



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**KUYRUK MİLİNDEN HAREKETLİ TEK
ETKİLİ DİSKLİ TIRMIĞIN TOPRAK İŞLEME
PERFORMANSININ BELİRLENMESİ**

Ergün ÇITIL

DOKTORA TEZİ

**Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği
Anabilim Dalı**

Ocak-2023
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Ergün ÇITIL tarafından hazırlanan “Kuyruk Milinden Hareketli Tek Etkili Diskli Tırmığın Toprak İşleme Performansının Belirlenmesi” adlı tez çalışması 31/01/2023 tarihin de aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT

Danışman

Prof. Dr. Tamer MARAKOĞLU

Üye

Prof. Dr. Kazım ÇARMAN

Üye

Prof. Dr. Recai GÜRHAN

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Yusuf DİLAY

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Sait GEZGİN
FBE Müdürü

Bu tez çalışması Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından: 21111002 numaralı proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Ergün ÇITIL

Tarih:

ÖZET

DOKTORA TEZİ

KUYRUK MİLİNDEN HAREKETLİ TEK ETKİLİ DİSKLİ TIRMIĞIN TOPRAK İŞLEME PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

Ergün ÇITIL

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Tamer MARAKOĞLU

2023, 101 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Tamer MARAKOĞLU

Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT

Prof. Dr. Kazım ÇARMAN

Prof. Dr. Recai GÜRHAN

Dr. Öğr. Üyesi Yusuf DİLAY

Bu çalışmanın amacı, tarımsal faaliyetlerin zamanında yapılması, en az sayıda geçişle toprak ve bitki kalıntılarını parçalanması, karıştırılması, traktörün motor gücünün daha etkin ve verimli kullanılmasını sağlamak için kuyruk milinden tahrikli tek etkili bir diskli tırmığın kullanımına yönelik uygun yapısal ve işletme özelliklerini belirlemektir.

Bu çalışmada; topraktan hareket alan tek etkili diskli tırmık ile kuyruk milinden hareketli tek etkili diskli tırmık, makineleri kullanılmıştır. Topraktan hareket alan tek etkili diskli tırmık, iki farklı disk çapı (610 mm ve 660 mm) ve üç farklı yön açısında (16° - 23° ve 30°), kuyruk milinden hareketli tek etkili diskli tırmık iki farklı disk çapı (610 mm ve 660 mm), üç farklı yön açısında (16° - 23° ve 30°) ve üç farklı disk devrinde (104.97-119.97 ve 143.96 min^{-1}) denemeler yapılmıştır. Uygulamalar sonucunda, toprağın nem muhafazasına, penetrasyon direncine, deformasyon alanına, toprağın ağırlıklı ortalama çapına, toprak işleme sonrası yüzey düzgünlüğüne, anızı parçalayıp gömme oranı ve anız miktarına, yakıt tüketimine, çeki kuvvetine ve çeki gücüne etkileri her iki makine için karşılaştırılmıştır. Ayrıca kuyruk milinden hareketli tek etkili diskli tırmığın, tork ihtiyacı belirlenmiştir.

Disk çapı ve yön açısı artışına bağlı olarak, kesme genişliği ile iş derinliğinin arttığı ve buna bağlı olarak deformasyon alanının arttığı tespit edilmiştir. Yön açısı arttıkça nem kaybı oranı artış göstermiş, uygulamalar arasında Y_1 uygulaması en düşük çalışma derinliği olduğundan nem kaybı en az olmuştur. Bütün uygulamalar içinde en düşük penetrasyon direnci 0-205 mm çalışma derinliği aralığında 0.39 MPa olarak $D_2N_3Y_3$ uygulamasından elde edilmiştir. Bütün uygulamalar içinde en düşük kesilme direnci 0.32 N cm^{-2} değeri ile $D_2N_3Y_3$ uygulamasında görülürken, bunu

sırasıyla 0.33 N cm^{-2} ile $D_1N_3Y_3$ ve 0.36 Ncm^{-2} $D_1N_2Y_3$ ve $D_2N_2Y_3$ uygulamaları takip etmiştir. Kesilme direncinin disk çapı ve yön açısı arttıkça, azaldığı görülmüştür. En yüksek yüzey düzgünsüzlük değerleri Y_1 yön açısının ayarlandığı uygulamalardan elde edilirken, en düşük yüzey düzgünsüzlükleri de Y_3 yön açısının ayarlandığı uygulamalardan elde edilmiştir. Ağırlıklı ortalama çap için yapılan elek analizlerinden sonra en düşük ağırlıklı ortalama çap değeri 2.05 mm ile $D_2N_2Y_3$ uygulamasından elde edilirken, en yüksek ağırlıklı ortalama çap değeri ise 4.70 mm ile D_1Y_1 uygulamasından elde edilmiştir. Kuyruk milinden hareketini alan diskli tırmık uygulamaları içinde en az anız miktarı, 20.67 g m^{-2} , 22.67 g m^{-2} ve 25.33 g m^{-2} olarak sırayla $D_1N_3Y_3$, $D_1N_3Y_2$ ve $D_2N_3Y_3$ uygulamalarından elde edilmiştir. En yüksek anız gömülme oranı, $D_1N_3Y_3$, $D_1N_3Y_2$ ve $D_1N_2Y_3$ uygulamalarından sırayla %87.30, %86.07 ve %84.02 olarak tesbit edilmiştir.

Uygulamalar arasında en düşük u/v oranı 3.03 ile $D_1N_1Y_1$ elde edilirken, en yüksek u/v oranı ise 4.63 ile $D_2N_3Y_3$ uygulamasından, en düşük patinaj oranı %3.17 ile $D_1N_3Y_1$ uygulamasından, en yüksek patinaj oranı ise %11.99 ile D_2Y_3 uygulamasından elde edilmiştir. En az çeki kuvveti $D_1N_1Y_1$, $D_2N_1Y_1$ ve $D_1N_1Y_2$ uygulamalarında sırayla, 0.43 kN , 0.57 kN ve 0.85 kN olarak bulunmuştur. Kuyruk milinden hareketli diskli tırmığın D_1 çapındaki tork değerleri 411.34 Nm ve 710.72 Nm arasında, D_2 çapındaki tork değerleri ise 510.94 Nm ve 742.33 Nm arasında tespit edilmiştir. Kuyruk milinden hareketli makineye ait yakıt tüketimleri D_1 çaplı disk uygulamaları için $8.10 - 11.70 \text{ l h}^{-1}$ arasında, D_2 çaplı disk uygulamaları için ise $9.38 - 13.69 \text{ l h}^{-1}$ arasında bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Anız Gömülme Oranı, Deformasyon Alanı, Çeki Kuvveti, Tork, Yakıt Tüketimi, Yön Açısı

ABSTRACT

DOCTORAL THESIS

DETERMINATION OF PTO POWERED SINGLE ACTING DISC HARROW OF SOIL TILLAGE PERFORMANCE

Ergün ÇITIL

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE
OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY
IN AGRICULTURAL MACHINERY AND TECHNOLOGIES ENGINEERING

Advisor: Prof. Dr. Tamer MARAKOĞLU

2023, 101 Pages

Jury

Prof. Dr. Tamer MARAKOĞLU
Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT
Prof. Dr. Kazım ÇARMAN
Prof. Dr. Recai GÜRHAN
Dr. Öğr. Üyesi Yusuf DİLAY

The aim of this study is to determine the appropriate structural and operational features for the use of a single-acting disc harrow driven by the PTO in order to carry out agricultural activities on time, to break up and mix soil and plant residues with the least number of passes, and to use the engine power of the tractor more effectively and efficiently.

In this study; Single-acting disc harrow moving from the soil and single-acting disc harrow moving from the PTO were used. Single-acting disc harrow driven by the soil, two different disc diameters (610 mm and 660 mm) and three different direction angles (16° - 23° and 30°), single-acting disc harrow driven by the PTO, two different disc diameters (610 mm and 660 mm) Trials were made at three different directional angles (16° - 23° and 30°) and three different disc speeds (104.97 - 119.97 and 143.96 min⁻¹). As a result of the applications, the effects of soil moisture retention, penetration resistance, deformation area, weighted average diameter of the soil, surface unevenness after tillage, stubble breaking rate and amount of stubble, fuel consumption, draft force and draft power were compared for both machines. In addition, the torque requirement of the single-acting disc harrow driven from the PTO was determined.

It was determined that the cutting width and working depth increased depending on the increase in disc diameter and direction angle, and accordingly the deformation area increased. As the angle of direction increased, the moisture loss rate increased, and since the Y_1 application was the lowest working depth among the applications, the moisture loss was the least. The lowest penetration resistance among all applications was obtained from $D_2 N_3 Y_3$ application as 0.39 MPa in the range of 0-205 mm working depth. Among all applications, the lowest cut resistance was observed in the $D_2 N_3 Y_3$ application with a value of 0.32 N cm⁻², followed by 0.33 N cm⁻² with $D_1 N_3 Y_3$ and 0.36 N cm⁻² $D_1 N_2 Y_3$ and $D_2 N_2 Y_3$ applications, respectively. It was observed that the shear resistance decreased as the disc diameter and directional angle increased. While the highest surface roughness values were obtained from the applications where the Y_1 direction angle was adjusted, the lowest surface roughness values were obtained from the applications where the Y_3 direction angle was adjusted. After the sieve analyzes for the weighted average diameter, the lowest weighted average diameter value was obtained from the $D_2 N_2 Y_3$ application with 2.05 mm, while the highest weighted average diameter value was obtained from the $D_1 Y_1$ application with 4.70 mm. The least amount of stubble was obtained from the $D_1 N_3 Y_3$, $D_1 N_3 Y_2$ and $D_2 N_3 Y_3$ applications as 20.67 g m⁻²,

22.67 g m⁻² and 25.33 g m⁻², respectively, among the disc harrow applications that are driven by the power take-off shaft. The highest stubble burial rate was determined as 87.30%, 86.07% and 84.02% in D₁N₃Y₃, D₁N₃Y₂ and D₁N₂Y₃ applications, respectively.

D₁N₁Y₁ had the lowest u/v ratio with 3.03, the highest u/v ratio was obtained from D₂N₃Y₃ with 4.63, the lowest skid rate was obtained from D₁N₃Y₁ with 3.17%, and the highest skid rate was obtained from D₂Y₃ with 11.99%. The minimum drawbar force was found to be 0.43 kN, 0.57 kN and 0.85 kN in D₁N₁Y₁, D₂N₁Y₁ and D₁N₁Y₂ applications, respectively. The torque values of the disc harrow driven from the PTO were determined between 411.34 Nm and 710.72 Nm in diameter D₁ and torque values between 510.94 Nm and 742.33 Nm in D₂ diameter. The fuel consumption of the PTO driven machine was found to be between 8.10 – 11.70 l h⁻¹ for D₁ diameter disc applications, and 9.38 – 13.69 l h⁻¹ for D₂ diameter disc applications.

