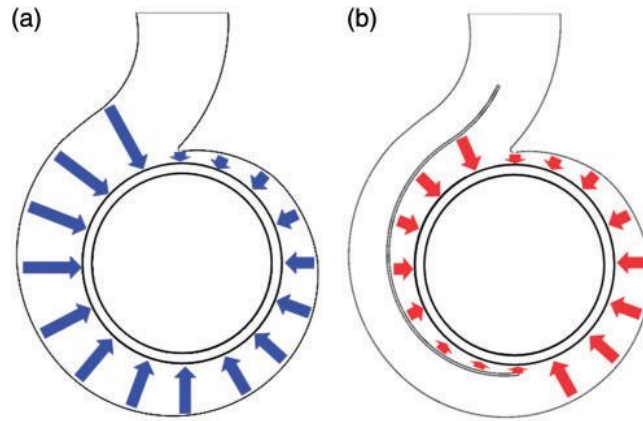
Gövde ile çark merkezlerinin aynı doğrultuda olmaması pompanın üzerindeki radyal kuvvet büyüklüklerini arttırmaktadır. Pompalara etki eden radyal kuvvetlerin genellikle bu durumda gerçekleştiği bilinmektedir. Gövde ve çarkın dairesel olması durumunda radyal kuvvetlerin azalması beklenmiştir (Agostinelli vd., 1960). Merkezkaç, yarı dairesel ve dairesel pompa gövdeleri incelenmiş, ölçülen ve hesaplanan radyal kuvvetler oranlanmıştır. Artan radyal kuvvet durumuna göre elde edilen sonuçlar ise dairesel pompa gövdesinde daha düşük, merkezkaç gövde de ise daha yüksek değerlere ulaştığı gözlenmiştir (Biheller, 1965). Gövde yapılarındaki değişikliklerin bir diğeri ise santrifüj gövdenin iki parçalı bir iç hacimden oluşmasıdır. Çift hacimli bu gövde yapısında oluşacak radyal kuvvetler diğer gövdelere göre oldukça düşük seviyede gerçekleşmektedir. Tek hacimli, dairesel ve çift hacimli gövdelerin farklı debilerin oluşturduğu radyal kuvvetlerin en düşük değerleri çift hacimli pompalarda

ölçülmüştür (Boehning vd. 2011). Başka bir çalışmada ise santrifüj, eş merkezli (dairesel) ve çift hacimli pompalar karşılaştırılmıştır. Buradaki sonuçlarda ise oluşan radyal kuvvet etkisinin santrifüj gövdede en yüksek, çift hacimli gövdede ise en düşük seviyelerde olduğu görülmüştür. Ayrıca pompaların istenilen çalışma noktasında etkiyen kuvvetlerin azaldığını vurgulanmıştır (Baun ve Flack, 2003).

3.2. Salyangoz Gövde Akış Hacminin Bölünmesi

Çark etrafındaki basınç dağılımlarını incelediğimizde homojen yapıda olduğu görülmektedir. Çark yüzeyine etki eden radyal kuvvetlerin ise büyüklüğünün basınç dağılımlarının farkı ile orantılı olarak arttığı gözlemlenmektedir. Çark etrafında homojen halde olmayan basınç, gövde içerisinde çalkantı oluşmasına neden olacaktır. Çalkantılar, kanat geçiş bölgelerinde yüksek basınç ile birlikte pompa yapısını etkileyecektir. Bu durum, titreşim ve gürültüye neden olmaktadır. Gövde ve çark arasında bulunan boşluk en düşük seviyede olduğunda, etkileşim en yüksek seviyede olmaktadır. Bu etkileşim çark kanat çıkışının şeklinden ve santrifüj pompa çıkışındaki dil yapısından dolayı da etkilenmektedir (Nourbakhsh vd., 2008).

Kuvvetlerin büyüklüğü ve hidrolik performans, pompa tasarımındaki geometrik detaylara bağlanmaktadır. Pompa geometrisi, özellikle tasarım dışında basıncın oluşturduğu problemler ile karşılaşmaktadır. Çift (bölünmüş) salyangoz tasarımı, büyük pompalar için yaygın olarak kullanılmaktadır. Hacimleri bölünmüş pompalarda çark ve shaft üzerindeki radyal kuvvetlerin tasarım dışı koşullar altında çalışmasında gerçekleşecek kuvvet büyüklüğü azaltılmış olacaktır (Şekil 4) (Khalifa vd., 2011; Shim vd., 2016).

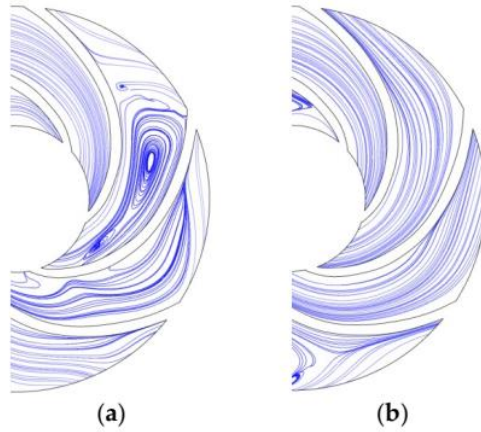


Şekil 4. Statik basınç dağılımının şematik diyagramı (a) tek hacimli; (b) çift hacimli (Shim vd., 2016)

Pompa çark ve gövde etkileşimini olumlu yönde etkileyen bir yapısal dengeleme olan çift hacmin hem çarkta hem de gövdede elde edilen radyal kuvvetlerin büyüklüğünde meydana gelecek kuvvetleri azalttığı belirlenmiştir. Yapılan çalışmada elde edilen radyal kuvvetlerin etkisinin tek ve çift hacimlerde çarka gelen kuvvetlerdeki değişimin optimum çalışma noktasında 500 N' luk bir değişime neden olduğunu tespit etmiştir. Aynı çalışmada salyangoz gövdedeki radyal kuvvetlerdeki değişimin ise çarka göre yüksek kuvvetler oluşturduğunu fakat çift hacimli gövdedeki kuvvetlerde bir azalma meydana geldiği belirtilmektedir (Zhou vd., 2022).

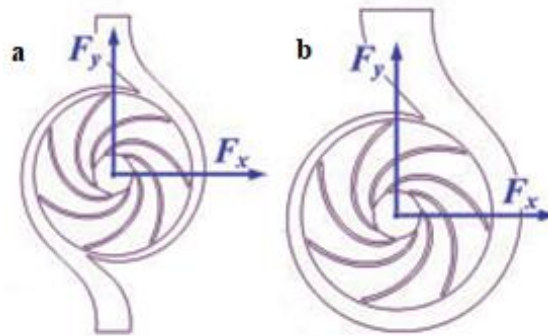
Çift gövdeli yapının radyal kuvvet dağılımını olumlu etkilediği görülmüştür. Salyangoz gövdenin çift hacim haline getirilerek pompa performansına ve kuvvetlerin dağılımı ile ilgili bulgular ortaya konmuştur. Pompa performans değerlerinin tek gövdeli salyangoz yapısında daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun temel nedeni ayrılan gövde içerisindeki akış alanındaki küçülmeden kaynaklandığı bilinmektedir. Fakat alanın daralmasıyla etkiyen kuvvetlerin daha düzgün olması nedeniyle hem çark hem de salyangoz gövdede oluşan radyal kuvvetlerde azalma görülmüştür (Yuan vd., 2019).

Şekil 5' de belirtildiği gibi pompalarda oluşan radyal kuvvetlerin azaltılmasının pompa çark içerisinde akış kararsızlığında azalttığını belirtmişlerdir (Yuan vd., 2019).



Şekil 5. Çark geçişlerindeki kararsız akışlar (a) tek hacimli salyangoz çarkı (b) çift hacimli salyangoz çarkı (Yuan vd. 2019).

Yaygın olarak kullanılan santrifüj pompalarda maruz kalınan radyal etkinin yapısal düzensizliği azaltmak için çift kıvrımlı salyangoz bir gövde yapısı kullanılmıştır (Şekil 6). İkiz kıvrımlar olarak adlandırılan bu gövde yapısında akış özellikleri ve gövde üzerine etki eden radyal hidrolik kuvvetler üzerinde durulmuştur. Aynı çarka sahip tek sarmallı bir salyangoz gövdeli santrifüj pompa ile çift sarmal yapıdaki salyangoz gövde tasarımı karşılaştırılmıştır (Kang ve Li, 2015).



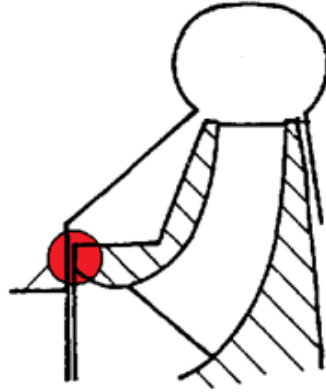
Şekil 6. Salyangoz gövdelerdeki farklı yapılar (a) ikiz kıvrımlı (b) tek kıvrımlı (Kang ve Li, 2015)

Pompanın çevresel düzgünlüğünü iyileştirmede ve büyük akış hızlarına uyum sağlamada ikiz kıvrımlı salyangoz gövde bir avantaj sağlamıştır. Her iki gövde içinde optimum çalışma noktasında elde edilen radyal kuvvetlerin ikiz kıvrımlı salyangoz gövde de daha dengeli olduğu görülmüştür. Pompalar

incelendiğinde optimum çalışma noktasında F_x ve F_y eksenlerinde ikiz kıvrımlı salyangoz gövdeli pompanın radyal kuvvet değeri eşit dağılımda ve maksimum 300 N luk bir kuvvet etkisi görülmüştür. Orjinal salyangoz gövde de ise F_y ekseninde 600 N, F_x ekseninde ise 0 N bir kuvvet ölçülmüştür (Kang ve Li, 2015).

3.3. Çark ve Gövde Arası Radyal Boşluk

Pompalarda çark ve gövde metal veya metal alaşım malzemelerden yapılmaktadır. Çarkın çalışma esnasında yüksek hızlarda dönmesi çark gövdenin arasında sürtünme oluşturabilmektedir. Sürtünmeyi engellemek için verilen bu boşluklar aynı zamanda hidrolik kuvvetlerin azaltılmasında da etkin rol oynamaktadır (Şekil 7). Fakat pompa performans parametreleri içerisinde verimi etkileyen önemli unsurlardan birisi olarak karşımıza çıkmaktadır (Guelich vd., 1987).



Radyal Boşluk

Şekil 7. Çark ve gövde arasındaki radyal boşluk (Guelich vd., 1987)

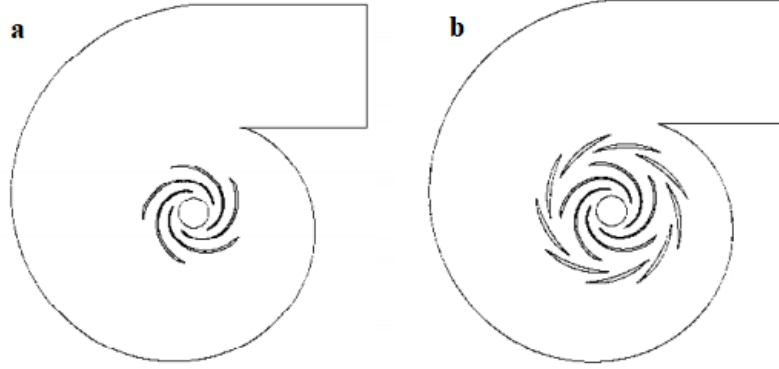
Radyal kuvvetlerin etkisi ile pompa mekanik parçalarında meydana gelecek aşınmaların önüne geçmek için çark ve gövde arasında boşluk bırakmak gerekmektedir. Ancak oluşan bu boşluklardan geçecek akışkan pompalarda kaçak debi oluşmasına neden olacaktır. Bu nedenle debideki azalmaya bağlı olarak pompa veriminde de azalma meydana gelecektir.

Pompa çark ve gövde arasındaki oluşturulacak boşluk verimi etkilese de hidrolik akışkanın boşluklara girmesi ile içerideki basınçta azalma olacaktır. 0, 1 ve 2 mm boşluk oranında deneyi yapılan bir pompanın radyal kuvvetler üzerindeki değişimi incelenmiştir. Bu değişimin artan boşluğa göre oluşan radyal kuvvetin azaldığı yönündedir. Boşlukların artması ile oluşacak kaçak debiler 0, 2.04 ve 4.42 kg s^{-1} olarak gerçekleşmiş ve bunlara karşılık gelen kuvvetler ise sırasıyla 2174.96, 1972.96 ve 1687.52 N olarak ölçülmüştür (Hao vd., 2017).

3.4. Kanatlı Salyangoz Gövde Kullanımı

Pomparın belirli yük koşullarında, çarkın gövde ile aynı merkez üzerinde olmaması farklı radyal kuvvetlerin etkisi altında kalacağını göstermektedir. Radyal kuvvetler, çark ve gövde arasındaki dengesizlikler ile pompa hareketli aksamlarda sürtünme etkisi ile yapısal deformasyonlara neden olacaktır. Bu dengesizliklerin giderilmesi için santrifüj gövdelerin çark merkezi ekseninde sabit kılavuz kanatlı bir yapı ile akışkanın radyal kuvvet etkisi azaltılmaktadır. Radyal kuvvetlerin büyüklüğü debideki yük koşullarına bağlıdır ve artan kuvvetlere göre artmaktadır. Çok küçük akışta bu kuvvetlerin durağan halde olmadığı fakat az miktarda etkiyi belirtmiştir (Hergt ve Krieger, 1969).

Şekil 8' de yapılan çalışmada kılavuz kanatlar sayesinde elde edilen değerlerin daha iyi bir hal aldığı bildirilmektedir. Çark etrafında basınç konturlarında kanatlı gövdelerdeki basıncın düzenli hale geldiği görülmüştür. Düzenli hale gelen basınç etki edecek radyal kuvvetleride azaltacağı söylenebilir (Güleren vd., 2004).

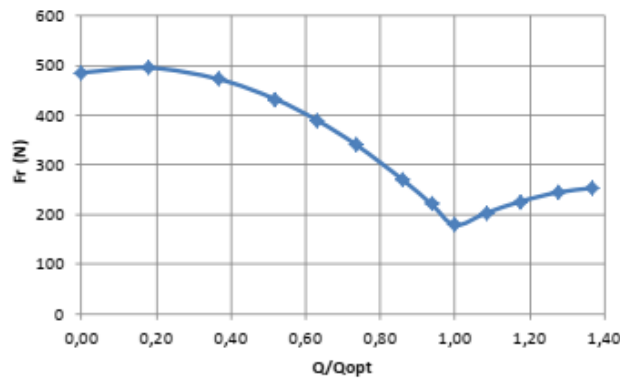


Şekil 8. Santrifüj pompalarda kanatsız (a) ve kanatlı (b) yapılar (Güleren vd., 2004).

Kanatların bazı tasarım özelliklerinden birisi de kanat çıkış açısının etkisidir. Çalışma farklı çıkış açılarında oluşacak radyal kuvvetlerin açığa bağlı olarak nasıl değişmekte olduğunu belirtmektedir. Çıkış açısının 28° ila 20° arasında değiştiğinde, pompa çarkı üzerindeki radyal kuvvetin ortalama değeri 299 N'den 156 N'ye düştüğü ve %47.8' e kadar önemli bir azalma ile sonuçlandığı görülmektedir. Radyal kuvvetin azalması akışın düzgünlüğü ile doğru orantılı olduğundan kanat çıkış açısının azalması ile radyal kuvvetlerde azalma meydana gelmiştir (Tan vd., 2015).

3.5. Pompaların Tasarım Noktasında Çalıştırılması

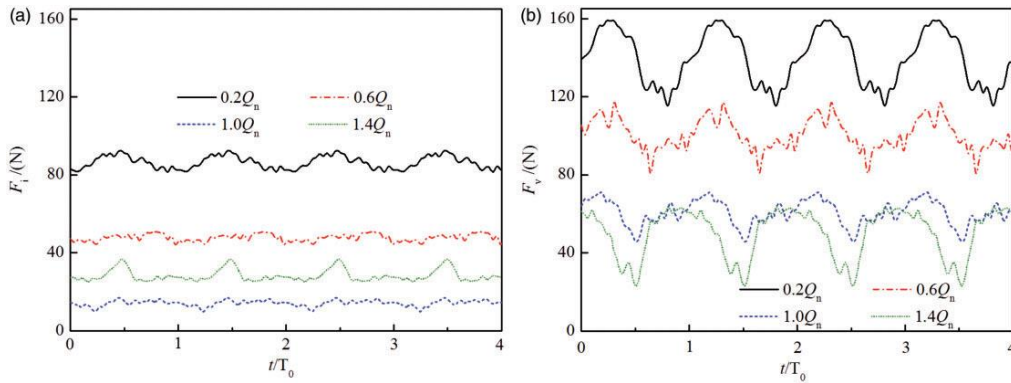
Radyal kuvvetler üzerinde debi etkin bir parametredir. Debinin değişimi, radyal kuvvetin artması ya da azalmasına neden olmaktadır (Şekil 9). Pompanın en verimli noktasındaki radyal kuvvetlerin en düşük seviyelerde olduğu gözükmemektedir. Kapalı vana konumuna yakın ya da düşük debilerde akışkan çark içerisinde kalacağından radyal kuvvet değerleri yüksek olmuştur. Fakat debinin verim noktasındaki debiyi aşması ile yine kuvvetin arttığı gözlemlenmektedir. Pompa verimi hidrolik performans ve gücün bir bileşeni olduğundan etken kuvvetlerin en az olduğu nokta (Q/Q_{opt}), maksimum verime karşılık gelmektedir (Çakır, 2013).



Şekil 9. Tek ve çift salyangoz yapısı (Çakır, 2013)

Pompalarda artan debiye bağlı olarak radyal kuvvetlerdeki değişim değerinin debinin optimum değerlerinde daha az gerçekleşirken düşük ve yüksek debili pompalarda daha fazla radyal kuvvetin etkili olacağı belirtmiştir. 0.5Q debi oranında elde edilen radyal kuvvet 2600 N iken, 1.2Q debide ise 800 N olarak bulunmuştur. Radyal kuvvetin ise minimum olduğu nokta 1.0Q tasarım debisi olarak belirlenmiştir (Chalghoum vd., 2018).

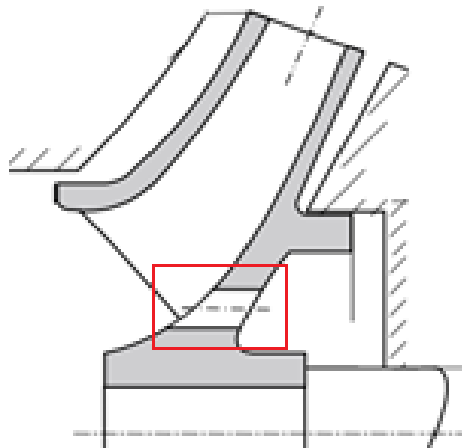
Jia ve arkadaşları (2018), çalışmalarında debinin bir parametresi olarak ortaya çıkan değişimin hem çark hem de gövdede oluşan radyal kuvvetlerin değişimini incelemiştir (Şekil 10). Tasarım debisi (optimum debi) dışında radyal kuvvetlerin artacağını saptamışlardır.



Şekil 10. Farklı akış hızında çark ve salyangoz üzerindeki radyal kuvvetlerin zamana göre değişimi
(a) çark, (b) salyangoz (Jia vd., 2018)

3.6. Dengeleme Deliği

Eksenel kuvvet için önemli bir dengeleme yönteminin dengeleme deliği olduğu bilinmektedir (Şekil 11). Pompa çark bölgesinin alt ve üst kapağında meydana gelebilecek yapısal dengesizlik ve farklı basınç noktalarının oluşması nedeniyle bu kuvvete maruz kalmaktadır. Kullanılan dengeleme deliklerinin sayısı, çapı ve konumunun önemli olduğu bilinmektedir (Gulich, 2020).



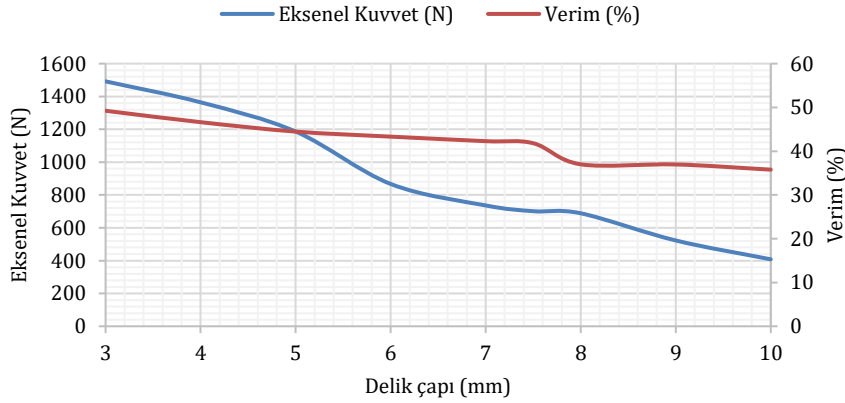
Şekil 11. Çarktaki dengeleme deliği (Gulich, 2020)

Dengeleme delikleri çark-gövde boşlukları arasında kaybolan akışın pompa çarkı içerisine açılmış delikler yardımıyla aksel dengeleme sağlamasını amaçlamaktadır. Dengeleme deliklerinin açılması ile

oluşacak aksenal kuvvetin büyüklüğünün azaltılabileceği belirtilmiştir. Ancak bu deliklerin çaplarındaki artışın ise pompa performans değerlerini düşürdüğü ve aksenal kuvveti diğer delik çaplarına göre arttırdığı gözlemlenmiştir (Cao vd., 2015).

Eksenal kuvvetlerin azaltılması için kullanılan bir dengeleme yöntemi olan dengeleme deliklerinin bazı parametreler ile uyumlu olması gerektiği bilinmektedir. Yapılan çalışmada delik çapı, delik sayısının yanı sıra deliğin çark üzerindeki konumunda etkili olduğu belirtilmektedir. Özellikle değişen delik sayısı ve çapının aksenal kuvvetin azaltılmasında büyük önem taşıdığı belirtilmiştir. Ayrıca azalan aksenal kuvvete karşılık pompa performans değerlerinde de azalmalar görülmüştür. Ancak, pompa performansındaki azalma, aksenal kuvvet kadar büyük oranda bir değişim göstermemiştir (Sefacı vd., 2022).

Şekil 12 incelendiğinde pompa çarkı üzerindeki dengeleme deliklerinin etkisi belirtilmiştir. Bu etkinin pompalardaki aksenal kuvvetleri azalttığı ancak pompa verim değerlerinde de bir düşüşe yol açtığı görülmektedir. Verimin düşmesinin nedeni açılan dengeleme deliği ile kaçak debinin artması olarak açıklanabilir (Turan, 2017).



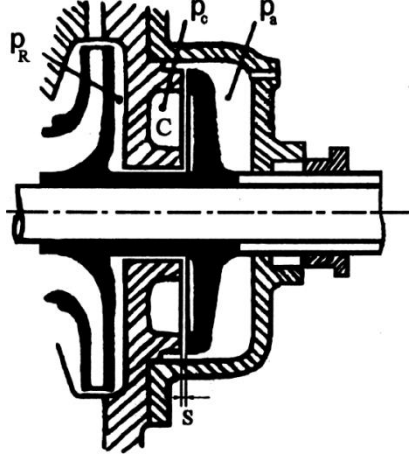
Şekil 12. Çarktaki dengeleme delik çapının aksenal kuvvet ve verime etkisi (Turan, 2017)

Dengeleme deliklerinin etkisini artırmak için dengeleme plakası ile birlikte yapılan bir çalışmada, pompalardaki aksenal kuvvetin azaltılmasına bağlı olarak pompa performanslarındaki düşüşün önlenmesi amaçlanmıştır. Dengeleme delikleri ve dengeleme plakası birlikte kullanılarak farklı bir tasarım durumunda balans deliği çapının, sızdırmazlık boşluk genişliğinin ve balans plakası boşluk genişliğinin aksenal kuvvet üzerindeki etkilerini araştırılmıştır. Çark kuvvetleri sayısal simülasyon ve deneylere dayalı olarak analiz edilerek optimize edilmiştir. Pompanın tasarım durumunda daha düşük aksenal kuvvete ve daha yüksek verimliliğe sahip olduğu ortaya konulmuştur (Zhu vd., 2020).