Keywords: Stubble Embedding Rate, Deformation Area, Draft Force, Torque, Fuel Consumption, Angle of Direction



ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının konusunun belirlenmesi, yürütülmesi, biçimlendirilerek sonuçlandırılmasında bilgi birikiminin yanı sıra deneyimleri ile bana yol gösteren, katkı ve görüşlerini esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Tamer MARAKOĞLU'na araştırmaya 21111002 no'lu proje ile destek veren Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne, araştırma ve denemelerimizde her konuda yardımlarını esirgemeyen, Öğr. Gör. Hasan KIRILMAZ'a, Öğr. Gör. Mehmet KURT'a, toprak analizlerini gerçekleştiren Uzm. Dr. Hamza NEGİŞ'e, arazi denemeleri ve analiz süreçlerinde bana yardımlarını esirgemeyen sayın Doç. Dr. Şerafettin EKİNCİ ve bu günlere gelmemde çok önemli rolü olan ve maddi manevi desteklerini esirgemeyen aileme, bu süreçte her anımda yanımda yer alan değerli eşim Ziraat Mühendisi Şehnaz ÇİTİL, çocuklarım Azizhan, Kerem Musab ve Buğlem'e bana gösterdikleri sabır, anlayış, hoşgörü ve destek için teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ergün ÇİTİL
KONYA-2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
ÖNSÖZ	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Diskli Tırmıklar	3
1.2. Araştırmanın Önemi ve Amacı.....	6
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	8
2.1. Deformasyon Alanı İle İlgili Çalışmalar	8
2.2. Toprak Nemi İle İlgili Çalışmalar	10
2.3. Toprak Penetrasyon Direnci İle İlgili Çalışmalar.....	11
2.4. Toprak Kesilme Direnci İle İlgili Çalışmalar	13
2.5. Tarla Yüzey Düzgünsüzlüğü İle İlgili Çalışmalar.....	14
2.6. Ağırlıklı Ortalama Çap (AOÇ) İle İlgili Çalışmalar	16
2.7. Anız Miktarı ve Anız Yoğunluğu İle İlgili Çalışmalar	17
2.8. Çalışma Hızı ve Patinaj İle İlgili Çalışmalar.....	20
2.9. Çeki Kuvveti ve Çeki Gücü Tüketimi İle İlgili Çalışmalar.....	20
2.10. Kuyruk Mili Tork Gereksinimi İle İlgili Çalışmalar	24
2.11. Yakıt Tüketimi İle İlgili Çalışmalar	25
3. MATERYAL VE YÖNTEM	28
3.1. Materyal.....	28
3.1.1. Denemelerde Kullanılan Traktör	28
3.1.2. Denemelerde Kullanılan Kuyruk Milinden Hareketli Tek Etkili Diskli Tırmık.....	28
3.2. Deneme alanı toprak özellikler	31
3.3.1. Deformasyon Alanının Belirlenmesi	32
3.3.2. Toprak Nem Ölçüm Cihazı	32
3.3.3. Penetrometre	33
3.3.4. Profilmetre	33
3.3.5. Kanatlı Kesme Aleti.....	34
3.3.6. Toprağın Ağırlıklı Ortalama Çap (AOÇ).....	34
3.3.7. Çerçeve.....	35
3.3.8. Çalışma Hızı ve Patinaj ölçümü.....	35
3.3.9. Çeki Kuvveti Ölçüm Cihazı.....	35
3.3.10 Torkmetre ve Takometre.....	36
3.3.11. Yakıt Ölçer	36
3.4. Yöntem	37
3.4.1. Deformasyon alanının belirlenmesi	37
3.4.2. Toprak Nem Ölçümü	38
3.4.3. Toprak Penetrasyonunun Ölçümü.....	38
3.4.4. Toprak Kesilme Direncinin Ölçülmesi	39

3.4.5. Yüzey Profil Düzensüzlüğünün Belirlenmesi.....	40
3.4.6. Toprağın Ağırlıklı Ortalama Çapının Belirlenmesi	40
3.4.7. Anız Miktarının ve Yoğunluğunun Belirlenmesi.....	41
3.4.8. Çalışma Hızı ve Patinajın Belirlenmesi	42
3.4.9. Çeki Direnci Gereksiniminin Ölçülmesi.....	42
3.4.10. Tork Ölçümü	43
3.4.11. Yakıt Tüketimi ölçümü	44
3.5. Denemelerin Düzenlenmesi	44
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	46
4.1. Deformasyon Alanı	46
4.2. Toprak işleme derinliği	47
4.3. Nem Ölçümleri	49
4.4. Penetrasyon Direnci	51
4.5. Kesilme Direnci.....	53
4.6. Yüzey Profil Düzensüzlüğü	55
4.7. Ağırlıklı Ortalama Çap	57
4.8. Anız Miktarı ve Gömülme Oranı	61
4.9. Çalışma Hızı ve Patinaj	64
4.10. Çeki Kuvveti İhtiyacı ve Çeki Gücü İhtiyacı	67
4.11. Tork Ölçüm Sonuçları ve Kuyruk Mili Güç İhtiyacı	70
4.12. Yakıt Tüketimi	72
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	76
5.1. Sonuçlar.....	76
5.2. Öneriler.....	80
KAYNAKLAR	82
ÖZGEÇMİŞ.....	90

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

u	: Disk çevre hızı ($m s^{-1}$)
v	: Traktör gerçek ilerleme hızı ($m s^{-1}$)
CI	: Penetrasyon direnci (MPa)
AOÇ	: Ağırlıklı Ortalama Çap (mm)
PTO	: Kuyruk mili devri (min^{-1})
τ	: Toprağın kesilme direnci ($N cm^{-2}$)
T	: Maksimum dönme momenti (Ncm)
d	: Kanatlı kesici aletin çapı (cm)
H	: Kanat yüksekliği (cm)
R	: Tarlanın yüzey düzgünsüzlüğü (%)
S	: Ölçülen değerlerin standart sapmasıdır
Xi	: Elekte ayrılan i. agregatların herhangi bir parçacık boyut grubunun ortalama çapı (mm)
Wi	: Analiz edilen toplam kuru ağırlığının i. boyut grubundaki agregatlarının ağırlığı (g)
F	: Anız gömülme oranı (%)
A	: Toprak işlemeden önceki anız miktarı (g)
B	: Toprak işlemeden sonraki anız miktarı (g)
Vt	: Traktör teorik hızı ($m s^{-1}$)
L	: Jalonlar arasındaki mesafe (m)
t	: Jalonlar arasındaki mesafenin alınmasında geçen süre (s)
D	: Tekerlek çapı (m)
n	: Tekerlek devir sayısı (min^{-1})
S	: Patinaj oranı (%)

Kısaltmalar

D ₁	: 610 mm çaplı disk
D ₂	: 660 mm çaplı disk
N ₁	: 1.Disk devir sayısı ($104,97 min^{-1}$)
N ₂	: 2.Disk devir sayısı ($119,97 min^{-1}$)
N ₃	: 3.Disk devir sayısı ($143,96 min^{-1}$)
Y ₁	: Yön açısı 16^0
Y ₂	: Yön açısı 23^0
Y ₃	: Yön açısı 30^0

1. GİRİŞ

Toprak, her zaman gelişmekte olan teknolojik uygulamalara olanak sağlaması ve bitkisel üretimde, bitkinin gelişmesini sağlayan ideal koşulları oluşturması nedeniyle önemi oldukça büyüktür. Toprağın verimliliğini sağlayan özelliklerinin korunması ve iyileştirilmesi için toprağa fiziksel ve mekanik yönde etki eden çeşitli tarım alet ve makineleri ile işlenmektedir. Makine ya da aletin toprağa direkt etkisi yanında, toprakta bulunan canlılar ve verimliğe olan dolaylı etkisi ihmal edilmemelidir. Bu nedenle toprak, bitki ve çevre üzerinde uzun sürecek etkileri ile makine ve alet seçiminde bu konular önemli bir rol oynayacaktır (Keçecioğlu ve Gülsoylu, 2002).

Tarımsal üretimde makine kullanımı her geçen gün daha da artmaktadır. Bu artışın nedeni, gelişen teknolojinin etkisinin tarım makinelerinde olumlu gelişmelere yol açmasından kaynaklandığı söylenebilir. Günümüz çiftçisi daha az zamanda, daha fazla üretim yapmaya olanak sağlayacak tek yolun, tarımda daha etkili ve gelişmiş makinelerin daha az maliyet ile kullanılması sonucu gerçekleşebileceğinin farkına varmıştır.

Bitkisel üretimde tüketilen enerjinin önemli bir bölümü toprak işleme yapılırken kullanılmaktadır. Tarımsal işletmelerin öncelikli hedefi, diğer işletmelerde olduğu gibi en az maliyet ile en fazla gelir elde etmektir (Karaağaç ve Barut, 2009).

Tarımsal üretim içinde temel enerji girdilerinden biri, toprak işlemedir ve aynı zamanda tarımsal üretimde ilk işlemdir, bu işlemin kaliteli yapılması, bitkinin yaşamında önemli bir etkiye sahiptir (Belel ve Dahab, 1997).

Hasattan sonra yapılan ilk işlem toprak işlemedir bu nedenle tarım tekniğinin gerektirdiği şartları sağlayarak yapılan kaliteli bir toprak işleme yapılacak diğer işlemlerinde kaliteli yapılması da önemli rol oynar.

Üretimi yapılan bitkilerin tarım tekniği açısından birbirinden farklı istekleri olduğundan dolayı bütün mekanizasyon işlemlerinde en uygun yöntemin saptanarak işlemlerin yapılması gereken zamanda yapılması sağlanmalıdır.

Genel olarak toprak işleminin amacı, toprağı toz haline getirmeden parçalayarak bitkisel toprak tabakasında furda bünye oluşturmak ve bu bölgedeki yabancı otları yok etmektir. Böylece toprağın kabarması, havalanması ve her türlü organik maddelerin çürümesi sağlanarak toprağı verimli kılan fiziksel, kimyasal ve biyolojik olaylar için gerekli koşullar sağlanmış olur.

Toprak işleme yöntemleri ve bu yöntemlerde kullanılan makinalar

1. Toprağın şeritler halinde kesilip devrilmesi (pulluklar)
2. Toprağın devrilmeden kabartılması (kültivatör, tırmıklar...)
3. Toprağın karıştırılarak işlenmesi (toprak frezesi)
4. Toprağın bastırılması (merdane)

Toprak işleme de istenilen amaca ulaşmak için yapılan farklı birçok toprak işleme yöntemi vardır. Bu işlemlerin asıl amacı, toprağın türüne ve mevcut şartlara göre toprağın fiziksel özelliklerini geliştirmektir. Bundan dolayı bu şartlara uygun bir toprak işleme uygulamasının seçilmesi, maliyet azaltmada ve toprak sıkışması gibi istenmeyen etkileri olan uygulamaların kullanımının azaltılmasının yanı sıra, toprağın verimliliğinin korunması da temel etmenlerden biridir (Al-Hashem, 2004).

Toprak işleme, geleneksel toprak işlemeden, koruyucu toprak işlemeye doğru yönelme göstermesi nedeniyle, bitki kalıntılarını parçalayıp toprağa karıştırıp gömmek için daha fazla avantajlı uygulamalara gereksinim duyulmaktadır.

Kuyruk milinden hareketli makineler ile ekim makinelerinin kombinasyon olarak kullanımları, azaltılmış toprak işleme yöntemleri içinde önem kazanmaya başlamıştır.

Toprak işlemede, son yıllarda diskli tırmıklar tohum yatağı hazırlamakla birlikte anız bozma işleminde de kullanılmaktadır. Toprak işlemede, iş genişliklerinin fazla olmasından dolayı ağır diskli tırmık kullanımının, çiftçilerimiz tarafından daha çok tercih edilmesinin sebebi, zaman ve yakıt tasarrufu sağlanmasıdır.

Toprak işleme diskinin harici bir güçle, genellikle, kuyruk mili ile tahrik edilmesi toprak kuvvetlerinin azaltılması, performansın artması ve daha da önemlisi daha iyi enerji kullanımı açısından serbest dönen diske göre çeşitli avantajlar sağlar (Young, 1976; Hoki ve ark., 1988; Salokhe ve ark., 1994; Salokhe ve Quang, 1995; Hann ve Giessibl, 1998; Nalavade ve ark., 2010).