3.7. Dengeleme Diski

Pompalarda, aksenal kuvvete karşılık gelen itmeyi dengelemek için genellikle dengeleme diskleri kullanılmaktadır. Dengeleme diski, pompa çarkında üzerinde bulunduğu dönen mile sabitlenerek çark ve mil ile birlikte dönmektedir. Dengeleme diski başlığından veya gövdeye sabitlenmiş dengeleme kovanından küçük bir aksenal boşluk ile ayrılmaktadır. Bu boşluktan sızıntı, dengeleme odasına ve oradan da ya pompa emişine ya da pompanın emişine gelen akışkanın bulunduğu kısma akmaktadır. Dengeleme diskinin arkası, dengeleme odası geri basıncına maruz kalırken, disk yüzeyide kuvvetlerin etkisi ile belirli bir basınca maruz kalmaktadır (Karassik vd., 2001).

Denge diskinde dengelemeyi sağlamak için, dengeleme odasındaki geri basıncındaki değişiklik değerlerindeki farklılıkların büyük oranda meydana gelmesi istenmektedir. Şekil 13' deki dengeleme diski incelendiğinde, disk tamamen açıkken (S) normal disk konumunu eski haline getiren bir bileşke kuvveti vermesi için geri basıncın emme basıncından önemli ölçüde daha yüksek olması gerekmektedir. Bu diski geçen sızıntı (P_a), normalin üzerine çıktığında geri basıncı artıran kaçak dönüş hattına kısıtlayıcı bir orifis yerleştirilerek gerçekleştirilebilir. Bu düzenlemenin dezavantajı, conta odası üzerindeki basıncın değişken olmasıdır. Bu durum ise contanın ömrüne olumsuz etkileyecektir (Nourbakhsh vd., 2008).

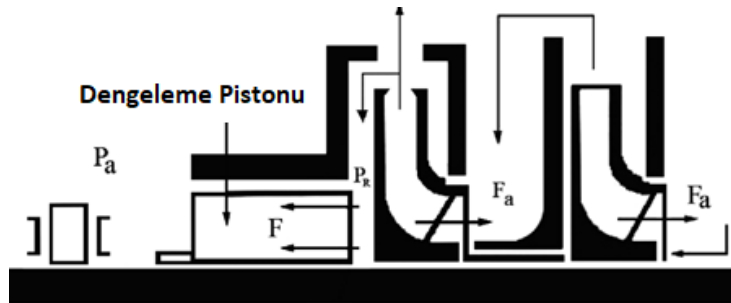


Şekil 13. Dengeleme diski (Nourbakhsh vd., 2008)

Dengeleme disklerinde sürtünmeye maruz kalabilecek parçalar arasında yer almaktadır. Bu durumda yaşanacak olumsuzlukları azaltmak için farklı disk yapıları ve iyileştirmeler yapılmaktadır. Dengeleme disklerinin yapıları, daha düşük hacimsel kayıplar ve daha uzun ömür ve dolayısıyla daha yüksek verimlilik ve dayanıklılık ile ilişkilendirilmektedir. Farklı rotodinamik sistemlerde kullanılacak olan dengeleme disklerinde de farklı uygulamalar yapılmalıdır. Bu değişiklikler üretimlerinde izin verilen toleransları da arttırmaktadır (Korczak vd., 2012).

3.8. Dengeleme Pistonu

Büyük debili pompa çarklarına etkili aksenal kuvvetlerin azaltılması için çarkların miline bağlanan dengeleme pistonu ile aksenal itmenin dengelenmesi sağlanmaktadır (Şekil 14). Dengeleme pistonu mile bağlı ve hazne içinde onunla birlikte dönmektedir. Silindirin yüzeyi ile sabit kısım arasındaki mesafe çok küçüktür. Pistonun bir tarafında son kademedeki çıkan akış P_R ' ye eşit bir basınçla hareket etmektedir. Silindirin diğer tarafında ise giriş basıncı (P_a) etki etmektedir (Nourbakhsh vd., 2008).



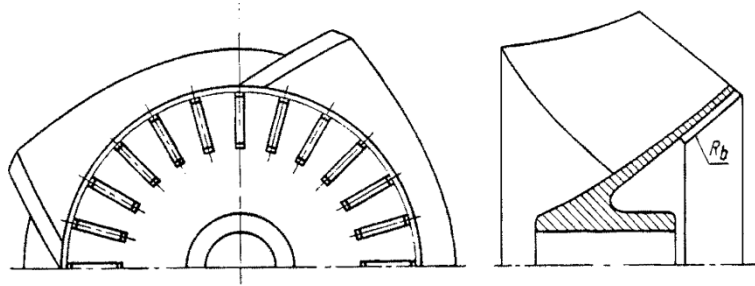
Şekil 14. Dengeleme Pistonu (Nourbakhsh vd., 2008)

Eksenel itmenin dengelemesini sağlamak için ana çarkın arka örtüsündeki kuvveti azaltmak amacıyla çark (rotor) tertibatının eksenel olarak hareket eden bir dengeleme pistonu kullanılmaktadır. Bu çalışmada, çarktaki sınır tabaka koşullarının ve açılma momentum değişiminin etkilerini dikkate alarak iç akış sistemini analiz etmek için bir hesaplama yöntemi geliştirilmiştir. Denge pistonu ile denge pistonu odasının gövde duvarındaki geçiş aralıklarının CFD ile analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz değerlerinde kuvvet sonucu oluşan basınçlar gözlemlenmiştir. Dengeleme pistonu içerisinde oluşacak kuvvetlerin hesaplamalarında bu basınçlara göre hesaplamaların gerçekleştirebileceği ve iyileştirmelerin yapılabileceği belirtilmiştir (Shimura, 2012).

Dengeleme diski ve pistonu genellikle büyük debili ve kademeli pompalarda tercih edilmektedir. Kullanılan bu dengeleme sistemlerine ait çalışmalar deneyselden ziyade teorik bilgileri içerdiği görülmektedir.

3.9. Dengeleme Kanatçıkları

Dengeleme kanatçıkları, pompa çark yapısına bağlı olarak oluşturulan bir dengeleme yöntemidir. Genellikle yarı açık kanatlarda kullanılmaktadır. Yarı açık çarklarda emiş kısmındaki basıncın azaltılması eksenel dengesizliği artıracaktır. Bu nedenle istenilen dengeyi sağlamak için üst kapak üzerine (genellikle radyal) fanlar konularak dengeleme sağlanmaktadır. Kanatlar çark-gövde arasındaki basınç oluşturan akışkanın etki ettiği yüzeyleri sürekli hareketli kılarak basıncı azaltacaktır (Şekil 15) (Baysal, 1979; Nourbakhsh vd., 2008).



Şekil 15. Dengeleme kanatçıkları (Nourbakhsh vd., 2008).

Dengeleme kanatçıklarının eksenel kuvvet üzerindeki etkisi belirli bir sayı, yükseklik ve kanatçık yarıçapına göre değişmektedir. Dengeleme kanat yüksekliği ve sayısının belli bir noktadaki değere kadar eksenel kuvveti artırdığı belirlenmiştir. Ancak bu noktadan sonra kanat yüksekliği ve sayısının artışına bağlı olarak azalan bir eğilim göstermektedir. Dengeleme kanatlarının yarıçapının (R_b) değişimi ise, eksenel kuvvetleri arttırmaktadır (Godbole vd., 2012). Dengeleme kanatçıklarının gövde ile arasındaki mesafenin değişmesi eksenel kuvvetin etkisinde değiştirmektedir. Gövde ile kanat arasındaki mesafenin artması eksenel kuvveti arttırmaktadır (Wilk, 2009). Mesafedeki artışa (akışkanın geçiş alanındaki artış) bağlı olarak eksenel kuvvetteki artış kanatların etkisiz hale getirebilmektedir. Ayrıca çarka eklenecek kanat, akışkana etki edeceğinden pompa güç tüketiminde artışlara neden olacaktır.

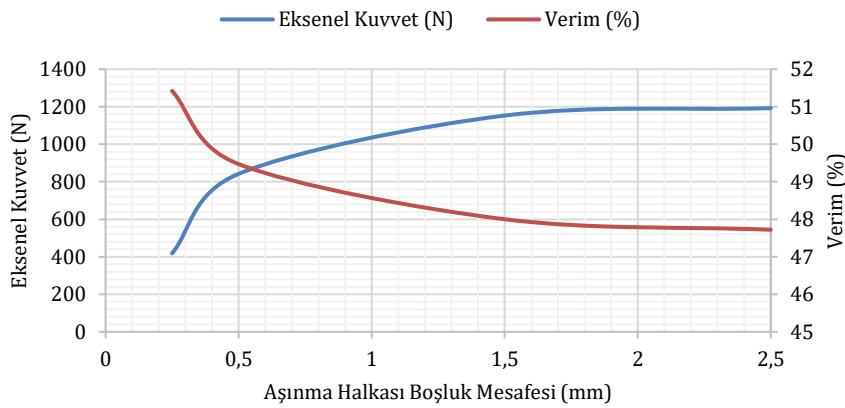
3.10. Aşınma Halkası

Pompalardaki akışkanların oluşturduğu korozif etki ve mekanik parçalarda sürtünmeye bağlı oluşacak deformasyonu azaltmak gerekmektedir. Hidrolik kuvvetler (radyal, eksenel) çark ile gövde arasındaki bölgelerde mekanik parçaların birbirlerine sürtünmesine neden olacaktır. Bunun önüne geçmek için aşınma halkalarından faydalanılmaktadır. Aşınma halkaları statik ya da dinamik mekanik

parçaların temas bölgelerinde bulunan, korozyona daha dayanıklı malzemeden üretilmiş parçalardır. Hidrolik kuvvetlerin sönümlenmesi ve deformasyonun en aza indirilmesinde aşınma halkalarının etkisinin çok fazla olduğu bilinmektedir.

Aşınma halkasının pompa verim noktasında yapılan çalışmalar, aşınma halkasının olduğu pompalarda verimi artırdığı belirtilmektedir (Gülmez, 2006). Aşınma halkasının kullanımı pompa çark-gövde arasındaki boşluk oranını düşüreceğinden kaçak debideki kayıpları azaltılarak performans değerlerinin artışı sağlanmaktadır.

Şekil 16' da pompanın belirlenen sabit bir debisinde aşınma halkasının aksel kuvvet ve verime etkisi incelenmiştir. Aşınma halkası ile çarkın arka bileziği arasındaki mesafe 0.25 mm ile 2.5 mm arasında incelenmiştir. Aralık genişledikçe akış daha fazla olmakta ve kaçak debi verimi olumsuz etkilemektedir. Sızdırma boşluğunun ise aksel yük üzerinde de etkisi önemlidir (Turan, 2017).

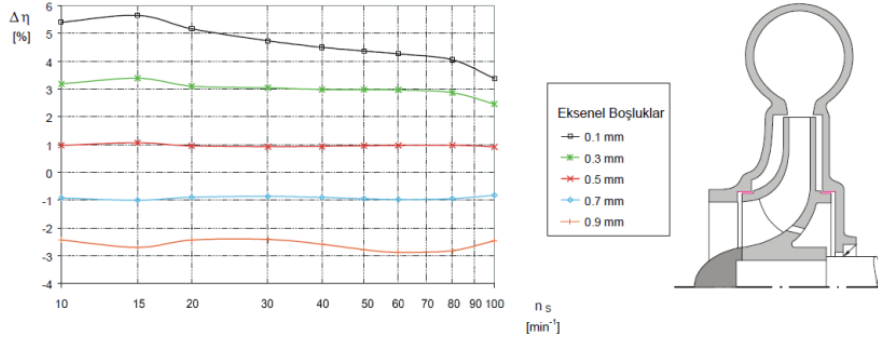


Şekil 16. Çarktaki aşınma halkasının aksel kuvvet ve verime etkisi (Turan, 2017).

3.11. Aksel Açıklık (Boşluk)

Pompa çarklarının yerleştirilmesi için mil ekseni boyunca çark-gövde arasında sınırlandırılmış bir boşluk yer almaktadır. Çark dönü hareketi yapmaya başladığında çarka mil ekseni boyunca etkiyen aksel kuvvetler neticesinde çark yukarı ve aşağı harekete maruz kalabilmektedir. Bunun sonucunda çark üst ve alt kapak gövde ile temas ederek mekanik bir sürtünme gerçekleşmektedir. Düşey doğrultudaki bu aksel boşluk belirli bir aralıkta tutularak, sürtünme riski azaltılır. Ancak bu açıklığın fazla olması ise kaçak debiyi artırarak verim kaybına neden olmaktadır (Çalışır, 1997; Jin vd. 2022).

Pompa çark-gövde arasındaki boşluk miktarının artması kuvvet etkisi nemli oranda azaltılırken verim değerlerinde de azalma görülecektir. Şekil 17 incelendiğinde aksel kuvvetleri azaltmak amacıyla yapılan aksel boşluklardaki artışın etkisi görülmektedir. Aksel boşluktaki artış verimin azalmasına neden olmuştur (Anonim, 2022).



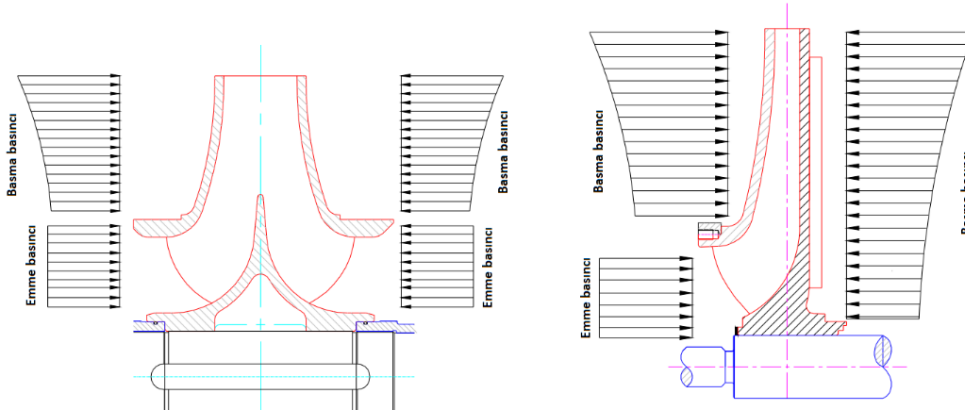
Şekil 17. Eksenel boşluğun verime etkisi (European Commision, 2001)

Eksenel açıklığın artan değerlerinde kademeli pompalarda toplam eksenel kuvvetlerin arttığı görülmüştür. 0, 0.25 ve 0.50 mm açıklık değerlerinde elde edilen kuvvetin ilk kademede oluşturduğu eksenel kuvvet değerlerinin ikinci kademe değerlerinden daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Wang vd., 2013).

3.12. Çift Girişli ve Karşı Çark Kullanımı

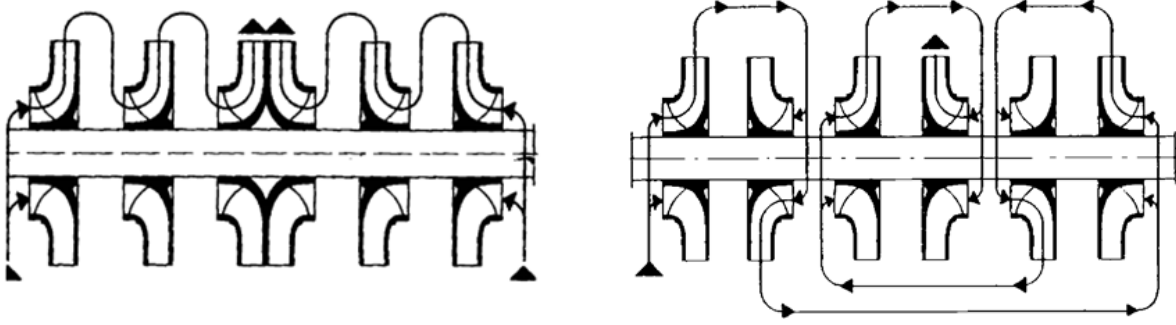
Pompa eksenel kuvvetlerini yenmek için belli bir dengeleme gereklidir. Bu dengelemeler yapısal ve hidrolik olarak farklı çeşitlerde bulunmaktadır. Teorik olarak çift girişli çarkların eksenel kuvvetinin uygun bir şekilde dengelenmesi gerekmektedir. Ancak pratikte sabit ve kararsız eksenel kuvvetler, aşağıdaki farklı durumlar sonucu dengesizlik oluşturabilir (Şekil 18) (Godbole vd., 2012; Gülich, 2020).

- (1) Çark ve salyangoz gövdedeki geometrik toleranslar;
- (2) Conta ve sızdırmazlık elemanlarındaki farklılıklar;
- (3) Her iki taraftaki dönüşe bağlı değişimler,



Şekil 18. Tek ve çift girişli uçtan emişli pompalar (Godbole vd., 2012)

Çok kademeli büyük pompa çarklarında ise eksenel düzenlemenin bir farklı dizaynı da ikişerli gruplara ayırmaktır. Her grupta çarklar, bir çarkın girişi diğerinin karşı tarafında olacak şekilde birbirinin önüne yerleştirilmiştir. Bu yöntem, ilk yönteme göre daha pahalıdır ve bazen daha karmaşık parçaların üretilmesinin zorluğu nedeniyle uygulanması daha zordur. Bununla birlikte, bu yöntem yüksek basınçlı çok kademeli pompalarda daha sık kullanılır (Şekil 19) (Nourbakhsh vd., 2008; Gulich, 2020).



Şekil 19. Çok kademeli pompalarda hidrolik düzenleme (Nourbakhsh vd., 2008)

Kapalı çarklarda aksel kuvvetler alt ve üst noktalarını etkilemektedir. Çark yüzeylerine etki eden aksel kuvvetin çarktaki üst kapak modifikasyonlarına bağlı azaldığı görülmüştür. Tam radyal bir çarkta üst kapağın çapının 57.5 mm' den 45.5 mm' ye kadar düşürülerek aradaki değerler ile pompa performans ve aksel kuvvet değerlerindeki değişim incelenmiştir. Tasarım noktalarındaki debilere göre pompa çapın azaltılmasına bağlı olarak manometrik yüksekliği, güç ve aksel kuvvetin azaldığı gözlemlenmiştir (Zhou vd., 2013).

4. SONUÇ

Bu derleme çalışmasında, pompalardaki hidrolik kuvvetler ve giderilmesi için kullanılması gereken hidrolik dengeleme yöntemlerinin nasıl olabileceği sorusunun cevabı aranmıştır. Ayrıca, bazı temel kitaplar haricinde bu kuvvetler ile ilgili derlenmiş bir bilginin bulunmamasından dolayı, çalışma ile bu konuya bir açıklık getirilmeye çalışılmıştır. Radyal ve aksel olarak incelenen hidrolik kuvvetlerin her ikisinin de pompa yapısal ve işletme özelliklerini olumsuz yönde etkilediği görülmektedir. Çalışmalarda verilerden yola çıkılarak hidrolik kuvvetlerin azaltılması için farklı dengeleme yöntemlerinin yapısal değişiklikler ve hidrolik dengelemelerin kullanıldığı saptanmıştır. Pompa hidrolik kuvvetlerinin dengelenmesi için dengeleme yöntemlerinin uygulanabilirliğinin tespiti önemlidir. Bu tespitin sağlanması kuvvetin hangi büyüklükte ve nerelerde meydana geldiğinin açıklanması ile mümkün olacaktır. Çalışmalarda görülen dengeleme yöntemlerinin bazılarında uygulamanın fazla olduğu, bazılarında ise yeterli teorik bilgilerin fazla fakat uygulamanın az olduğu tespit edilmiştir. Uygulamada genellikle yapısal ve hidrolik bir dengeleme yöntemlerinden; kanatlı salyangoz gövde, tasarım noktasında çalışma, dengeleme deliği, radyal-aksel açıklık ve aşınma halkasının kullanımının fazla olduğu görülmektedir. Bu yöntemlerin uygulamada daha çok kullanılmasının nedeni hem uygulanabilirlik kolaylığı hem de maliyetinin bahsedilen diğer dengeleme yöntemlerine göre az olması ile açıklanmaktadır. Ancak bu durumdan uygulamada çok tercih edilmeyen diğer yöntemlerin etkili olmadığı anlamı da çıkarılmamalıdır. Yüksek kuvvetlerde ya da büyük debi gerektiren yerlerde kullanılan pompalarda diğer yöntemlerin daha etkili olabileceğide unutulmamalıdır.

BİLGİLENDİRME

Bu makalenin özeti, 07-09 Eylül 2022 tarihleri arasında Bilecik' de gerçekleştirilmiş olan 34. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresinin Özet ve Bildiri Kitabı'nda yayınlanmıştır.

KAYNAKLAR

Agostinelli, A., Nobles, D., ve Mockridge, C. R. (1960). An Experimental Investigation of Radial Thrust in Centrifugal Pumps. *J. Eng. Power*, 82(2): 120-125.

- European Commission, (2001). Study on improving the energy efficiency of pumps, 42-43.
- Baun, D. O., ve Flack, R. D. (2003). Effects of Volute Design and Number of Impeller Blades on Lateral Impeller Forces and Hydraulic Performance. *International Journal of Rotating Machinery*, 9(2), 145-152. <https://doi.org/10.1155/S1023621X03000137>
- Baysal, K. (1979). *Tam santrifüj pompalar: hesap, çizim ve konstrüksiyon özellikleri*. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Biheller, H. J. (1965). Radial force on the impeller of centrifugal pumps with volute, semivolute, and fully concentric casings.
- Boehning, F., Timms, D. L., Amaral, F., Oliveira, L., Graefe, R., Hsu, P. L., Schmitz-Rode, T., ve Steinseifer, U. (2011). Evaluation of hydraulic radial forces on the impeller by the volute in a centrifugal rotary blood pump. *Artificial Organs*, 35(8), 818-825. <https://doi.org/10.1111/j.1525-1594.2011.01312.x>
- Cao, W. D., Dai, X., ve Hu, Q. X. (2015). Effect of impeller reflux balance holes on pressure and axial force of centrifugal pump. *Journal of Central South University*, 22(5), 1695-1706. <https://doi.org/10.1007/s11771-015-2688-2>
- Chalghoum, I., Elaoud, S., Kanfoudi, H., ve Akrouf, M. (2018). The effects of the rotor-stator interaction on unsteady pressure pulsation and radial force in a centrifugal pump. *Journal of Hydrodynamics*, 30(4), 672-681. <https://doi.org/10.1007/s42241-018-0073-y>
- Çakır, E. (2013). *Santrifüj Pompa Performansının ve Hidrolik Kuvvetlerinin Belirlenmesi* (Yüksek Lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Çalışır, S., ve Konak, M. (1997). Düşey milli derin kuyu pompasında eksenel açıklığın pompa karakteristiklerine etkisi. 17. *Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi*, 779-789.
- Godbole, V., Patil, R., ve Gavade, S. S. (2012). Axial thrust in centrifugal pumps—experimental analysis. In *15th International Conference on Experimental Mechanics, Porto/Portugal* (pp. 22-27).
- Guan, X. (2011). Modern pumps theory and design. *China Astronaut. Beijing China*, 35, 265-266.
- Guelich, J., Jud, W., ve Hughes, S. F. (1987). Review of parameters influencing hydraulic forces on centrifugal impellers. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Power and Process Engineering*, 201(3), 163-174. <https://doi.org/10.1243/PIME PROC 1987 201 021 02>
- Guo, S., ve Okamoto, H. (2003). An experimental study on the fluid forces induced by rotor-stator interaction in a centrifugal pump. *International Journal of Rotating Machinery*, 9(2), 135-144. <https://doi.org/10.1155/S1023621X03000125>
- Güleren, K. M., Gürlek, C., ve Pınarbaşı, A. (2004). Santrifüj Pompanın Kanatlı Ve Kanatsız Difüzöründeki Akışın Sayısal İncelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(3), 389-394.
- Gulich, J. F. (2020). *Centrifugal pumps* (Vol. 4). Berlin: Springer.
- Gülmez, E. (2006). *Pompalarda yüzey pürüzlülüğünün ve kaçakların performans üzerindeki etkilerinin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi).
- Hao, Y., Tan, L., Liu, Y., Xu, Y., Zhang, J., ve Zhu, B. (2017). Energy Performance and Radial Force of A Mixed-Flow Pump With Symmetrical and Unsymmetrical Tip Clearances. *Energies*, 10(1), 57. <https://doi.org/10.3390/en10010057>