Nalavade ve ark. (2011b), toprak işleme de bitki kalıntılarının daha iyi değerlendirilmesi için kuyruk milinden hareketli diskli aletlerin önemini ve bunun koruyucu toprak işlemedeki potansiyelini belirlemiştir.

Toprak işleme, sonrasında yapılacak bütün tarımsal işlemlere ve verime etkilidir. Bu nedenle üretimi yapılacak ürünün agroteknik isteklerine uygun toprak koşullarının hazırlanması ve en ideal toprak işleme yöntemini seçilmesi önemlidir.

Toprak işleme, toprağı gevşetmek, parçalamak, kesekleri parçalamak, kaymak tabakasını kırmak, tohum yatağını bastırmak, anızı ve bitki artıklarını toprakla karıştırmak ve gömmek, toprağın daha fazla su emmesini su tutma kapasitesini artırmak ve depolamasını sağlamak, gübre ve diğer maddeleri toprağı karıştırmak gibi ikinci derecede görevleri de yerine getirir. Bu işlemlerin yapılabilmesi için özel bir konstrüksiyona sahip toprak işleme makinasına ihtiyaç duyulabilir (Keçecioglu ve Gülsoylu, 2002).

1.1. Diskli Tırmıklar

Diskli tırmıklar pulluktan sonra ikileme için kullanıldığı gibi, anız bozma işleminde de kullanılabilen, diskleri toprakta dönerek çalışan, toprağı daha çok parçalayıp karıştıran, asılır ve çekilir tipleri bulunan ve disklerin durum açısı sıfır olan bir toprak işleme ekipmanıdır.

Diskli tırmıklar, kenarları düz veya kертikli içbükey disklerin bir mil üzerine, aralarında belirli mesafeler olacak şekilde bağlanarak, ayarlanabilir bir şekilde çatıya yataklandırılmış disk gruplarından oluşur. Bu disk gruplarının her birine batarya adı verilmektedir. Diskli tırmıklarda bataryaların konumunun değiştirilmesi ile yön açısı ayarlanır.

Uygulamada diskli tırmıklar tek etkili ve çift etkili diskli tırmıklar olmak üzere iki grupta incelenir. Tek etkili tırmıklarda toprak aynı anda bir kez işlenirken, çift etkili tırmıklarda iki kere işlenmektedir. Tek etkili diskli tırmıklar tek sıralı olarak tasarlanmışlardır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Tek Etkili Diskli Tırmık

Çift etkili diskli tırmıklarda iki ya da dört adet bataryaya bulunmaktadır. İki bataryalı çift etkili tırmıklara V tipi tırmık ya da ofset tırmıklar(Şekil 1.2), dört bataryalı çift etkili tırmıklara ise tandem tırmık (Şekil 1.3) adı verilir. Çift etkili tırmıklarda dengeli çalışmak için ön ve arkadaki bataryalarda bulunan disklerin yönleri birbirine göre ters yönlerde dizilirler. Ülkemizde en yaygın olarak kullanılan diskli tırmıklar çift etkili diskli tırmıklardır.



Şekil 1.2. Çift Etkili Ofset Diskli Tırmık



Şekil 1.3. Çift Etkili Tandem Diskli Tırmık

Diskli tırmıklar çalışma sırasında kendiliğinden döndüğünden tıkanma sorunları yoktur. Çalışma derinlikleri, ilave ağırlıklar konularak ile artırılır. Bu nedenle diskli tırmık çatıları üzerlerine ek ağırlık ilave edilecek şekilde yapılmaktadır.

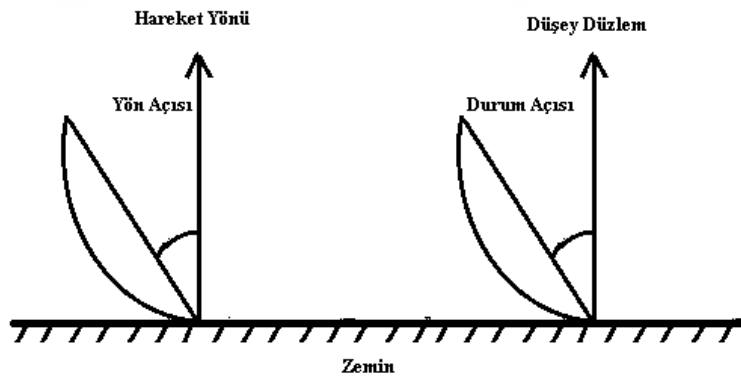
Diskli tırmığın iş derinliği disklerin çapına, yön açısına ve ekipmanın ağırlığına bağlıdır. Yön açısı büyüdükçe, iş derinliği artar. Yön açısının büyümesi karıştırma ve parçalama etkisinin artmasına, küçülmesi ise kesme etkisinin artmasına neden olur. Diskli tırmığın toprağa olan etkisi, tırmığın ayar durumuna göre parçalama, karıştırma ve kesme, şeklinde olur. Ağır topraklarda çok geniş nem düzeylerinde çalışabilen diskli

tırmık genel olarak anız bozma, kaymak kırma, mineral ve organik gübreleri kapatma, sap ve yeşil gübrenin toprağa gömülmesi gibi işlerde kullanılır.

Tarımsal faaliyetleri gerçekleştirirken kullanılan tarım makineleri içinde, diskli toprak işleme makinelerinin önemli bir yeri vardır. Yapılarının basit olması, yüksek verimlilik, bitki artıklarından kaynaklı oluşabilecek tıkanma durumunun az olması, dönerek çalıştığı için taş ve benzeri engellerin kolay aşılması, disklerin nispeten düşük aşınması, yüzey işleme özelliği gibi avantajlardan dolayı diskli toprak işleme makineleri tercih edilir. Ayrıca bazı durumlarda sadece diskli toprak işleme makineleri ile toprak işleme yapılabilir (Javadi ve Hajiahmad, 2006; Aikins ve Afuakwa, 2010).

Diskli tırmıklar pulluktan önce veya sonra kullanılabilir. Toprağın pulluktan önce diskli tırmıkla sürülmesi durumunda bir önceki üründen kalan anız artıkları parçalanır ve pulluğun kesip devireceği toprak şeridinin, hava boşluğu kalmadan, çizi tabanına daha iyi oturması sağlanır (Mutaf, 1984).

Standart bir diskli tırmık da durum açısı yoktur. Daha çok disklere verilen yön açısı ile toprağın kesilmesi sağlanmakta ve azda olsa devrilmektedir. Kuyruk milinden hareketli tek etkili diskli tırmıklar da bir mil üzerine belirli aralıklarla ve sabit bir yön açısı ile bağlanmaktadır. Disk yön açısı, disk hareket düzlemiyle diskin keskin kenarından geçen düzlem arasında kalan açıdır (Şekil 1.4). Yön açısının ayarlanması ile diskin kesme genişliği ayarlanabilmektedir. Disk yön açısı azaldığında tam devirme yapamaz, büyük olursa iş genişliğinin artmasına ve fazla çeki gücüne ihtiyaç duyulur (Afify ve ark., 1998).



Şekil 1.4. Diskli tırmık yön ve durum açıları

Son yıllarda her bir diski makine çatısı üzerine ayrı ayrı yataklandırılmış diskli tırmıklar (goble) anız bozma işlemi için yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bireysel yataklandırılmış bu goble (Şekil 1.5) diskli tırmık, merdane veya döner tırmık ile kombinasyon olarak kullanılması toprağın daha iyi parçalanıp düzeltilmesini ve iş derinliğinin ayarlanmasını sağlamaktadır (Munsuz, 1985).



Şekil 1.5. Bireysel yataklandırılmış diskli tırmık

Diskli tırmık, genellikle azaltılmış veya minimum toprak işleme uygulamaları için önemli bir araç olarak kabul edilir (Shrestha, 2004).

Diskli toprak işleme makinelerinde diskler, toprakta karmaşık bir hareket gerçekleştirir. Diskler, kulaklı pulluk gövdelerinin aksine, makine ile birlikte ötelemeli olarak hareket etmekle kalmaz, aynı zamanda eksenleri etrafındaki tepkime kuvvetlerin etkisi altında da döner. Dönme hareketi, toprak kütesinin diskin çalışma yüzeyindeki ve ötesindeki hareket yörüngesini değiştirir, ayrıca disk çalışma gövdelerinin kesici kenarı ile toprağı kesme düzenini de etkiler. Sonuçta bu, toprak tabakası tarafından diskin çalışma yüzeyindeki tepkime kuvvetlerinin büyüklüğüne ve yönüne etki eder. Diskli makineler ile toprak işleme sırasında toprak savrulur ve kısmen karıştırılır (Ryzhkov ve ark., 2021).

1.2. Araştırmanın Önemi ve Amacı

Kuyruk milinden hareketli tek etkili diskli tırmıkta durum açısı bulunmamaktadır. Daha çok disklere verilen yön açısı ile toprak kesilmekte ve kısmen devrilmektedir. Kuyruk milinden hareketli diskli tırmıklar batarya düzeninde yataklandırılmış olup çatıya belirli bir yön açısı ile bağlanmaktadır.

Kuyruk milinden hareketli tek etkili diskli tırmık ve topraktan hareket alan tek etkili diskli tırmık kıyaslaması yapılan tarla çalışması çok azdır.

Ülkemizde bu konu ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamış, dünyada da çok az sayıda çalışma yapılmış ve bunların çoğunluğunu da toprak kanallarında yapılan çalışmalar oluşturmaktadır. Yukarıdaki gerekçelere dayanarak; tarımsal faaliyetlerin zamanında yapılmasına, minimum sayıda geçişle daha iyi toprak ve bitki kalıntılarını parçalayıp karıştırmak ve traktörün motor gücünün daha iyi kullanılmasına yardımcı olmak için, kuyruk milinden tahrikli tek etkili bir diskli tırmığın kullanımının yaygınlaştırılması sürdürülebilir tarım açısından da önem arz etmektedir.

Diskli toprak işleme makinelerinin toprağı parçalama etkinliği çalışma hızı ile doğru orantılıdır. Çalışma hızının artması, disklerin çevre hızını artırdığından dolayı toprağı parçalama etkinliğini de artırmaktadır. Düşük çalışma hızlarında toprağın parçalanma etkinliğinin artırılması için, disklerin kuyruk milinden tahrik edilerek, çevresel hızlarının artırılması gerekir. Pullukla sürüm sonrası yüzeye çıkan keseklerin parçalanmasında ikileme işlemi yetersiz kalmakta ve çoğu zaman üçleme yapılmaktadır. Fazladan yapılan işlemler ekimi yapılacak olan ürünün yakıt, işgücü, makine gibi enerji girdilerini ve dolayısıyla ürünün birim başına düşen maliyetini artırmaktadır.