- Hergt, P., ve Krieger, P. (1969, September). Paper 10: radial forces in centrifugal pumps with guide vanes. In *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Conference Proceedings* (Vol. 184, No. 14, pp. 101-107). Sage UK: London, England: SAGE Publications. https://doi.org/10.1243/PIME_CONF_1969_184_428_02
- Hou, X., Cheng, Y., Yang, Z., Liu, K., Zhang, X., ve Liu, D. (2021). Influence of Clearance Flow on Dynamic Hydraulic Forces of Pump-Turbine During Runaway Transient Process. *Energies*, 14(10), 2830. <https://doi.org/10.3390/en14102830>
- Igor Karassik, J. (2001). *Pump Handbook*. 3th.
- Jia, X. Q., Zhu, Z. C., Yu, X. L., ve Zhang, Y. L. (2018). Internal unsteady flow characteristics of centrifugal pump based on entropy generation rate and vibration energy. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering*, 233(3), 456-473. <https://doi.org/10.1177/0954408918765289>
- Jin, F., Tao, R., ve Xiao, R. (2022). Study on Axial Clearance Size and Leakage of Canned Motor Pump under Axial Force Self-Balance State. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2160, No. 1, p. 012082). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2160/1/012082>
- Kang, C., ve Li, Y. (2015). The effect of twin volutes on the flow and radial hydraulic force production in a submersible centrifugal pump. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, 229(2), 221-237. <https://doi.org/10.1177/0957650914562920>
- Khalifa, A. E., Al-Qutub, A. M., ve Ben-Mansour, R. (2011). Study of Pressure Fluctuations and Induced Vibration at Blade-Passing Frequencies of A Double Volute Pump. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 36(7), 1333-1345. <https://doi.org/10.1007/s13369-011-0119-8>
- Korczak, A., Martsynkovskyy, V., Peczkis, G., ve Zahorulko, A. (2012). Diagnosis of The Phenomenon of Flow As An Inspiration to Inventions in The Domain of Constructing Hydraulic Machines. *Procedia Engineering*, 39, 286-302. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.035>
- Nourbakhsh, A., Jaumotte, A., Hirsch, C., ve Parizi, H. B. (2008). *Turbopumps and pumping systems*. Springer Science & Business Media.
- Özgür, C. (1964). *Su makinaları dersleri*. İstanbul Teknik Üniversitesi: Teknik Okulu Yayınları.
- Sefacı, S., Babayiğit, O., ve Koçak, S. (2022). Deneysel Tasarım Yöntemleri ile Bir Santrifüj Pompa Çarkında Dengeleme Deliği Tasarım Optimizasyonu. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(2), 436-449. <https://doi.org/10.17798/bitlisfen.1017804>
- Shim, H. S., Afzal, A., Kim, K. Y., ve Jeong, H. S. (2016). Three-objective optimization of a centrifugal pump with double volute to minimize radial thrust at off-design conditions. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, 230(6), 598-615. <https://doi.org/10.1177/0957650916656544>
- Shimura, T., Kawasaki, S., Uchiumi, M., Kimura, T., ve Matsui, J. (2012). Internal Flow and Axial Thrust Balancing of A Rocket Pump. *Journal of fluids engineering*, 134(4). <https://doi.org/10.1115/1.4006470>
- Sulzer (1989). *Centrifugal Pump Handbook*, Elsevier Applied Science, London.

- Tan, M., Guo, B., Liu, H., Wu, X., ve Wang, K. (2015). Investigation of Radial Force and Hydraulic Performance in A Centrifugal Pump With Different Guide Vane Outlet Angle. *Journal of Vibroengineering*, 17(6), 3247-3260.
- Turan, M. (2017). *Uçtan emişli santrifüj pompada eksenel yükü etkileyen parametrelerin had yöntemi ile incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi).
- Türkmen, A. (2020). *Radyal pompalarda eksenel yükün belirlenmesi ve dengelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi).
- Wang, C., Shi, W., ve Zhang, L. (2013). Calculation Formula Optimization and Effect of Ring Clearance on Axial Force of Multistage Pump. *Mathematical Problems in Engineering*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/749375>
- Weigang, L., Jinfeng, Z., ve Shouqi, Y. (2007). Now method to axial thrust self-balance for centrifugal pump impeller. *China mechanical engineering*, 18(17), 2037-2040.
- Wilk, A. (2009). Laboratory investigations and theoretical analysis of axial thrust problem in high rotational speed pumps. *WSEAS Trans. Fluid Mech.*, 4(1), 1-13.
- Yalçın, K. (1998). *Hacimsel ve Santrifuj Pompalar*. Çağlayan Kitabevi, İstanbul.
- Yuan, Y., Yuan, S., ve Tang, L. (2019). Numerical investigation on the mechanism of double-volute balancing radial hydraulic force on the centrifugal pump. *Processes*, 7(10), 689. <https://doi.org/10.3390/pr7100689>
- Zhou, L., Shi, W., Li, W., ve Agarwal, R. (2013). Numerical and experimental study of axial force and hydraulic performance in a deep-well centrifugal pump with different impeller rear shroud radius. *Journal of Fluids Engineering*, 135(10). <https://doi.org/10.1115/1.4024894>
- Zhou, R., Yang, J., Liu, H. L., ve Dong, L. (2022). Effect of Volute Geometry on Radial Force Characteristics of Centrifugal Pump during Startup. *Journal of Applied Fluid Mechanics*, 15(1), 25-36. <https://doi.org/10.47176/jafm.15.01.32828>
- Zhu, D., Xiao, R., Yao, Z., Yang, W., ve Liu, W. (2020). Optimization design for reducing the axial force of a vaned mixed-flow pump. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, 14(1), 882-896. <https://doi.org/10.1080/19942060.2020.1749933>

EXTENDED ABSTRACT

Introduction and Research Questions & Purpose

Pumps create speed and pressure while transferring the fluid. The pressure increase in the impeller that performs the rotation movement in the pump produces hydraulic forces and momentums. These hydraulic forces occurring in the pumps are divided into two as radial and axial forces. The axial and radial forces acting on the impeller are important for proper sizing of shafts and bearings. While the radial force is determined by the environmental pressure distribution where the impeller fluid exits, the axial force is expressed as the pressure arising on the flows passing through the gaps between the impeller and the body. In this study, a compilation study was conducted by investigating the theoretical and practical situations of what hydraulic forces are and what needs to be done for their balancing.

Methodology

It is a general compilation method used in the study. It has been determined what the balancing methods are required to eliminate the pump hydraulic forces. The theoretical information of these balancing methods has been given and the practical application studies have been examined.

Results and Conclusions

Hydraulic forces are undesirable for the pump. In this compilation study, the answer to the question of the hydraulic forces in the pumps and how the work to be done to eliminate them was sought. In addition, since there is no compiled information about these forces except for some fundamental books, this study has tried to clarify this issue. It is seen that both radial and axial hydraulic forces affect the structural and operating properties of the pump negatively. Based on the obtained studies and the data in these studies, it has been determined that different balancing methods are used to reduce the hydraulic forces. It has been seen that the necessary approaches to eliminate or reduce the hydraulic forces are made with structural and hydraulic balancing systems. It has been determined that there are many studies focused on some balancing methods, while some methods are not taken into account at all.. In this case, it is concluded that some balancing systems may be difficult to implement, while others can be easily applied in studies.

Yazarların Biyografisi



Mehmet KURT

Selçuk Üniversitesi, Cihanbeyli Meslek Yüksekokulu, Tarımsal İşletmecilik Programında öğretim görevlisidir. Bulunduğu birimde halen görevine devam etmektedir. Uzmanlık alanı tarım makineleri, sulama makinaları, hidrolik-pnömatik ve sulama sistemleridir.

İletişim
ORCID Adresi

mehmet.kurt@selcuk.edu.tr
<https://orcid.org/0000-0002-9566-6627>



Kazım ÇARMAN

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü öğretim üyesidir. Bulunduğu birimde halen görevine devam etmektedir. Uzmanlık alanı tarım makinelerinin tasarımı, koruyucu toprak işleme uygulamaları, tarımda yapay zeka teknikleri.

İletişim
ORCID Adresi

kcarman@selcuk.edu.tr
<https://orcid.org/0000-0002-9860-7403>

Makine Yardımıyla Elma Toplamada Çalışma Duruşlarının REBA Yöntemi ile Analizi ve Ergonomik Risk Değerlendirmesi

Analysis and Ergonomic Risk Assessment of Working Positions in Machine-Assisted Apple Harvesting with REBA Method

Yusuf Dilay^{1,*}, Adem Özkan¹

¹ Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Karaman, Türkiye.

* Corresponding author (Sorumlu Yazar): Y. Dilay, e-mail (e-posta): ydilay@kmu.edu.tr

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 19.08.2022
Düzeltilme tarihi : 22.11.2022
Kabul tarihi : 27.11.2022

Anahtar Kelimeler:

Elma hasadı
Risk analizi
Ergonomi
REBA

Atf için:

Dilay, Y., Özkan, A., (2023). "Makine Yardımıyla Elma Toplamada Çalışma Duruşlarının REBA Yöntemi ile Analizi ve Ergonomik Risk Değerlendirmesi", *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 19(1): 75-92.

ÖZET

Tarım kesiminde çalışan işçilerin durağan veya hareketli çalışma şekillerinin incelenmesi, analiz edilmesi, bedensel rahatsızlıklarına yol açan çalışma pozisyonlarının düzeltilmesi için değişik alternatifler sunulması çok önemlidir. Çalışanların duruş bozuklukları, sağlığını doğrudan etkilerken, dolaylı olarak da işletmenin çalışma verimliliğini olumsuz etkilemektedir. Bu çalışmada, elma tarımının yapıldığı bir işletmede makine yardımıyla elma toplamada çalışan tarım işçilerinin, çalışma esnasındaki vücut duruş pozisyonları, izinleri alınarak, kamera ile kayıt altına alınmış ve bilgisayar ortamında analiz edilmiştir. Analizlerde, ergonomik risk değerlendirme yöntemlerinden REBA (Rapid Entire Body Assessment) yöntemi kullanılmıştır. REBA, çalışma esnasında çalışanların vücut kısımlarına gelen yüklere göre, farklı skorlar belirleyerek, bedenin tüm kısımlarının analiz edilmesine imkân veren bir yöntemdir. Çalışmada işçilerin; makine üst ve alt seviyesi ile makine yanında olmak üzere 3 farklı konumda elma topladıkları belirlenmiştir. Her işçinin değişik konumlarda ve değişik vücut yüklenmelerine maruz kaldığı, makine yanında çalışan kişilerin ise, diğer konumda çalışanlara göre daha fazla bedensel yüklemelerin etkisinde kaldığı görülmüştür. Bu çalışmada çalışanlardan tesadüf olarak seçilen birinin risk analizi yapılmıştır. Bu kişinin her konumdaki duruşu ayrı ayrı ele alınmış ve REBA skoru hesaplanmıştır. Böylece; çalışanın, çalışma durumuna göre bulunan REBA skoru, risk seviyesi ve aralığı değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, makine yardımı ile elma hasat işçiliği için REBA skoru 3 (düşük risk seviyesi) olarak belirlenmiştir. Risklerin azaltılması için; molaların artırılması, ıslah çalışmaları ile tam bodur elma tarımına geçilmesi ve şekilsel budama ile ağaç boylarının kısaltılması önerilebilir.

Article Info

Received date : 19.08.2022
Revised date : 22.11.2022
Accepted date : 27.11.2022

Keywords:

Apple harvest
Risk analysis
Ergonomics
REBA

How to Cite:

Dilay, Y., Özkan, A., (2023). "Analysis and Ergonomic Risk Assessment of Working Positions in Machine-Assisted Apple Harvesting With REBA Method", *Journal of Agricultural Machinery Science*, 19(1): 75-92.

ABSTRACT

It is very important to examine and analyze the stationary or mobile working patterns of the workers of the agricultural sector and to offer different alternatives for the correction of the working positions that cause physical ailments. While the posture disorders of the employees directly affect their health, they indirectly affect the working efficiency of the enterprise. In this study, body posture positions of agricultural workers working in apple picking with the help of machinery in an apple farming business were recorded with a camera and analyzed in computer environment, with permissions. REBA (Rapid Entire Body Assessment) method, one of the ergonomic risk assessment methods, was used in the analyses. REBA is a method that allows the analysis of all parts of the body by determining different scores according to the loads on the body parts of the workers during work. It has been determined that they collect apples in 3 different locations, at the upper and lower levels of the machine and next to the machine. It has been observed that each worker is exposed to different body loads in different positions, and the persons working next to the machine is more affected by physical loads than those working in other positions. In this study, a risk analysis was carried out for a randomly selected employee. The stance of this person in each position was observed separately and the REBA score was found. Likewise, the REBA score, risk level and range of the employee were evaluated according to working status of the employee. According to the results obtained, the REBA score for machine-assisted apple harvest work was determined as 3 (low risk level). To reduce risks; It can be recommended to increase the breaks, to switch to full dwarf apple farming with breeding studies, and to shorten the tree height with formal pruning.

1. GİRİŞ

Elma tarımının yoğun olarak yapıldığı küçük bir Anadolu kenti olan Karaman'ın ekonomisi, tarım ve hayvancılığa dayanmaktadır. 12 milyondan fazla meyve veren elma ağacının bulunduğu Karaman, Türkiye'de elma ağacı sayısı bakımından ilk sıradadır. Yıllara bağlı olarak dünyada, Türkiye'de ve Karaman'daki elma üretim değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Yıllara bağlı elma üretim miktarları (FAO, 2022; TÜİK, 2022)

Yıl	Elma Üretimi (Ton)		
	Dünya	Türkiye	Karaman
2019	83.644.151	3.618.752	485.363
2020	76.286.270	4.300.486	492.353
2021	-	4.493.264	535.350

Tablo 1'den de görüleceği gibi, yıllara göre değişmekle birlikte dünya genelinde üretilen elmanın yaklaşık %5'lik kısmı Türkiye'de üretilmektedir. Türkiye'de üretilen elmanın ise, yaklaşık %12'lik kısmı Karaman'da üretilmektedir. Karaman'da küçük ölçekte çok sayıda elma üreticisi bulunmaktadır. Bunun yanında modern tarım tekniklerinin uygulandığı profesyonel olarak elma tarımının yapıldığı işletmeler de mevcuttur. Küçük işletmelerde geleneksel yöntemler ile tarım yapılırken, büyük işletmelerde ise modern tarım teknikleri kullanılmaktadır. Büyük işletmelerde, dünya genelinde geliştirilen modern tarımsal mekanizasyon araçlarının yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir.

Elma tarımında hasat, üretimin en önemli aşamalarından biridir. Özellikle hasat zamanının doğru olarak belirlenmesi, üretim kalitesi açısından son derece önemlidir. Geciken ya da erken hasat, ürün kayıplarına yol açarken, verimde düşüslere sebep olmaktadır. Meydana gelen kayıpların miktarı bitki türüne bağlı olarak değişiklik gösterir. Hasat zamanı ve süresi ise; bitki desenine, iklim özelliklerine ve coğrafi konuma göre farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle, bazen kısa zamanda geniş alanlarda hasadın yapılması gerekmektedir. Bu durum hasatta makine kullanımını zorunlu kılmaktadır. Elma hasadında makine kullanımı, çalışanların iş sağlığı ve güvenliğini sağlayarak, çalışma verimliliğini artırmaktadır. Özellikle elma hasadında, hasat döneminin kısa bir aralıkta olması nedeni ile işletmeler çoğunlukla çalışacak tarım işçisi bulmakta zorluklarla karşılaşmaktadırlar. Bulunan işçilerin de hasat işinde sahip oldukları yetenekleri ya da tecrübeleri kısıtlı olabilmektedir. İşverenin baskısı, kişilerin maddi kazanç hırsı gibi nedenler, bu işçilerin kısa sürede çok çalışmalarını zorunlu kılmaktadır.

Duruş denildiğinde, gövdenin, başın, kol ve bacakların belirli bir düzen içerisindeki şekli olarak tanımlanabilir. Çalışma esnasındaki duruşu ise; bu vücut kısımlarının yapılan işe uygun olarak farklılaşmadır. Çalışma esnasındaki uygun olmayan duruş, vücutta bazı telafisi mümkün olmayan rahatsızlıklara yol açabilmektedir (Kara vd., 2014). Çalışma esnasındaki duruşların izlenmesi ve işlenmesiyle bulunan görüntüler, riskli işlerin tespiti ile azaltılmasına imkân vermektedir. Çalışma esnasında, çalışanlara verilen bazı görevler, onlarda yaptıkları işe bağlı olarak bazı kalıcı sağlık problemlerine yol açabilmektedir. Bu durum düzeltilmediğinde daha da artacak, iş gücü kayıplarına ve sağlık harcamalarına yol açacaktır (Sağiroğlu vd., 2015).

Çalışma esnasındaki duruşların incelenmesi ve değerlendirilmesinde REBA, RULA, OWAS ve NIOSH yöntemleri sıklıkla tercih edilmektedir. Bu yöntemlerin bazıları, bir veya birkaç iş kolu için uygun olurken, bazıları da ayrıntılı bir incelemeye olanak vermemektedir (Kara vd., 2014). Ancak REBA (Rapid

Entire Body Assessment) yöntemi tüm bu olumsuzlukların üstesinden gelebilecek bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. REBA; Hignett ve McAttamney (2000) tarafından geliştirilen bir yöntemdir.

Çalışmada; Karaman'da modern tarım tekniklerinin uygulandığı, bir buçuk milyon adetten daha fazla meyve veren elma ağacının bulunduğu tarım işletmesi ele alınmıştır. Bu işletmede 2020-2021 üretim döneminde, elma hasadının yapıldığı esnada alınan görüntülerden yola çıkılarak elde edilen veriler bilgisayar ortamında işlenmiştir. Bu veriler yardımıyla REBA yöntemi kullanılarak, işletmede makine yardımıyla elma toplamada çalışanlardan birinin çalışma duruşlarının analizi ve ergonomik açıdan riskleri değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Elma hasadında çalışanların ergonomik olarak değerlendirilmesi için Karaman ili Akçavaşir kasabasında yer alan bir elma bahçesi kullanılmıştır. Çalışma yapılan elma bahçesi; deniz seviyesinden 1040 m yükseklikte, %0-3 eğime sahiptir. İşletmenin konumu 37°27'55.7"N 33°34'01.8"E dir. Bu işletmede her yıl elma hasadı yapılmaktadır. Bununla birlikte, yeni çeşitlerin dikimi de sürekli yapılmaktadır.

Ülkemizde elma üretiminin önemli bir kısmı Isparta ve Karaman'daki elma bahçelerinde gerçekleştirilmektedir. Üretimde farklı elma türleri mevcuttur. Çalışmada veriler, "Gala" elma çeşidinin hasadın yapıldığı parselden, makine yardımıyla elma toplayan çalışanların fiziksel yüklerini ve çalışmadaki duruş bozukluklarının tespit edilmesi amacıyla toplanmıştır. Ölçümlerin kamera ile kayıt altına alınması çalışmaları engellememiştir. Elde edilen görüntüler bilgisayar ortamında analiz edilmiştir.

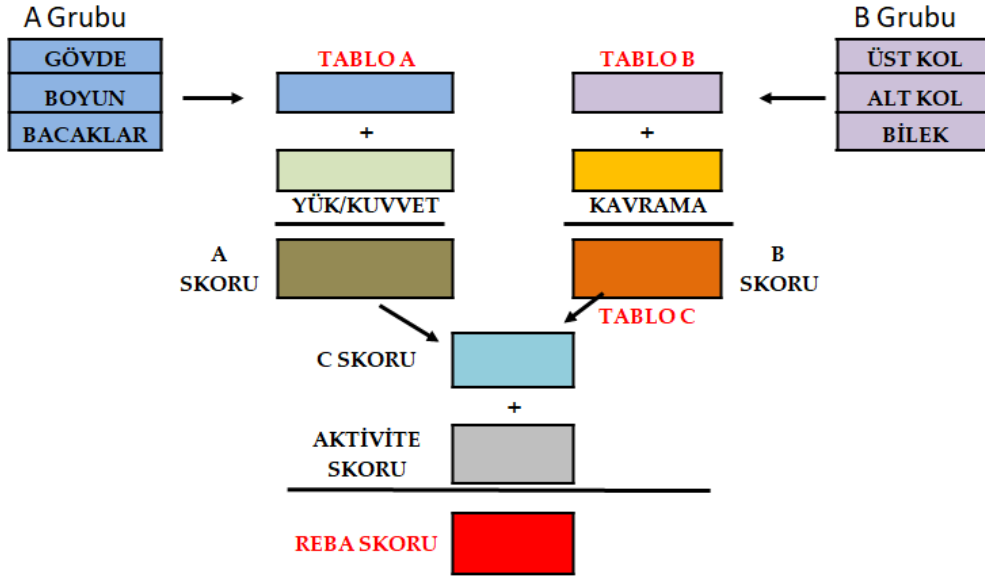
2.2. Yöntem

Çalışma kapsamında izlenen grupta, tesadüfi olarak seçilen işçilerin kamera ile çekimleri yapılmıştır. Elde edilen görüntüler incelenerek, çalışanların duruşlarının gerçek çalışma sırasındaki analizleri yapılmıştır. Çalışanların fiziksel yüklenmelerine bağlı olarak elde edilen değerler, REBA yöntemleri ile değerlendirilmiştir (Öz ve Çakmak, 2017; McAttamney ve Corlett, 1993).

REBA, vücudun tüm kısımlarının ergonomik olarak değerlendirmesine olanak sağlayan bir yöntem olup, herhangi bir duruş bozukluğunun ya da faaliyetin sebep olduğu riskleri sayısal olarak değerlendirebilmektedir. REBA yönteminde; çalışma sırasında gövdede ve gövde bileşenlerinde meydana gelen esneme, uzanma ile yüklenme gibi vücudu yoracak işlemler için, 1-15 arasında bir seviye belirlenmektedir. Bunun için, öncelikle vücut bileşenleri ikiye kısma ayrılmaktadır. İlk grupta; gövde, boyun, bacaklar bulunurken, ikinci grupta ise; üst ve alt kollar ile bilekler bulunur. İlk grupta yer alan vücut bileşenlerinin skorları tespit edilerek, Tablo A'da bu skorların bileşiminden oluşan bir rakam bulunur. Bu rakama yük/kuvvet skoru eklendiğinde ise A skoru bulunur.

B grubunda ise; üst ve alt kol ile bileklerin ayrı ayrı skorları belirlenerek, Tablo B'de bu skorların bileşiminden oluşan bir rakam bulunur. Bu rakama kavrama skoru eklendiğinde ise B skoru bulunur.

A ve B skorlarının Tablo C'deki bileşiminden ise C skoru bulunmaktadır. C skoruna aktivite skorunun eklenmesiyle REBA skoru elde edilmiş olur (Şekil 1).

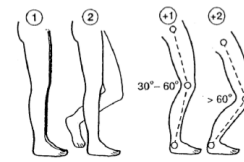
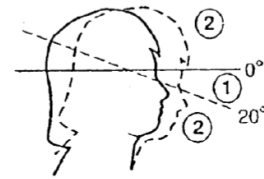
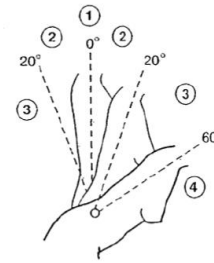


Şekil 1. REBA Yöntemi akış diyagramı (Kara vd., 2014)

Çalışmada A skorunun hesaplanmasında Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4 kullanılırken, B skorunun hesaplanmasında ise, Tablo 5, Tablo 6 ve Tablo 7 kullanılmıştır. Tablo 8 yardımıyla C skoru, Tablo 9 yardımıyla da aktivite skoru belirlenmiştir. REBA skoru risk değerlendirmesinde ise Tablo 10'dan yararlanılmıştır.