Kuyruk milinden hareketli diskli toprak işleme makineleri ile yapılan araştırmaların çoğu, tek disk kullanılarak yapılan ve toprak kanalında yapılmış çalışmalarına dayanmaktadır. Hareketini topraktan alan ve kuyruk milinden hareketli diskli toprak işleme alet ve makinelerinin karşılaştırmalı tarla performansı ile ilgili çok sınırlı bilgi bulunmaktadır. Kuyruk milinden hareketli tek etkili diskli tırmığın tarla şartlarındaki toprak işleme performanslarının belirlenmesi için hareketini topraktan alan tek etkili diskli tırmık ile karşılaştırmasının karşılaştırılmasının yapılması önemli olduğu düşünülmüştür. Bundan dolayı bu çalışmada kuyruk milinden hareketli tek etkili diskli tırmığın ve hareketini topraktan alan tek etkili diskli tırmığın tarla şartlarındaki toprak işleme performanslarının belirlenerek karşılaştırmalarının yapılması amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Deformasyon Alanı İle İlgili Çalışmalar

Keçecioğlu ve Gülsoylu (2002), diskli tırmıkların çizi tabanı kulaklı pullukların çizi tabanı gibi düz olmadığını, diskli tırmıkların çizi tabanında sırt ve oluklar meydana getirdiklerini ifade etmişlerdir. Oluşan sırtların yüksekliğine disklerin çapı, açıları, iş derinliği ve diskler arasındaki mesafe etkilidir. Diskin toprakla temas alanının büyüklüğüne özellikle disk açısı ve disk in iş derinliği önemli miktarda etki eder. Disklerin bataryalara dizilerek çalışılması disklerin kavradığı toprak alanlarının birbiri ile örtüşmesini sağlar. Ayrıca disk üzerinde hareketli haldeki toprak şeridinin hareket yörüngesinin belirlenmesi teorikte zordur. Diskin yüzeyi analitik bakımdan tanımlanabilir ancak kesilen toprak şeridinin hareket yörüngesini dönmekte olan bir disk üzerinde tespit etmek imkânsızdır. Ancak dönen bir disk ve dönmeyen bir diskle toprak şeridinin devrilmesindeki fark belirlenebilir. Fakat şu konu unutulmamalıdır ki, disk in dönüyor olması disk üzerinde toprak şeridinin hareketine etkisi büyük değildir. Bundan dolayıdır ki toprak şeridinin hareketinin, hareketsiz disk üzerinde bulunan izlerin dikkate alınması yeterlidir.

Çelik ve Malaslı (2016), çizi derinliği ortalama değerlerine göre, disk yön açısı arttıkça çizi derinliğinin de arttığı tespit edilmiştir. Yön açısı 0° iken 34.5 mm olan çizi derinliği, 20° yön açısında artarak, 54.7 mm'ye çıkmıştır. Çizi genişliği ortalamalarına yönelik yapılan değerlendirmede, beklendiği gibi yön açısı arttıkça çizi genişliği de artmıştır. 0° yön açısında 41.8 mm olan çizi genişliği 20° yön açısında yaklaşık üç kat artışla 148.8 mm'ye çıkmıştır. En büyük çizi kesit alanı 20° yön açısı ve 0° durum açısında 6099.8 mm^2 ve en küçük çizi kesit alanı ise 0° yön açısı ve 10° durum açısı kombinasyonunda 710.2 mm^2 olarak elde edilmiştir. 0° yön açısında gömülen anız miktarı 13.7 g ve anız gömülme derinliği 36.8 mm iken, 20° yön açısında gömülen anız miktarı 0.8 g ve anız gömülme derinliği 11.4 mm olarak gerçekleşmiştir. Minimum çizi derinliği 0° yön açısında, maksimum çizi derinliği ise 20° yön açısında tespit edilmiştir. Daha büyük yön açılarında çizi genişliği ve toprak kabarması dikkat çekici bir şekilde büyürken, ideal çizi derinliğine daha yakın değerlere ulaşılmıştır.

Nalavade ve ark. (2010), toprak işleme diskini harici bir güçle çalıştırmak, toprak hacminin işlenmesi üzerinde ve dolayısıyla diske etki eden kuvvetler üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Serbest dönen disk, toprağı düzgün bir şekilde

işleyememektedir. Ön diskte toprak yığılmasına neden oldu, bu da toprak kırılma modelini ve toprağın parçalanmasını önemli ölçüde etkilemiştir. Harici güçle çalıştırılan diskler toprak hacminin yana doğru düzgün bir şekilde yer değiştirmesini sağladı ve parsel uzunluğu boyunca tek tip toprak kırılma modelini sürdürdü. Ayrıca, toprağın parçalanmasını iyileştirdi ve serbest dönen diske göre daha yüksek tork değerleri göstermiştir. Bununla birlikte, farklı hızlara sahip tahrik diski, dikey zemin reaksiyonu dışında diske etkileyen kuvvetler üzerinde önemli bir etki göstermemiştir. Disk hızı, disk açısı, serbest dönen diskin ve güçlendirilmiş diskin tüm kuvvetleri üzerinde doğrudan etkili olmuştur. Kısacası, disk açısındaki artış, işlenecek toprağın hacmini artırır ve bu da daha yüksek toprak reaksiyon değerlerine neden olur. Son olarak, çeki gücü tüketiminde azalma, enerji kullanımı ve kolay toprak hacmi işleme ve yana doğru yer değiştirme açısından harici güçle çalıştırılan diskin, serbest dönen toprak işleme diskine göre avantajlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte, traktör gücünün enerji kullanımı üzerindeki gerçek etkisini anlamak için harici bir güçle çalıştırılan disk uygulamalarının tarla performans çalışmalarının yapılması önerilmektedir.

Wan ve ark. (2017), hidrolik tahrikli diskaro ve pasif diskaronun toprağı kesmesi bakımından karşılaştırıldığında, hidrolik tahrikli diskaronun daha büyük miktarda toprak attığını, sürme derinliğinin daha derin olduğunu ve toprağın daha etkili işlendiğini ayrıca iyi fırlatma etkisinin sonraki yapılacak tarımsal çalışmalar için daha elverişli olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca çalışma açısının değeri, diskaro bıçağının yüzeyi ile toprak arasındaki temas alanını doğrudan etkilediğini ve uygun yön açısının seçilmesi, diskin toprağı girmesine yardımcı olduğunu, böylece toprağın yükselmesini kolaylaştırdığını ve dönme kabiliyetini arttırdığını bildirmişlerdir.

Nalavade ve ark. (2013), harici güçle çalıştırılan disklerin, diskli tırmığın tarla çalışması sırasında, artan çalışma genişliği ve derinliği açısından etkili olduğu görülmüştür. İlgili çalışma hızlarında, kuyruk milinden hareketli diskli tırmık, hareketini topraktan alan diskli tırmıktan önemli ölçüde daha yüksek çalışma derinlikleri elde edilmiştir. Ayrıca, çalışma hızlarında, kuyruk milinden hareketli diskli tırmık, hareketini topraktan alan diskli tırmıktan daha yüksek çalışma genişlikleri sağlamış olmasına rağmen istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır. Öte yandan hem kuyruk milinden hareketli hem de hareketini topraktan alan ve daha yüksek ilerleme hızında çalıştırılan diskli tırmıklarda, daha yüksek iş derinliği elde edilmedi; daha yüksek ileri hızlarda olduğu gibi, traktör diskli tırmığı hızlı bir şekilde sürükledi ve diskin toprağı nüfuz etmesi için yeterli zamanı sağlamadığını bildirmişlerdir.

2.2. Toprak Nemi İle İlgili Çalışmalar

Bulut ve Altuntaş (2014) e göre, genel olarak 15-30 cm toprak iş derinliklerinde tüm toprak işleme yöntemlerindeki toprak nem içeriği değerlerinin, 0-15 cm toprak derinliğindeki nem içeriğine göre daha yüksek değerler vermiştir. Çalışmada, farklı toprak işleme yöntemlerinin toprak nemi ölçüm zamanlarının nem içeriği değerlerine etkili olduğunu belirtmişler ve genel olarak 15-30 cm toprak derinliğinde, 0-15 cm toprak derinliğine göre toprak nem içeriği %13 oranında daha yüksek bulunduğunu bildirmişlerdir.

Karaağaç ve Barut (2009), bantvari toprak işleme yöntemi hariç, diğer tüm yöntemlerde toprak profil derinliği arttıkça toprak nem içeriğinin artış gösterdiğini açıklamaktadır.

Kolay (2007), farklı toprak işleme yöntemlerinin içerisinde toprak nem içeriği değerlerinin en yüksek anıza ekim yönteminden, bu derinlikteki en düşük nem içeriğinin ise pulluk+diskli tırmık uygulamasını içeren geleneksel toprak işleme yönteminden elde edildiğini açıklamaktadır.

Çetin ve Gürhan (2005), yaptıkları bir çalışmada, 0-10 cm derinlikte ölçülen toprağın tüm fiziksel özelliklerine ait minimum değerlerin rotatiller kullanılarak elde edildiğini tespit etmiştir. 10-20 cm derinlikte ise rotatiflerin uygulandığı parselde bir değişiklik olmadığı ve çizel+diskli tırmığın kullanıldığı parselde nemin daha iyi korunduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca toprak işleme uygulamalarına bağlı olarak 0-10 cm derinlikte ölçülen gravimetrik nem içeriği değerleri % 5.83-% 6.93, 10-20 cm derinlikte ise % 7.65-% 12.34, arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Gravimetrik nem içeriği değerleri açısından 0-10 cm toprak derinliğinde, toprak işleme öncesine göre en büyük azalmanın rotatillerin kullanıldığı sistemde % 46.22 oranında olduğu belirlemişlerdir.

Taşer ve ark. (1997), siltli killi tınlı toprak koşulunda mısır ve killi tınlı toprak koşulunda buğday anızlı tarlada yaptıkları çalışmada, penetrasyon direnci ile toprak nemi ve hacim ağırlığı arasındaki ilişkileri belirlemişlerdir. Mısır ve buğday anızlı tarlada meydana gelen penetrasyon direncine; toprak yapısı, nem düzeyi ve üretim sezonu boyunca uygulanan mekanizasyon işlemlerinin etkili olduğunu vurguladılar. Buğday anızlı tarlada 0-15 ve 15-30 cm derinlikteki penetrasyon direnci ve hacim ağırlığı değerlerindeki farklılığın mısır anızlı tarlada elde edilen değerlerden daha büyük olduğunu tespit etmişlerdir.

Adam ve Erbach (1992), düşük ve yüksek nem değerlerinde toprak parçacık boyutlarının arttığını saptamışlardır.

İpek (2008), En fazla nem tutumu; 0-10 cm toprak katmanında pulluk+diskli tırmık+merdane+ekim yönteminde ve 10-20 cm toprak katmanlarında ise; Pulluk+ diskli tırmık + merdane + Ekim ve kültivatör+ekim yöntemlerinin uygulandığı parsellerde elde edilmiştir. 0–10 cm örnekleme derinliğinde en az % nem içeriği, çizel+merdane+ekim yönteminde elde edilmiştir.

Barzegar ve ark. (2004), toprak işleme sistemleri ve toprak nem içeriklerinin, tüm agregat büyüklük sınıfları göz önüne alındığında agregat büyüklük dağılımı üzerine önemli etkisi olduğunu, her bir agregat büyüklük sınıfı için ayrı ayrı incelendiğinde ise <0.25 ve 0.25-0.5 mm'lik küçük agregatlar üzerine önemli etkisi olduğunu bulmuşlardır.

Nalavade ve ark. (2013), Kuyruk milinden hareketli ve serbest hareketli diskli tırmıkları performanslarını yapılan işin kalitesi açısından karşılaştırmışlar. Diskli tırmığın kuyruk milinden hareketlendirilmesinin penetrasyon direncini azalttığını ve daha yüksek çalışma derinliklerinde çalışma fırsatı sağladığını bildirmişlerdir.

2.3. Toprak Penetrasyon Direnci İle İlgili Çalışmalar

Godwin (1990)'a göre, farklı ürünlerde değişiklik göstermekle birlikte, 0,9-1.5 MPa arasındaki toprak dirençlerinin genel olarak kök gelişimini sınırlandırmaktadır.

Penetrasyon direncinin 2000 kPa'dan büyük olmasının aşırı sıkışmayı tanımlayan en önemli kriterlerden biri olduğu (Gupta, 1990; Allmaras ve ark., 1993) ve penetrasyon direncinin 3000 kPa ve daha fazla olmasının, kök gelişimini engelleyici sınır olarak kabul edildiği bildirilmektedir (Busscher ve Sojka, 1987; Håkansson ve Lipiec, 2000).

Serbest dönen diskli makinelerin ihtiyaç duyduğu çeki gücü genellikle yüksektir. Ayrıca, tohum yatağının serbest dönen diskli makinelerle hazırlanması çoklu geçişlere, tohum yatağının daha uzun sürede hazırlanmasına, fazla işçilik, fazla yakıt tüketimine ve toprağın sıkıştırılmasına neden olur. Daha önceki çalışmalarda, diskleri kuyruk mili ile tahrik ettirerek disklerin çevresel hızının ilerleme hızına oranı ve disk açısının uygun şekilde ayarlanmasıyla toprağın fiziksel özelliklerindeki iyileşmelerle birlikte çeki gücü gereksinimi ve penetrasyon direncinin önemli ölçüde azaldığı görülmüştür (Hoki ve

ark., 1988; Islam ve ark., 1994; Salokhe ve ark., 1994; Salokhe ve Quang, 1995; Nalavade ve ark., 2010; Upadhyay ve Raheman, 2018).

Hann ve ark. (1989), tahrik diskinin dikey kuvvetlerin büyüklüğü üzerinde önemli bir etkisi olmadığını ortaya çıkarmıştır.; Bununla birlikte, yön değişikliği ve bunun sonucunda penetrasyon üzerindeki etkiyi ortaya çıkardılar.

Toprak sıkışması toprağın kesme ve penetrasyon dirençlerini artırmakta, toprağın işlenebilmesi için daha fazla enerji gereksinimi ortaya çıkmaktadır (Karakaplan, 1982).

Islam ve ark. (1994), kuyruk milinden hareketli diskli tırmık ile toprak işleme, toprağın fiziksel özelliklerinde önemli değişikliklere neden olduğunu bu makine ile toprak işlemenin, yığın yoğunluğunu, toprak penetrasyon direncini azalttığını, toplam poroziteyi ve agregat çapını 15 mm küçük olan keseklerin içeriğini artırdığını bildirmiştir. Toprağın ters çevrilmesinin 33° yön açısında biraz daha iyi olmasına rağmen, 28° yön açısında daha iyi toprak işleme performansı gözlemlenmiştir. Serbest hareketli diskli tırmık ile yapılan testlerde, yığın yoğunluğunda ve toprak penetrasyon direncinde daha az azalma, porozite ve agregat çapının 15 mm'den küçük olan keseklerin içeriğinde daha az artış ve toprak işleme performansı ile karşılaştırıldığında toprağı daha az çevirdiğini belirttiler.

Ülkemizde yapılan araştırmalar, buğday üretiminde geleneksel tohum yatağı hazırlığında kullanılan makinelerin ayrı ayrı tarlaya girmesi tarla trafiğini artırmaktadır. Buğday üretiminde tarlanın %98'i, mısır üretiminde ise %278'i (diğer bir ifadeyle tarlanın bir üretim sezonunda her birim alanının yaklaşık 3 kez çiğnenmesidir) traktör tarafından çiğnenmektedir (Çarman ve ark., 1992).

Kök gelişmesinin mekanik direnç üzerine yapılan bir araştırmada; arpa köklerinin gözenekleri büyötmek için 0.2 bar'lık bir basıncı yenebildiğı, bu durumda kök uzamasının %50 azaldığı, topraktaki basıncın 0.5 bar olması durumunda kök uzamasının %80 azaldığı bildirilmektedir. Kök geçirgenliğı az olan, hava, su ve besin elementleri dengesi bozuk sıkışmış toprakta, kuvvetli bir kök ve vejetatif aksam gelişimi sağlanamadığından bitkiden alınan ürün daima düşüktür (Munsuz, 1985).

Upadhyay ve Raheman (2018), çalışmalarda elde edilen CI değerleri açısından iş kalitesi değerlendirildiğinde, geleneksel klasik makineye göre, ön bataryası PTO hareketli ofset diskli tırmığın kombine konfigürasyonun performansının daha iyi olduğunu açıklamıştır. 120 mm çalışma derinliğinde ve 3.6 u/v oranında PTO tahrikli ofset diskli tırmığın CI değerlerindeki düşüşün 25⁰, 30⁰, 35⁰ ve 40⁰ lik yön açılarında %

53 ± 2 , $\% 56 \pm 1$, $\% 58 \pm 2$ ve $\% 58 \pm 2$ olduğunu bildirmişlerdir. Buna karşılık klasik ofset diskli tırmık ile yapılan çalışma sonucu elde edilen değerler sırasıyla $\%28 \pm 3$, $\%31 \pm 3$, $\%34 \pm 3$ ve $\%35 \pm 2$ olarak bulmuşlar.

Upadhyay ve Raheman (2019), kuyruk milinden hareketlendirilen diskli tırmık ile toprak işlemeden sonra elde edilen CI değerleri, tüm çalışma koşullarında serbest hareketli diskli tırmık ile elde edilen değerlerden her zaman daha düşük olduğunu ve kuyruk milinden hareketlendirilen diskli tırmık ile daha iyi çalışma kalitesinin elde edildiğini belirtmişler.

2.4. Toprak Kesilme Direnci İle İlgili Çalışmalar

Upadhyay ve Raheman (2018), ön bataryadaki diskleri kuyruk mili ile döndürülerek çalıştırılan ve arka bataryası pasif olan çift etkili ofset diskli tırmık ile serbest dönü hareketli klasik ofset diskli tırmığı karşılaştırdıkları bir çalışma yapmışlardır. Çalışma sonucunda, işlenen toprağın koni indeksindeki azalma, çeki kuvvetinde önemli azalma sağlaması, düşük güç harcaması ve daha iyi iş kalitesi açısından, en uygun 35^0 'lik yön açısı ve en uygun u/v oranını ise 3.6 olduğunu belirlemişlerdir.

Çetin ve Gürhan (2005), ikinci ürün yetiştiriciliğinde farklı toprak işleme sistemlerinin toprağın bazı fiziko-mekanik özelliklerine etkisini araştırdıkları bir çalışmada toprak işleme sonrası en düşük kesilme direncinin 0-10 cm iş derinliğinde rototiller ile çalışmada, 10-20 cm iş derinliğinde ise kulaklı pulluk+diskli tırmık ile çalışma sonucunda elde edildiğini bildirmişlerdir. Ayrıca rototillerin 0-10 cm iş derinliğinde toprak işleme öncesine göre kesilme direncini $\%91.84$ oranında, çizel + diskli tırmığın $\% 75.39$ oranında azalttığını belirtmişler. Yine aynı çalışmada 10-20 cm iş derinliğinde kulaklı pulluk + diskli tırmıkla çalışma sonrası $\% 76.38$ oranında ve rototiller ile çalışma sonrası $\% 52.10$ oranında toprak kesilme direncinin azaldığını belirtmişlerdir. Ayrıca farklı toprak işleme aletlerinin toprağın bazı fiziksel özelliklerine etkilerinin belirlenmesi ve haritalanması için yaptıkları çalışmada, 10 – 20 cm çalışma derinliğinde çizel + diskli tırmık ile yapılan toprak işleme sonrası, toprak kesilme direncinin diğer toprak işleme aletlerine göre daha düşük olduğunu belirtmişlerdir.

Toprağın kesilmesinde yüksek nem içeriği kolaylık sağlarken, diğer taraftan bitkinin kök bölgesinde sıkışmaya, yapışkan bir yapı meydana gelmesine ve toprak yüzeyinde kaymak tabakası oluşmasına neden olmaktadır (Morrison Jr ve Allen, 1987).

Toprak tipi ve toprak koşulları, çeki kuvvetine etki eden önemli faktörlerdir ve toprak kesilme direnç kuvveti ile orantılıdır (Sahu ve Raheman, 2006).

2.5. Tarla Yüzey Düzgünlüğü İle İlgili Çalışmalar

Toprak yüzey pürüzlülüğü, doğal ve kültürel işlemler sonucunda toprak parçacıklarının tesadüfen düzenlenmesi ile oluşan, yüzey yapılanmasıdır (Guillobez ve Arnaud, 1998).

Toprak yüzey pürüzlülüğü, buharlaşma ve yağmur sularının toprağın alt katmanlarına sızması açısından önemli bir unsurdur. Toprak işleme yöntemleri, toprak yüzey pürüzlülüğünü etkileyen faktörler içinde ilk sırada yer almaktadır (Romkens ve Wang, 1986).

Toprak işleme makineleri rastgele ve belirli aralıklarla dalgalı yüzeyler meydana getirirler (Guzha, 2004).

Carman (1997), kulaklı pulluk + iki kez diskli tırmık + ekim, iki kez freze + ekim, kùltivatör + diskli tırmık + ekim ve iki kez ağır diskli tırmık + ekim ile yaptığı dört farklı toprak işlemede yüzey profilmetresi kullanarak, toprak yüzey pürüzlülüğünü belirlemiştir. En yüksek toprak yüzey pürüzlülük değeri birinci sınıf toprak işleme yönteminde belirlenirken, en düşük değer ise ikinci sınıf toprak işlemede elde edilmiştir.

Romkens ve Wang (1986), toprak yüzey pürüzlülüğü üzerine toprak işleminin etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, farklı toprak işleme yöntemlerini kullanarak yaptıkları araştırmada, başarılı bir toprak işleminin toprak parçacık boyutunda küçülmeye neden olduğunu ve bu nedenle yüzey pürüzlülüğünde azalma görüldüğünü ortaya çıkarmışlardır.

Yapılan bir çalışmada farklı toprak işleme sistemlerinin, toprağın nem içeriği, hacim ağırlığı, penetrasyon direnci, toprak parçacığının ortalama ağırlıklı çapı ve yüzey pürüzlülüğü üzerine farklı etkilere sahip olduğu bildirilmiştir (Carman, 1997).

Toprak işleme makinelerinin performansını belirlemede, toprağın yüzey pürüzlülüğü, tohum yatağının hazırlanmasında ve erozyon kontrolünde önemli bir faktördür (Romkens ve Wang, 1987).

Çarman ve ark. (2018), toprak işleme performansının değerlendirilmesinde, toprak işleminin yüzey pürüzlülüğünün önemli bir özellik olduğunu vurgulamış ve yaptıkları çalışmada toprak işleme sistemlerinin toprak yüzey pürüzlülüğüne etkisini istatistiksel olarak önemli bulmuştur.

Nalavade ve ark. (2013), yaptıkları çalışmada kuyruk milinden hareketli diskli tırmığın düşük hızlarda düzgün toprak yer değişimi ve ters çevirme desenleri elde edilmiştir. Ancak, yüksek çalışma hızında çalışmayı kontrol etmenin zor olduğunu, bunun da düzensiz toprak işleme desenine neden olduğunu bildirmişlerdir.

Keçecioğlu ve Gülsoylu (2002), diskli tırmıklarda disk üzerindeki toprak şeridinin hareket yörüngesinin şekli, seyri; toprak şeridin kesitine, toprağın çeşidine ve durumuna bağlıdır. Toprak sıkışıklığı ve ağırlığı arttıkça izler daha dik bir yörüngede seyretmektedir. İlerleme hızı toprağın yörüngesini etkilemektedir. Disk üzerindeki toprak şeridi diski terk ettiği anda hız bileşeni nispeten büyüktür, bu da şeridin daha da yükselmesini sağlar. Bunu azaltmak ve iyi bir devirme sağlamak için diskli pulluklarda olduğu gibi diskli tırmıklarda da disklere bir sıyırıcı takılır. Sıyırıcılar toprak şeridinin yörüngesinin değişmesini sağlar ve diske yapışan toprağı sıyırarak disk yüzeyini temizler.