Tablo 2. A Grubu skor belirleme şablonu (Hignett ve McAtamney, 2000)

Gövde:		
Hareket	Skor	Skor Değişimi
Dik	1	
0° – 20° Esneme	2	Yana esneme veya dönme varsa +1
0° – 20° Uzanma	3	
20° – 60° Esneme	3	
> 20° Uzanma	4	
> 60° Esneme	4	
Boyun:		
Hareket	Skor	Skor Değişimi
0° – 20° Esneme	1	Yana esneme veya dönme varsa +1
> 20° Esneme ya da Uzanma	2	
Bacaklar:		
Hareket	Skor	Skor Değişimi
İki taraflı ağırlık taşıma, yürüme ya da oturma	1	Dizlerde 30°-60° arası esneme +1
Tek taraflı ağırlık taşıma ya da sabit olmayan duruş	2	Dizlerde >60° arası esneme +2



Tablo 3. REBA yönteminde Tablo A

		Boyun											
		1				2				3			
		Bacaklar				Bacaklar				Bacaklar			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Gövde	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Tablo 4. Yük/Kuvvet skoru tablosu

Yük/Kuvvet	Skor
5 kg'dan daha az	0
5 ile 10 kg arasında	1
10 kg'dan daha büyük	2
Ani veya hızlı kuvvet artışı	+1

Tablo 5. B Grubu skor belirleme şablonu (Hignett ve McAtamney, 2000)

Üst Kollar:			
Hareket	Skor	Skor Değişimi	
20° Esneme ya da uzanma	1	Kolda dönme varsa +1	
20° ile 45° arası esneme 20°'den daha fazla uzanma	2		
45° ile 90° arası esneme	3	Omuz yükselmiş ise +1	
90°'den daha fazla esneme	4	Kolun duruşunda yerçekimi desteği etkili ise -1	
Alt Kollar:			
Hareket	Skor		
60° - 100° Esneme	1		
< 60° Esneme ya da > 100° Uzanma	2		
Bilekler:			
Hareket	Skor	Skor değişimi	
0° - 15° Esneme ya da Uzanma	1	Bileklerde yana esneme ya da dönme varsa +1	
> 15° Esneme ya da Uzanma	2		

Tablo 6. REBA yönteminde Tablo B

		<i>Alt Kol</i>					
		<i>1</i>			<i>2</i>		
		<i>Bilek</i>			<i>Bilek</i>		
		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>Üst Kol</i>	<i>1</i>	1	2	2	1	2	3
	<i>2</i>	1	2	3	2	3	4
	<i>3</i>	3	4	5	4	5	5
	<i>4</i>	4	5	5	5	6	7
	<i>5</i>	6	7	8	7	8	8
	<i>6</i>	7	8	8	8	9	9

Tablo 7. Kavrama skoru değeri

<i>Derece</i>	<i>Açıklama</i>	<i>Skor</i>
<i>İyi</i>	İyi bir tutma	0
<i>Uygun</i>	El ile tutma iyi fakat ideal değil ise	1
<i>Kötü</i>	El ile tutma iyi olmamasına rağmen mümkün ise	2
<i>Uygun Değil</i>	Güvenli olmayan bir tutma ya da tutacak kol yok Vücudun başka bir bölgesi kullanılarak da tutma iyi değil	3

Tablo 8. REBA yönteminde C skorunun belirlenmesi

		<i>B skoru</i>											
		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
<i>A skoru</i>	<i>1</i>	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
	<i>2</i>	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
	<i>3</i>	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
	<i>4</i>	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
	<i>5</i>	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
	<i>6</i>	6	6	6	6	8	8	9	9	10	10	10	10
	<i>7</i>	7	7	7	7	9	9	9	10	10	11	11	11
	<i>8</i>	8	8	8	8	10	10	10	10	10	11	11	11
	<i>9</i>	9	9	9	9	10	10	11	11	11	12	12	12
	<i>10</i>	10	10	10	10	11	11	11	12	12	12	12	12
	<i>11</i>	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
	<i>12</i>	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Tablo 9. Aktivite skoru tablosu

<i>Aktivite</i>	<i>Skoru</i>
Vücudun bir kısmı sabit duruyorsa	+1
Kısa sürelerde tekrarlanan işler varsa	+1
İş sabit olmayan zeminde çalışmayı gerektiriyorsa	+1

Tablo 10. REBA risk değerlendirmesi tablosu

<i>Derece</i>	<i>REBA Skoru</i>	<i>Risk Seviyesi</i>	<i>Önlem</i>
0	1	İhmal Edilebilir	Gerekmez
1	2 - 3	Düşük	Gerekebilir
2	4 - 7	Orta	Gerekli
3	8 - 10	Yüksek	Kısa sürede gerekli
4	11 - 15	Çok Yüksek	Hemen gerekli

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Araştırma yapılan işletmede elma hasadında kullanılan makinenin çok düşük ilerleme hızında çalıştığı, iş genişliğinin ise sıra arası mesafeye uygun biçimde hazırlandığı tespit edilmiştir. Yarı bodur tipte olan elma ağaçlarının yüksekliklerinin 2,5 metre civarında olması nedeniyle 3 farklı kademede toplayıcı çalışmaktadır. Bunlardan bir kısımda bulunanlar makine önünde yürüyerek çalışırken, ikinci kısmı, makinenin birinci kademesinde, diğer kısmı ise en üst kademede çalışmaktadırlar. Kadın işçiler genellikle birinci ve ikinci kademede çalışmakta, erkek işçiler ise en üst kademede çalışmaktadırlar. Makine otonom bir hasat makinesi olduğundan ayrıca operatöre ihtiyaç duymamaktadır. Çok sayıda sensör yardımıyla ağaçlara zarar vermeden sıralar arasında çok düşük hızda hareket etmektedir. Ağaçların boylarının çalışanların boyundan daha uzun olduğu görülmüştür. Makinenin ağaç içerisine kadar uzanamaması, çalışanların elma toplama esnasında zaman zaman gövdelerini öne doğru eğmek zorunda kalmalarına neden olmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Farklı kademede elma toplayan işçiler

Şekil 2'den de görüleceği gibi, makinenin üst kademelerinde çalışan toplayıcıların, zaman zaman dalların arasından ağaçların iç kısımlarına kadar uzanmak zorunda kaldıkları, bu durumun ise, vücutlarının ergonomik olarak aşırı yüklenmesine yol açtığı görülmüştür. Bahçe zemininde çalışanların ise, nispeten daha az ergonomik olarak yüklendikleri, hatta çoğunlukla yürüyüş pozisyonunda çalıştıkları görülmüştür (Şekil 3).



Şekil 3. Bahçe zemininde elma toplayan bir işçi

Görüntülerin bilgisayar ortamında incelenmesi ve analizi sonucunda, elma toplamada çalışanın ergonomik risk değerlendirmesi REBA yöntemine göre yapılarak, A ve B grubuna ait değerler hesaplanmıştır. A grubundaki; gövde, boyun ve bacakların esneme ve dönme ya da uzanma durumları dikkate alınarak, Tablo 2'deki verilerden yararlanılarak, A grubu puanlamaları yapılmıştır. Şekil 4'de çalışanın gövdesinin yaklaşık 20°-60° esnediği ya da 20° den daha fazla uzandığı görülmüştür. Elde edilen bu açısal değere karşılık gelen skorun 3 olduğu belirlenmiştir.



Gövde:

Hareket	Skor	Skor Değişimi
Dik	1	Yana esneme veya dönme varsa +1
0° – 20° Esneme 0° – 20° Uzanma	2	
20° – 60° Esneme > 20° Uzanma	3	
> 60° Esneme	4	

Gövde Skoru: **3**

Şekil 4. Gövde duruş açıları

Şekil 5'de görüldüğü gibi çalışanın boynunun yaklaşık 0°-20° esnediği görülmüştür. Böylece boyun skoru 1 olarak alınmıştır.



Boyun:

Hareket	Skor	Skor Değişimi
0° – 20° Esneme	1	Yana esneme veya dönme varsa +1
> 20° Esneme ya da Uzanma	2	

Boyun Skoru: **1**

Şekil 5. Boyun duruş açıları

A grubunda yer alan son bileşen olan bacaklarda ise, iki taraflı ağırlık taşıma olduğu ve dizlerde bir esnemenin olmadığı görülmüştür. Bu nedenle bacak skorunun sayısal değeri 1 alınmıştır (Şekil 6).



Bacaklar:

Hareket	Skor	Skor Değişimi
İki taraflı ağırlık taşıma, yürüme ya da oturma	1	Dizlerde 30°-60° arası esneme +1
Tek taraflı ağırlık taşıma ya da sabit olmayan duruş	2	Dizlerde >60° arası esneme +2

Bacak Skoru: **1**

Şekil 6. Bacak duruş açıları

Kuvvet/yük skorunun tespitinde, materyalin ağırlığı ve elmanın koparılması için gerekli kuvvet dikkate alınmıştır. Elmanın koparılma kuvveti 5 kg'dan daha az olduğu varsayımı ile kuvvet/yük skoru 0 olarak belirlenmiştir (Şekil 7).

YÜK / KUVVET	
Yük/Kuvvet	Skor
< 5 kg	0
5 – 10 kg	1
> 10 kg	2
Ani veya hızlı kuvvet artışı	+1

Yük/Kuvvet Skoru: 0



Şekil 7. Yük/Kuvvet Skoru

Elde edilen tüm skorlar A tablosunda yerlerine yazıldığında A skoru 2 olarak elde edilmiştir (Şekil 8).

Tablo A

		BOYUN												
		1				2				3				
		Bacaklar				Bacaklar				Bacaklar				
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
GÖVDE	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6	
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7	
	3	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Şekil 8. A skorunun belirlenmesi

B skorunun belirlenmesinde; üst ve alt kol ile el bileği duruş pozisyonları incelenmiştir. Görüntülerin incelenmesinde çalışma esnasında çalışanın, üst kolunun 20°-45°'lik açı ile elmayı tuttuğu görülmektedir (Şekil 9). Bu nedenle üst kol 20°-45°'lik duruş pozisyonu için skor 2 olarak belirlenmiştir.

Üst Kollar

Hareket	Skor	Skor Değişimi
20° Esneme 20° Uzanma	1	Kolda Dönme varsa +1
20° – 45° Esneme > 20° Uzanma	2	
45° – 90° Esneme	3	Omuz yükselmişse +1
> 90° Esneme	4	Kolun duruşunda yerçekimi desteği etkili ise -1



Üst Kol Skoru: 2

Şekil 9. Üst kol duruş açıları

Elma toplamada çalışanın alt kolunun 100° den daha büyük bir açı ile dalları tuttuğu görülmektedir (Şekil 10). Bu durumda alt kol >100° uzanma pozisyonu için 2 skoru belirlenmiştir.

Alt Kollar

Hareket	Skor
60° – 100° Esneme	1
< 60° Esneme yada > 100° Uzanma	2



Alt Kol Skoru: 2

Şekil 10. Alt kol duruş açıları

Elma toplayan çalışanın bileklerinde 15° den daha fazla uzama ya da esneme olduğu belirlenmiştir. Bileklerde yan esneme ya da dönmenin ise olmadığı görülmüştür (Şekil 11). Bu durumda bilek skoru 2 olarak belirlenmiştir.

Bilekler

Hareket	Skor	Skor Değişimi
0° – 15° Esneme ya da Uzanma	1	Bileklerde yana esneme ya da dönme varsa +1
> 15° Esneme ya da Uzanma	2	

Bilek Skoru: 2



Şekil 11. Bileklerin duruş açıları

Elma toplama işleminde elmanın çalışan tarafından iyi bir biçimde tutulduğu düşünüldüğünde, kavrama skoru 0 olarak kabul edilmiştir (Şekil 12).

Kavrama

Derece	Açıklama	Skor
İyi	İyi bir tutma kolu ve orta şiddette kavrama gücü	0
Uygun	El tutuşu uygun fakat ideal değil ya da vücudun başka bir bölgesi ile kavrama uygun	1
Kötü	El tutuşu uygun olmamasına rağmen mümkün	2
Uygun Değil	Zor ve güvenli olmayan tutuş, tutma kolu yok Vücudun başka bir bölgesi kullanılarak, tutuş uygun değil	3

Kavrama Skoru: 0

Şekil 12. Kavrama skoru

Çalışma süresince toplanan tüm veriler B tablosunda yerine konularak, B skoru değeri 3 olarak elde edilmiştir (Şekil 13).

		ALT KOL					
		1			2		
		Bilek			Bilek		
		1	2	3	1	2	3
ÜST KOL	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

Şekil 13. B skorunun belirlenmesi

A skoru ve B skoru değerleri Tablo 6'da yerine konularak C skoru değeri 2 olarak bulunmuştur (Şekil 14).

TABLO C

		B SKORU											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A SKORU	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
	2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
	3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
	4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
	5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
	6	6	6	6	6	8	8	9	9	10	10	10	10
	7	7	7	7	7	9	9	9	10	10	11	11	11
	8	8	8	8	8	10	10	10	10	10	11	11	11
	9	9	9	9	9	10	10	11	11	11	12	12	12
	10	10	10	10	10	11	11	11	12	12	12	12	12
	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Şekil 14. C skorunun belirlenmesi

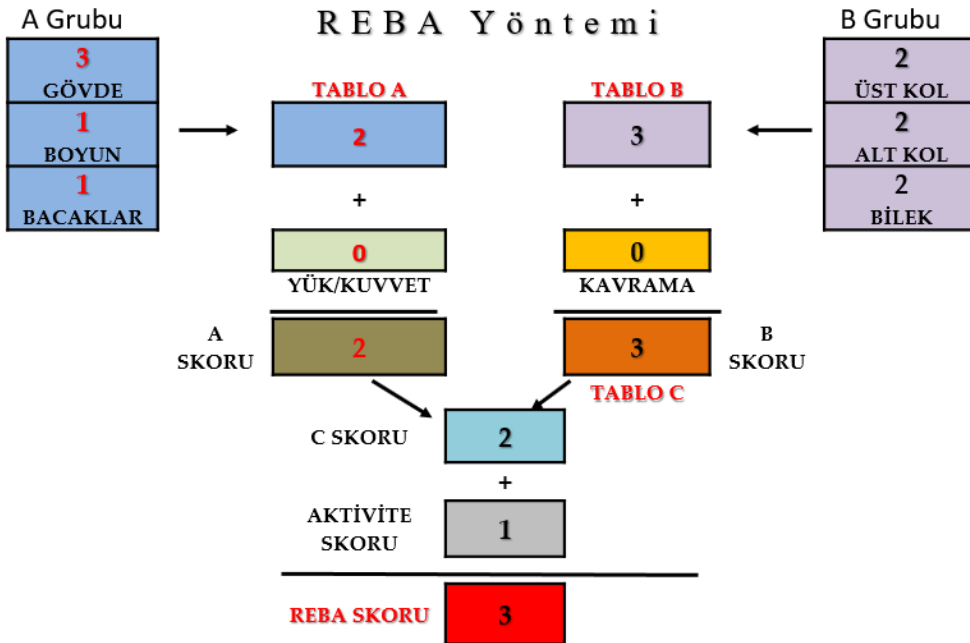
Yapılan işin kısa aralıklar ile tekrar eden bir iş olduğu için Aktivite Skoru +1 olarak alınmıştır (Şekil 15).

Aktivite Skoru

Aktivite	Skoru
Bir veya daha fazla vücut bölgesi sabit tutma (Örneğin 1 dakikadan uzun süre tutma)	+1
Kısa aralıklarla tekrar eden işler (Örneğin 1 dakikada dörtten fazla tekrar eden iş)	+1
Yapılan iş duruşta hızlı ve büyük değişikliğe neden oluyorsa veya sabit olmayan zeminde çalışılıyorsa	+1

Şekil 15. Aktivite skorunun belirlenmesi

A, B ve C skorları ile aktivite skorlarından elde edilen değer REBA Akış Diyagramına yerleştirildiğinde, elma toplama işlemi esnasındaki ergonomik ve risk değerlendirmesinde kullanılan REBA Skoru 3 olarak bulunmuştur (Şekil 16). Bu değer Tablo 10'da yerine konulduğunda 2-3 skoruna karşılık gelen 1 derecede, düşük risk seviyesinde bulunmaktadır. Önlem alınması gerekli olabilmektedir (Şekil 17).



Şekil 16. REBA skorunun belirlenmesi

Derece	REBA Skoru	Risk Seviyesi	Önlem
0	1	İhmal edilebilir	Gerekli değil
1	2 - 3	Düşük	Gerekli olabilir
2	4 - 7	Orta	Gerekli
3	8 - 10	Yüksek	Kısa zaman içinde gerekli
4	11 - 15	Çok yüksek	Hemen gerekli

Şekil 17. Risk seviyesinin belirlenmesi

4. SONUÇ

Bu işletmede; kendi yürür toplama makinesi yardımıyla elma hasadı yapanlar, diğer yöntemlerle hasat yapanlara kıyasla daha az yorulmaktadırlar. Bu durum çalışanların yorgunluğunu nispeten azaltmaktadır. Yapılan çalışmada makine yardımıyla elma hasadında REBA Skoru 3 olarak hesaplanırken; Atıcı vd. (2015), otomotiv sektöründe kablo üretiminde 9, Baş ve Yapıcı (2020), ambalajlı ürünlerin kolilenmesinde 3.5, Erdemir ve Eldem (2020) döküm atölyesinde 6, Geniş ve Sümer (2021), mısır püskülü çekim işçiliği için 8, mısır koçanı kırımı için 6, Akalp vd. (2021), ise zeytin hasadında çalışanlar için REBA Skorunu 8.8 olarak hesaplamışlardır. Yapılan çalışmada, hasadın makine yardımıyla yapılmasının REBA Skorunun nispeten düşürdüğü tespit edilmiştir. Aygün vd. (2018) yaptıkları çalışmalarda, narenciye hasadında işçilerin ağaca tırmanmalarında REBA Skorunu 11 olarak hesaplamışlardır. Bu değer oldukça yüksek risk içermektedir. Bununla birlikte makine yardımıyla elma toplama yapılırken, çalışanların kısa zaman aralıklarında molalar ile dinlendirilmesi ve toplayıcıların farklı kademelerde toplama yapması önerilebilir. Makine üzerinde gerekli emniyet tedbirlerinin bulunmasına rağmen çalışanların bu tedbirlere sıklıkla uymadıkları, üst kademede çalışan toplayıcıların koruyucu maske ve emniyet kemeri takmadıkları da görülmüştür. Öz ve Çakmak (2017), çalışanlar üzerinde güvenlik kültürünün geliştirilmesi gerektiğini ifade etmektedirler. Çalışanların güneşten korunmaları için makine üzerine gölgelendirme sistemlerinin eklenmeli, çalışanlara iş kıyafetleri, koruyucu eldiven ve maske verilmedir. Ayrıca çalışanlarında düşük hızlı olsa bile hareket halindeki bir makine üzerinde çalıştıklarının uyarıcı levhalar ile hatırlatılması gerekmektedir. İleride yapılacak çalışmalarda aynı grupta çalışan toplayıcıların tümünün duruşları göz önüne alındığında daha net skorlara ulaşılabilecektir.

BİLGİLENDİRME

Bu makalenin özeti, 07-09 Eylül 2022 tarihleri arasında Bilecik' de gerçekleştirilmiş olan 34. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresinin Özet ve Bildiri Kitabı'nda yayınlanmıştır.

KAYNAKLAR

- Akalp, H.G., Saklangıç, U. ve Çırakoğlu, S. (2021). Zeytin Tarımında Çalışan İşçilerin Çalışma Duruşlarının REBA Yöntemi İle Analizi. *Ergonomi Dergisi*, 4(2), 88-96. DOI: <https://doi.org/10.33439/ergonomi.961369>.
- Atıcı, H., Gönen, D., ve Ali, O. (2015). Çalışanlarda Zorlanmaya Neden Olan Duruşların REBA Yöntemi İle Ergonomik Analizi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3), 239-244.
- Aygün, İ., Çakmak, B., ve Alayunt, F. N. (2018). Narenciye Hasadının Ergonomik Açıdan İncelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6:312- 318.
- Baş, H., ve Yapıcı, F. 2020. İş İstasyonlarında Çalışanlarda Zorlanmaya Neden Olan Duruşların Ergonomik Açıdan İrdelenmesi: Örnek Uygulama. *Ergonomi*, 3(3), 128-137
- Erdemir, F. ve Eldem, C. (2020). Bir Döküm Atölyesindeki Çalışma Duruşlarının Dijital İnsan Modelleme Tabanlı REBA Yöntemi İle Ergonomik Analizi. *Politeknik Dergisi*, 23(2), 435-443. DOI: <https://doi.org/10.2339/politeknik.534877>.
- FAO (2022). FAOSTAT. Food and Agriculture Organisation.
<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QV>
- Geniş, A., ve Sümer, S.K., (2021). "Tohumluk Mısır Üretiminde Çalışma Duruşlarının REBA Yöntemi İle Ergonomik Risk Analizi", *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 17(3): 127-138.
- Hignett, S. ve McAtamney L., (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*. 31:201- 205. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(99\)00039-3](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00039-3).
- Kara, Y., Atasagun, Y., ve Peker, A. (2014). Montaj Hatlarında Çalışma Duruşlarının REBA Yöntemi İle Analizi Ve Ergonomik Risk Değerlendirmesi, 7. Uluslararası İş Sağlığı ve Güvenliği Konferansı, İstanbul-Türkiye, 5(7).
- McAtamney, L., ve Corlett, E. N., (1993). RULA: A Survey Method for the Investigation of Work-Related Upper Limb Disorders. *Applied Ergonomics*. (24), 91-99.
- Öz, E., ve Çakmak, B. (2017). Tarım Makineleri Üreten Bir İşletmede İş Akışının Ergonomi ve İş Güvenliği Yönünden Değerlendirilmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5 (Ergonomi 2016), 275-282.
- Sağiroğlu, H., Coşkun, M.B. ve Erginel, N. (2015). REBA İle Bir Üretim Hattındaki İş İstasyonlarının Ergonomik Risk Analizi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3), 339-345. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jesd/issue/20874/224045>.
- TUİK (2022). Tarım istatistikleri, Türkiye İstatistik Kurumu.
<https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111>

EXTENDED ABSTRACT

Introduction and Research Questions & Purpose

Harvest is one of the most important stages of production in apple farming. In particular, the correct determination of the harvest time is extremely important in terms of production quality. Delayed or early harvest causes product losses and decreases yield. The use of machinery in the apple harvest increases the working efficiency by ensuring the occupational health and safety of the employees. Especially in the apple harvest, businesses often encounter difficulties in finding agricultural workers because the harvest period is in a short interval. The workers found may also have limited skills or experience in harvesting. Reasons such as the pressure of the employer and the greed of people for financial gain make it necessary for these workers to work hard in a short time.

REBA, RULA, OWAS and NIOSH methods are frequently preferred in the examination and evaluation of postures during work.

In the study, the data obtained from the images taken during the apple harvest in the 2020-2021 production periods and were processed in the computer. With the help of these data, ergonomic risks and the working postures of one of the employees in apple picking by machine in the enterprise were evaluated by using the REBA method.

Methodology

The REBA method used in the study allows ergonomic evaluation of all parts of the body and can numerically evaluate the risks caused by any posture disorder or activity. In the REBA method; a level is determined between 1 to 15 for processes that will tire the body such as stretching, reaching and loading that occur in the body and body components during work. For this purpose, the body components are divided into two parts at first. Body, neck, legs have been placed in the first group while upper and lower arms and wrists have been placed in the second group. The scores of the body components in the first group are determined, and a figure consisting of the combination of these scores is found in Table A. When the load/force score is added to this number, the A score is found.

In group B; the scores of the upper and lower arms and wrists are determined separately, and a figure consisting of the combination of these scores is found in Table B. When the grip score is added to this number, the B score is found. There is a C score from the combination of A and B scores in Table C. The REBA score is obtained by adding the activity score to the C score.

Results and Conclusions

In this research; It has been observed that those who harvest apples with the help of self-propelled picking machines are less tired than those who harvest with other methods. This reduces the fatigue of the employees relatively. In the study, the REBA score was calculated as 3 in the apple harvest with the help of machine. Harvesting with the help of machinery provided a relatively low value for the REBA Score. However, while apple picking is done with the help of the machine, it may be suggested that the employees rest with breaks in short time intervals and that the pickers collect at different stages. Shading systems should be added to the machine to protect the employees from the sun, and workers should be provided with work clothes, protective gloves and masks. In addition, employees should be reminded with warning signs that they are working on a moving machine, even at low speed. In future studies, clearer scores will be achieved when the postures of all the collectors working in the same group are taken into account.

Yazarların Biyografisi



Yusuf DİLAY

Lisans eğitimini 1991 yılında Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Mekanizasyon bölümünde, Yüksek Lisans Eğitimini 1996 yılında Doktora eğitimini ise 2005 yılında Selçuk Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Tarım Makineleri Anabilim Dalında tamamlamıştır. Halen Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Makine ve Metal Teknolojileri Bölümünde Öğretim Üyesi olarak görev yapmaktadır.

İletişim

ydilay@kmu.edu.tr

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0002-5365-5137>



Adem ÖZKAN

Lisans eğitimini 1989 yılında Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Mekanizasyon bölümünde, Yüksek Lisans Eğitimini 1996 yılında Selçuk Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Tarım Makineleri Anabilim Dalında tamamlamıştır. Halen Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Makine ve Metal Teknolojileri Bölümünde Öğretim Görevlisi olarak görev yapmaktadır.

İletişim

aozkan@kmu.edu.tr

ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0003-3043-0338>