Nalavade ve ark. (2013), serbest hareketli diskli tırmıkların çalışma sırasında, disk üzerine uygulanan dengesiz çeşitli zemin reaksiyonlarının neden olduğu radyal kuvvet nedeniyle, disklerin toprak yüzeyinde patinaj yaptığını ve geriye doğru döndüğünü ifade etmişlerdir. Buna bağlı olarak, tekdüze olmayan ve dağılık yer değiştirme desenleri oluştuğunu vurgulamışlardır.

Boydaş (2007), farklı toprak işleme aletlerinin ve ilerleme hızının toprak yüzey düzgünlüğü üzerine etkilerini incelediği araştırmasında; ekim yönüne dik ve paralel olarak yapılan denemeler sonucunda yapılan ölçümlerde, toprak yüzey pürüzlülüğü en fazla olan uygulamaların kulaklı pulluk ve diskli tırmığın 1.25 m s^{-1} ilerleme hızında kullanıldığı uygulamalarda oluştuğunu belirlemiştir. Ayrıca toprak işleme aletlerinin ve çalışma hızının sürüm yönüne dik ve paralel yönde yapılan ölçümlerde toprak yüzey düzgünlüğüne etkisinin önemli olduğu ve bütün aletlerde sürüm yönüne dik alınan ölçüm değerlerinin sürüm yönüne paralel alınan ölçüm değerlerinden daha yüksek olduğu saptanmıştır. 1.5 ve 1.75 m s^{-1} çalışma hızlarında, toprak işleme yönüne dik ve paralel alınan ölçümler arasında önemli bir fark oluşmazken 1.25 m s^{-1} çalışma hızında alınan değerler diğer hızlardan alınan değerlerden önemli derecede yüksek çıkmıştır.

Merrill ve ark. (1999), eğer yüzey düzgünlük ölçümü sürüm yönüne dik olarak yapılır ise, rastgele yüzey düzgünlüğü ölçümü ve aynı zamanda dalgalı yüzey ölçümü yapıldığını, sürüm yönüne paralel ölçüm yapılması durumunda ise sadece rastgele yüzey düzgünlüğünün ölçüldüğünü bildirmişlerdir. Aynı zamanda dalgalı yüzey

düzensizliği tanımının sürüm yönüne dik ve paralel ölçümler arasındaki fark olarak ifade edilebileceğini bildirmiştir.

Yüzey düzensizliğünün birkaç tipi tanımlanabilir. Her bir tip kullanılan toprak işleme aletine göre yüzeyde sistemli değişimler gösterir bunlar; a) Yüzey değişimi 0-2 mm arasında olan, bütün yönlerde tekdüze olduğu, agregat büyüklüğünden dolayı mikro kabarma değişimleri olan düzensizliktir. b) Toprak işleme aletinin yapısal özelliğine, çalışma hızına, çalışma derinliğine ve toprak özelliklerine bağlı olarak toprağı parçalamasıyla meydana gelir, yüzeydeki değişim 200 mm' ye kadar olabilir, genellikle rastgele düzensizlik diye ifade edilir. c) Kullanılan toprak işleme aletinden kaynaklanan sistemli yüzey düzensizlikleri. Çizelin belirli aralıklarla oluşturduğu çukurlar ve yükselteler bu tür düzensizliklerdir. Bu düzensizliğe genellikle dalgalı yüzey düzensizliği adı verilir. d) Tarla yapısında bulunan düzensizlikler. Bunlar tarlanın topografik yapısına bağlı yüzey düzensizlikleridir (Romkens ve Wang, 1986).

2.6. Ağırlıklı Ortalama Çap (AOÇ) İle İlgili Çalışmalar

Düşük u/v oranı toprağın toz haline gelmesine ve kesme direncinde daha yüksek dalgalanmalara neden olur (Kepner ve ark., 1978).

Hoki ve ark. (1988), PTO ile çalışan diskli makine ile yapılan tarla testi sırasında, güçsüz diskli toprak işleme ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde daha küçük kesek boyutu, pürüzsüz işlenmiş toprak yüzeyi ile mükemmel toprak parçalanması olduğunu gözlemlemiştir.

Soehne (1963), geleneksel diskli pulluk ve kuyruk milinden hareketli diskli pulluk arasındaki iş kalitesine ilişkin karşılaştırmalı bir çalışmada, kuyruk milinden hareketli diskli pulluk ile daha fazla toprak parçalanmasının olduğunu, ancak geleneksel pulluk ile daha büyük keseklerin elde edildiğini gözlemlemiştir.

Diskli tırmığın toprak parçalama kapasitesini gösteren toprak parçalama indeksi disk açıları ve ilerleme hızlarının artmasına paralel olarak hızla artmıştır. En düşük disk açıları ve hızda 0.58 oranında bulunan toprak parçalama indeksi en yüksek hız ve disk açılarında 0.92 olarak maksimum değerine ulaşmıştır (Alamin, 2017).

Upadhyay ve Raheman (2019), toprak agregatlarının AOÇ'sinin, kuyruk milinden hareketlendirilen diskli tırmık için çalışma hızındaki artışla arttığı, ancak serbest hareketli diskli tırmık için çalışma hızındaki artışla azaldığını ayrıca istatistiksel

olarak 0.05 anlamlılık düzeyinde de anlamlı bulduklarını bildirdiler. Bu durumun kuyruk milinden hareketlendirilen diskli tırmık ilerleme hızının düşürülmesi veya u/v oranının artırılması ile daha fazla parçalama kabiliyetinin elde edilebileceğini bildirmişlerdir. Bunun nedeninin, kuyruk milinden hareketlendirilen disklerin aynı toprak parçasında daha düşük ileri hızda daha uzun süre çalışmasına bunun da keseklerin daha fazla parçalanmasına ve kırılmasına yardımcı olduğunu bildirdiler. Ayrıca, kuyruk milinden hareketli diskli tırmıklarda çentikli tip disklerin kesek boyutunu küçültmeye yardımcı olan ve iş kalitesini artıran pozitif kesme etkisinden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.

Kayısoğlu ve ark. (1996), yaptıkları çalışmada, kültivatör, diskaro ve kombi kürümle tohum yatağı hazırlığında toprak koşullarının fiziksel açıdan özelliklerini incelemiş ve bu toprak işleme aletlerinin toprağın agregat yapısı üzerindeki etkilerini ölçmüşlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, en iyi agregat stabilitesi diskaro ile tohum yatağı hazırlığında bulunmuştur.

Arvidsson ve ark. (2004), Kuru koşullar altında diskli tırmıkla çalışmada büyük agregaların oranının az olmasının çalışma derinliği ile bağlantılı olduğunu bildirmiştir.

Alamin (2017), bireysel yatakları hazırlanmış diskli tırmığın toprak parçalama indeksinde disk yön açıları etkisi istatistiksel olarak $\alpha:0.01$ seviyesinde önemli olduğunu bildirmiştir. Disk yön açısı artırıldığında, hızında etkisi ile toprak parçalama indeksinin de artış gösterdiğini, toprak parçalama indeksinin 20° ve 27° 'lik disk yön açıları arasında sırasıyla 0.58 ve 0.75 olarak belirlemiştir.

2.7. Anız Miktarı ve Anız Yoğunluğu İle İlgili Çalışmalar

Toprakta, kaba ve yeterince parçalanmamış sapların bulunması, tohum ile toprak arasındaki teması kestiği ve bu olayın çimlenmeyi olumsuz etkileyebileceği belirtilmektedir (Önal ve Aykas, 1997).

Hasat işleminin ardından tarla yüzeyindeki bitki kalıntılarının toprağa karıştırılmasının faydaları olduğu gibi, bu kalıntıların toprağa uygun bir şekilde karıştırılmadığı durumlarda özellikle ikinci ürün yetiştiriciliğinde tohum yatağı hazırlığı ve ekim işlemlerinde kullanılan makinelerin çalışmaları sırasında tıkanmalara neden olmakta ve bu makinelerin çalışmalarını güçleştirmektedir. Özellikle nadasa bırakma yerine ekim nöbeti tercih edilerek ikinci ürün yetiştiriciliğinin yapıldığı bölgelerde bunun önemi daha da artmaktadır. Bundan dolayı ikinci ürünün yetiştiriciliğinde ekim

işleminin zamanında yapılarak vejetasyon için yeterli zaman elde edilebilmesi için tohum yatağı hazırlığının mümkün olan en kısa sürede tamamlanması gerekmektedir. Bu sebeplerden dolayı bilhassa ekim nöbeti veya ikinci ürün yetiştiriciliğinin uygulandığı bölgelerde birinci ürünün hasadından sonra tarladaki bitki kalıntılarının toprağa mümkün olan en yüksek oranda, toprak işleme derinliği boyunca homojen olarak, gömülmesi ve karıştırılması önemlidir. Ancak bu durum bitki artıklarının çeşidine (mısır, hububat, ayçiçeği vb.), birim alandaki miktarına, toprağın mekanik özelliklerine ve nemine bağlı olduğu gibi toprak işleme alet ve makinelerine de bağlıdır (Çarman ve ark., 2014).

Hoki ve ark. (1988), PTO ile çalıştırılan diskli tırmık ile yaptığı çalışmada, topraktan hareketini alan diskli tırmığa kıyasla ürün kalıntılarını ve yabancı otları kesme ve daha fazla toprak parçalama kabiliyetine sahip olduğunu bildirmiştir.

Godwin (1990), anız gömme oranının kulaklı pullukta %100, diskli anız bozma pulluğunda disk çapına bağlı olarak %50-60 olduğunu bildirmiştir.

Raper (2002), diskli işleyici organa sahip aletlerin, çizel tipi işleyici organlara sahip aletlerden farklı toprak işleme derinliklerinde önemli ölçüde daha fazla kalıntı gömdüğünü belirlemiştir. Ayrıca toprak işleminin yapıldığı yılın zamanının, toprak yüzeyinde kalan kalıntı örtüsü yüzdesini veya toprak yüzeyinde kalan toplam kütle miktarını etkilemediğini ifade etmiştir.

Damanauskas ve ark. (2019), bireysel yataklandırılmış diskli tırmık ile yaptıkları çalışmada, bitki artıklarını toprağa karıştırma oranının 0.80 ile 0.96 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca en iyi bitki kalıntısı karışımının disk açısı 15° , çalışma hızı 3.0 ile 3.5 m s^{-1} arasında iken, toprak işleme derinliğinin 8 cm olduğunda elde edildiğini bildirmişlerdir.

Konak ve Çarman (1996), ağır tip diskli tırmıkla yaptıkları çalışmada, farklı yön açısı ve ilerleme hızının yüzey artıklarının gömülme oranına etkisini araştırmışlardır. Gömme oranı değerlerinin % 54 ile % 88 arasında değiştiğini belirtmişlerdir

Upadhyay ve Raheman (2020a), hem anız gömme oranının hem de toprak keseklerinin parçalanmasının, hız oranındaki artışla arttığını belirlemiştir.

Dursun ve ark. (1999), yaptıkları çalışmada, iş derinliğinin 15 cm'den 25 cm'ye çıkmasıyla anız gömme oranının, kulaklı pullukta % 8, diskli pullukta % 13 arttığını bildirmişlerdir. Ayrıca diskli pullukla çalışmada durum açısının 4° artması anız gömme oranını % 8.6, yön açısının 10° artması ise % 12 arttığını, diskli anız bozma pulluğunda da yön açısının 16° 'den 24° 'ye çıkmasıyla anız gömme oranının %12.7'lik bir artış

gösterdiğini belirlemişlerdir. Toprak işleme derinliği boyunca en düzgün anız dağılımının diskli pullukla sağlandığını bildirdiler.

Anızlı toprak işlemede, bitkisel artıkların gerek toprağa daha yüksek bir oranda karıştırılabilmesi, gerekse bu artıkların daha kısa bir sürede çürüyebilmesi için kısa olarak parçalanmalarının gerekli olduğu bildirilmektedir (Tebrügge, 1993).

Diskli tırmıkların yaygın kullanılmasının sebeplerinden bazıları şunlardır. Disklerin zorlu ve anızlı tarla koşullarında çalışabilmesi, mahsul artıklarının toprağa uygun şekilde karıştırılmasını sağlaması, toprak üzerini kaplayan bitki artıklarını etkili bir şekilde parçalayıp karıştırmasıdır. Bu sebepler koruyucu tarım ve minimum toprak işleme açısından da çok önemlidir (Kepner ve ark., 1978).

Anızın toprağa gömülmesiyle toprak organik maddece zenginleşmekte, bu da toprağın verimliliğini ve su tutma kapasitesini artırmaktadır (Tebrügge, 1993).

Nalavade ve ark. (2013), kuyruk milinden hareketli diskli tırmıkta toprak işleme diskinin çentikli kesici kenarı, yabancı otların ve ürün artıklarının daha iyi kesilmesini sağladığını, serbest dönen diskli tırmıklarda çentikli disk kullanılmasına rağmen artıkları düzgün bir şekilde kesemediğini bildirmişlerdir. Farklı ilerleme hızlarında çalıştırılan kuyruk milinden hareketli ve serbest dönen diskli tırmıklar için anız gömülme oranlarını ve kuyruk milinden hareketli diskli tırmıklarda üç farklı hızda çalışmadan sonra bitki kalıntı oranlarını belirlemek için bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışma sonucunda kuyruk milinden hareketli diskli tırmıklarda %86.98, %92.03 ve %89.29 anız gömme oranı elde edilirken, serbest hareketli diskli tırmık farklı üç ilerleme hızında bitki kalıntılarının yalnızca %69.32'sini, %66.81'ini ve %65.66'sını gömdüğünü bildirmişlerdir.

Zeng ve ark. (2021), şekilleri farklı üç diskin, toprak kesme kuvvetlerini, toprağın devrilmesi, anız kalıntılarını kesme ve karıştırma performanslarını iki farklı çalışma derinliğinde incelemişler ve denemelerde kuru mısır sapı kullanılmışlardır. Disklerin çalışma derinliğinin disk tipine göre toprak işleme performansını etkilemede daha belirgin olduğunu bildirmişlerdir. Çalışma derinliğinin arttırılması, toprak kesme kuvvetlerinde, toprak devrilmesinde ve kalıntı karışımında artışa neden olmuştur. Diskler arasında, dalgalı disk 289 N ile en yüksek dikey kuvvete ihtiyaç duyarken, çentikli diskin en düşük değere sahip olduğunu belirlemişlerdir.

2.8. Çalışma Hızı ve Patinaj İle İlgili Çalışmalar

Disk yön açıları arttıkça traktör tekerleğinin patinajının da arttığı görülmektedir. Traktör tekerleği patinajı % 13.91 ile 20° 'de en küçük disk yön açısında gerçekleşirken, en büyük disk açısı 27° 'de % 18.66 olarak saptanmıştır (Alamin, 2017).

Koolen ve Kuipers (1983), en uygun çeki için %15 kayma önermektedir. En yüksek kayma, kuru koşullarda ağır zeminde elde edilmiştir. Bu, lastiklerin toprağa batmadığı zaman, kuru koşullar altında yüksek çeki için meydana gelen “güç sıçramasına” bağlanabilir.

Upadhyay ve Raheman (2019), disklerin ileri dönüşü ile geliştirilen itme kuvveti nedeniyle daha az çeki gücü ihtiyacından dolayı, tüm çalışma derinliklerinde ve ileri hızlarda tekerlek kaymasının, kuyruk milinden hareketlendirilen diskli tırmıklarda, serbest dönen diskli tırmıklara göre daha düşük olduğunu belirttiler.

Nalavade ve ark. (2010), yaptıkları araştırmada disk yön açısının büyüklüğünün disk yuvarlanmasının üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğunu belirlemişlerdir. Küçük yön açılarında disk patinajla dönerek ilerlemekte, daha büyük yön açılarında ise disk kayma yapmaktadır. Araştırmalarında disk yön açısı arttıkça diskin çalışma yüzeyindeki basınç da artmakta ve başlangıçta disk patinajı azalırken daha sonra disk patinajla yuvarlanmaya ve sonunda kaymaya başladığını gözlemlemişlerdir.

Ekinci, (2011), Bahçe Traktörlerinde Kullanılan Bazı Muharrik Lastiklerin Yapısal ve İşletme Özelliklerinin Çeki Performansına Etkisi adlı doktora çalışmasında, anızlı tarla şartlarında traktör muharrik lastiğinin tutunmasının beton zemin, stabilize zemin, asfalt zemin ve pullukla sürülmüş ve kültivatörle işlenmiş tarla koşullarına göre yetersiz olduğunu ve ortalama patinajın anızlı tarlada en yüksek olduğunu belirlemiştir.

Singh ve ark. (1978), yön açısındaki azalmanın ve çalışma hızındaki artışın diskli tırmığın çalışma derinliği üzerinde ters etkilere neden olduğunu bildirmiştir. Sabit bir çalışma hızında diskli tırmık yön açısındaki bir azalmanın sığ çalışma ile sonuçlandığını, buna karşın sabit bir açıda çalışma hızının arttırılmasının daha derin çalışma sağladığını bildirmişlerdir.

2.9. Çeki Kuvveti ve Çeki Gücü Tüketimi İle İlgili Çalışmalar

PTO tahrikli diskli makinede daha az çeki kuvveti ihtiyacı nedeniyle daha az tekerlek kayması olmakta ve bu da daha düşük güçteki traktörlerin kullanılmasına

olanak vermekte, bu da doğrudan daha az toprak sıkışması ve traktör satın alma maliyetlerini azaltmaya yardımcı olabilir (Salokhe ve ark., 1994; Hann ve Giessibl, 1998).

Toprak işleme aletlerinin çalışma direnci, bitkisel üretimde kullanılabilirliklerinin değerlendirilmesinde en önemli göstergelerden biridir. Çalışma direnci, traktörün çekme kuvveti tarafından oluşturulan harekete karşı koyar. Bu nedenle toprak işleme çalışmalarının enerji tüketimini belirler ve tasarım parametreleri açısından en uygun çalışma koşullarını belirlerken yetiştirme sürecine önemli ölçüde etki eder. Bu koşullardan biri de aletin ağırlığını ve aleti zeminden dışarı iten direncin dikey bileşenini dengeleme zorunluluğudur. Bu dikey bileşenin mümkün olduğu kadar küçük yapılması arzu edilir, böylece aletin kütesinin azaltılması sağlanır (Kogut ve ark., 2016).

Harici güçle çalıştırılan disk, toprak işleme performansını önemli ölçüde etkilemektedir. 23°, 28° ve 33° disk açılarında, hareketini topraktan alan disk ile çalışmada 620 N, 860 N ve 947 N çeki kuvveti oluşurken harici güçle çalıştırılan diskin çeki kuvvetinin 188 N, 254 N ve 360 N'ye düştüğü görülmüştür. Ayrıca, harici güç ile çalıştırılan disk, karık diliminin yana doğru kesintisiz ve düzgün akışını sağlamıştır. Sonuç olarak, güçlendirilmiş diskin, işlenen toprak hacminin fazla olması, karık diliminin daha iyi ters çevrilmesi ve azaltılmış toprak reaksiyonları açısından, hareketini topraktan alan diske göre daha avantajlı olduğu kanıtlanmıştır. Ayrıca daha iyi enerji kullanımı sağlamıştır (Nalavade ve ark., 2010).

Çevresel hızın toprak işleme aletinin ilerleme hızına oranı, hem çekme hem de toprak işleme etkinliği açısından, kuyruk milinden hareketlendiren toprak işleme makinelerinin performansını etkileyen kritik faktördür (Hendrick, 1980; Shinnars ve ark., 1993; Salokhe ve Quang, 1995; Hann ve Giessibl, 1998; Anpat ve Raheman, 2017; Upadhyay ve Raheman, 2018).

Upadhyay ve Raheman (2019), çalışma derinliğinin artırılmasının çeki kuvvetine etkisi, kuyruk milinden tahrikli diskli tırmıklarda, serbest dönen diskli tırmıklara kıyasla daha az belirgindir. Bunun nedeni çalışma derinliğinin yüksek olduğu durumlarda, kuyruk milinden hareketli diskli tırmıkların iş derinliği arttıkça kesilen toprak şeridi kesitinin artması ve diskin dış bükey kısmının iş derinliği artışı ile çizi duvarına daha fazla temas etmesinden dolayı ileri doğru itme kuvvetinin artmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte, geleneksel tek etkili diskli tırmıklarda, çalışma derinliğinin artması ile

diskin temas alanı da artarak sürtünme kuvvetinin artmasına ve bu da çeki kuvvetinin orantılı olarak artışına neden olduğunu bildirmişlerdir.

Behera ve Raheman (2021), yaptıkları bir çalışmada rotavatörün, çalışma sırasında ileri ve yukarı doğru toprak reaksiyonu geliştirdiğini ve bu ileri reaksiyonun, traktörde negatif bir çeki oluşturduğunu bildirmişlerdir. Rotovator bıçak çevre hızı ile ilerleme hızı oranının, rotovator bıçaklarının daha uzun toprak parçası kesmesi ve bozulmamış toprakla etkileşimi nedeniyle düşmesi sonucu ve çalışma derinliğinin artmasıyla bu negatif çekin arttığını bildirmişlerdir.

Young (1976), kuyruk milinden hareketlendirilmiş bir diskli tırmığın tarla değerlendirmesini yaptı ve disk çevre hızının artmasının güç gereksinimini artırdığını ve çeki ihtiyacını azalttığını gözlemledi.

Kawamura (1985), kuyruk milinden hareketli diskli tırmığın çeki ihtiyacını, disklerin aktif dönüşü ile döner tırmığın yaptığına benzer şekilde, azaltıldığını belirtti.

Salokhe ve ark. (1994), ilerleme hızı, geçiş sayısı ve batarya yön açısı, kuyruk milinden hareketli diskli tırmığın çeki ihtiyacı üzerinde etkili faktörler olduğunu belirtmiştir. 33° ve 28° batarya yön açılarındaki ilk geçiş sırasındaki özgül çeki gücü ihtiyacının ikinci geçişe göre daha yüksek olduğunu ve bunun nedenini ilk geçiş sırasında diskli tırmığın, anızlı toprağın bozulmasında çalıştığını, ikinci geçişte ise, ilk geçişte zaten işlenmiş olan toprakta çalışması olarak göstermişlerdir. 33° batarya yön açısında, anızlı toprak işlemede, ortalama 1 km h⁻¹ hızda özgül çeki kuvvetinin 1.7 N cm⁻² olduğunu ve 5 km.h⁻¹ hızda yaklaşık 6 N cm⁻² 'ye yükseldiğini belirlemişlerdir.

Abernathy (1976), harici güçle çalıştırılan disk üzerinde yapılan laboratuvar denemelerinden, çeki gereksiniminin %20 azaltılabileceği, ancak toplam güç gereksiniminin, serbest dönen disklerin toplam güç gereksiniminden 3-6 kat daha fazla olduğu sonucuna varmıştır.

Tingxi ve Zengrui (1989), kuyruk milinden hareketli diskli pulluğun bariz avantajlarından birinin, serbest hareketli diskten daha düşük güç ve çeki kuvveti ihtiyacı gerektirmesi olduğunu bildirmişlerdir.

Nalavade ve ark. (2011a), disk tipinden farklı olarak, disk harici bir güç ile döndürülerek hareketlendirilmesi sonucu disklerin performansının önemli ölçüde iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Toprak işleme disk harici bir güç ile döndürülerek çalıştırılmasının, üzerine etki eden kuvvetleri azalttığı yönünde açıklama yapmışlardır. İlgili çalışma koşulları altında, tahrik edilen disklerin çeki kuvvetleri ile yan kuvvetlerini, serbest dönen disklerinkinden önemli ölçüde daha düşük olarak

bulmuşlardır. Ayrıca, yukarı yönde serbest dönen disklerin dikey kuvvetlerinin penetrasyon derinliğini sınırladığını gözlemlemişlerdir. Harici güçle döndürülerek çalıştırılan diskin dikey kuvvetlerinin, istenen çalışma derinliğini olumlu şekilde koruyarak aşağı yönde olduğunu gözlemlemişlerdir.

Nalavade ve ark. (2013), kuyruk milinden hareketli diskli tırmık ile çalışma, daha az çeki gücü, daha az lastik kayması ve traktör hareketine pozitif itme sağlayarak, eşit güç dağılımı ile aşırı yük koşullarını ortadan kaldırdığını, çalışma şartlarında motorun ve lastiğin aşınmasına ve yıpranmasına karşı avantajlı olabileceğini vurgulamışlardır

Aktif toprak işleme aletleri, traktörün direksiyonunu ve üç nokta askı sistemini kontrol etmek için, ek enerji girdileri gerektirebilecek itme kuvveti üretir ve ayrıca şanzıman sistemine zarar verebilir (Srivastava ve ark., 1993).

Nalavade ve ark. (2013), kuyruk milinden hareketli diskli tırmık tarafından ihtiyaç duyulan daha yüksek çeki gücü, toprak işleme derinliğinin fazla olması nedeniyle, serbest hareketli diskli tırmığa göre daha fazla miktarda toprak ile etkileşim göstermesi ile ilişkilendirilebilir. Bununla birlikte, benzer çalışma derinliklerinde, serbest hareketli diskli tırmığın çalıştırılması durumunda daha fazla çeki gücü ve buna bağlı olarak daha yüksek güç tüketimi olacağını ifade etmişlerdir. Bu durumda serbest hareketli diskli tırmık ile kıyaslandığında kuyruk milinden tahrikli diskli tırmıkta traktör gücünün daha verimli kullanıldığının görüleceğini bildirmişlerdir.

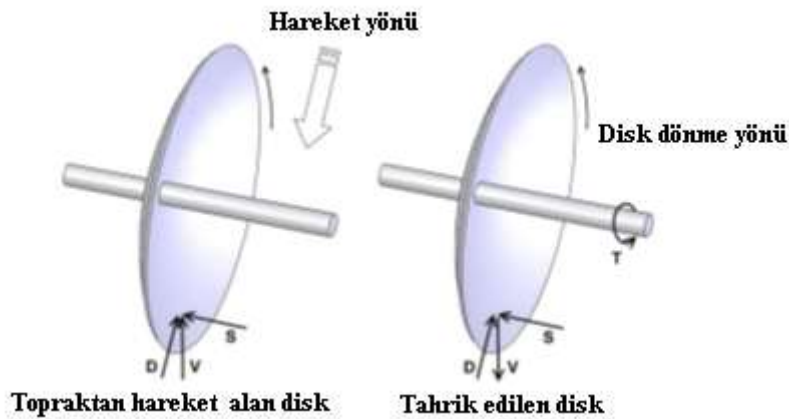
Salokhe ve ark. (1994), kuyruk milinden hareketli diskli tırmık ve serbest hareketli tırmık ile üç farklı yön açısında 23° , 28° , ve 33° açısında ve farklı ilerleme hızlarında yaptıkları bir çalışmada, 33° yön açısında kuyruk milinden hareketli diskli tırmık, 28° yön açısına göre daha fazla güç tüketmiştir. 28° yön açısında penetrasyon direnci yönünden daha iyi toprak işleme performansı elde edilmiştir. Hareketini topraktan alan diskli tırmık, kuyruk milinden hareketli tırmığa kıyasla çok daha fazla çeki gücü tükettiğini ve penetrasyon direnci yönünden de toprak işleme performansının düşük olduğunu belirtmişlerdir.

Nalavade ve ark. (2013), kuyruk milinden hareketli ve serbest hareketli diskli tırmıklarla yaptıkları çalışmada, farklı çalışma hızlarında, kuyruk milinden hareketli diskli tırmıkların daha yüksek çalışma derinliği elde ettiği, daha yüksek toprak hacmi taşıdığı ve sonuç olarak serbest hareketli tırmığa göre daha yüksek çeki gücü tükettiğini belirlemişler. Her iki diskli tırmık kıyaslandığında, kuyruk milinden hareketli diskli

tırmığın birim çalışma derinliği başına daha düşük çeki gücü değerleri verdiğini bildirmişlerdir.

Shinners ve ark. (1993), aktif-pasif toprak işleme makinesinin performansını incelemiş ve benzer tip pasif toprak işleme makinesi performansı ile karşılaştırmıştır. Aktif eleman tarafından geliştirilen negatif çekinin pasif elemanın çeki gereksinimini aşmak için kullanıldığı bildirildi. Toplam güç benzer olmasına rağmen, kombine toprak işleme makinesinin çeki gücünün benzer tip pasif araçlara göre daha az olduğu bildirildi.

Nalavade ve ark. (2011a)'na göre disk, genel olarak, toprak dilimini keser, kaldırır, toz haline getirir ve ardından kısmen ters çevirir ve bir tarafa yer değiştirir. Diskin kesici kenarı, itme kuvvetini etkiler ve bu da disk üzerinde etkili olan toprak reaksiyonlarını etkiler. Toprak işleme diskine uygulanan kesme kuvveti, üç boyutlu zemin reaksiyonlarının, Çeki kuvveti (D), yanal kuvveti (S) ve düşey kuvvetinin (V) birleşik etkisidir. Toprak işleme disklerine etki eden kuvvetler Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Diskli tırmık disklerine etki eden kuvvetlerin gösterimi (Nalavade ve ark., 2011a)

Upadhyay ve Raheman (2018), geleneksel ofset diskli tırmık ile, ön bataryası harici güçle hareketlendirilen, arka bataryası pasif kombine ofset diskli tırmığın 2.4- 3.0 ve 3.6 u/v oranlarında, 35° yön açısında, 140 mm çalışma derinliğinde kombine ofset diskli tırmığın çeki kuvvetinin %52.52 oranında önemli ölçüde azaldığı bulunmuştur.

2.10. Kuyruk Mili Tork Gereksinimi İle İlgili Çalışmalar

Nalavade ve ark., (2011a), toprak kanalında üç farklı disk devri (75 - 100 ve 125 min⁻¹) üç farklı disk tipi (standart tip, çentikli tip ve spiral çentikli tip) ve üç farklı yön

açısında yaptıkları çalışmada, 75 min^{-1} disk devrinde çalıştırılan tahrikli çentikli disk ile çalışmada disk yön açısının 23° 'den 28° 'ye artmasıyla torkun arttığını ve bununla birlikte 100 min^{-1} ve 125 min^{-1} disk devirlerinde yön açısının artması ile torkun azaldığını bildirmişlerdir.

Upadhyay ve Raheman (2018), geleneksel ofset diskli tırmık ile, ön bataryası harici güçle hareketlendirilen, arka bataryası pasif kombine ofset diskli tırmığın 2.4- 3.0 ve 3.6 u/v oranlarında, 35° yön açısında, 140 mm çalışma derinliğinde kombine ofset diskli tırmığın tork gücünün toplam güç tüketimindeki güç harcama yüzdesi, toprak CI'si 500 ± 30 , 800 ± 30 ve 1100 ± 30 olduğunda sırasıyla %57.44–61.24, %70.14–66.09 ve %70.99–68.92 arasında değiştiği bulunmuştur.

Salokhe ve ark. (1994), batarya yön açısının, geçiş sayısının ve ilerleme hızının spesifik tork ihtiyacını önemli ölçüde etkilediğini belirlemişler ve 28° batarya yön açısında özgül tork gereksiniminin 33° grup açısından daha düşük olduğunu açıklamışlardır.

Hoki ve ark. (1988), elektrikli bir diskli tırmığın ön testi sırasında, çeki gereksiniminde azalmanın yanı sıra toplam güç gereksinimlerinde de bir azalma gözlemlendi. Ayrıca çeki ve güç gereksinimlerinin ilerleme hızı, PTO devri, toprak işleme derinliği ve toprak durumundan etkilendiği kaydedildi.

Salokhe ve Quang (1995), kesme hızı ne kadar yavaş olursa toprağın kesmeye karşı daha yüksek direnç uygulandığını, dolayısıyla daha yüksek tork gerekeceğini bildirmiştir.

2.11. Yakıt Tüketimi İle İlgili Çalışmalar

Smith (1993), toprak işleme işlemi sırasında harcanan yakıt tüketiminin % 45 - 60 arasında ki tüketiminin yalnızca traktörün ilerlemesi için kullanıldığını bildirmiştir.

Shinners ve ark. (1993), ilerleme hızı ve aktif aletlerin derinliğinin pasif aletlerin derinliğine oranı dışında aktif-pasif kombine bir toprak işleme makinesinin performans özelliklerini etkileyen en etkili faktörün hız oranı olduğunu bildirmişler ve özgül yakıt tüketimini en aza indirmek için 2.0'dan daha düşük bir hız oranı tavsiye etmişlerdir.

Khadr (2000) yaptığı araştırmada yakıt tüketiminin, genel işleme etkinliğinin ve özgül enerjinin tarımsal işleme hızının artması ile arttığını belirtmiştir. Ayrıca traktörün yakıt tüketiminin makinenin çeki kuvvetine ve çalışma derinliğine bağlı olduğunu ifade etmiştir.

Bukhari ve ark. (1992), yaptığı araştırmada killi-tınlı toprakta %17 nem oranındaki toprak şartlarında 3 gövdeli diskli pullukla çalışmada yakıt tüketiminin disk yön açısının artmasıyla birlikte arttığını bildirmiştir.

Damanauskas ve ark. (2019), traktörün diskli tırmığı çekmesi için gereken yakıt tüketimi, çeki kuvveti ve gerekli güç ile orantılıdır. Diskli tırmığın disk açısı, toprak işleme derinliği ve çalışma hızı artırıldığında saatlik yakıt tüketimi artar. Hız 1.4 ms^{-1} 'den 3.6 ms^{-1} 'ye yükseltildiğinde, disk açısı 10° ve 5 cm toprak işleme derinliğinde saatlik yakıt tüketimi tınlı toprakta 7.8 l h^{-1} 'den 12.7 l h^{-1} 'e ve killi-tınlı toprakta 8.2 l h^{-1} 'den 14.6 l h^{-1} 'e yükseldiğini bildirmişlerdir. Ayrıca disk açısı 20° 'ye ayarlandığında, 1.4 m s^{-1} çalışma hızında, saatlik yakıt tüketimi tınlı toprakta $5-8 \text{ l h}^{-1}$ ve killi-tınlı toprakta $6-10 \text{ l h}^{-1}$ arttığını bildirmişlerdir. Çalışma hızının 3.6 ms^{-1} 'ye yükseltildiğinde, tınlı toprakta 14 l h^{-1} ila 24 l h^{-1} ve killi-tınlı toprakta 15 l h^{-1} ila 25 l h^{-1} arasında bulmuşlardır. Tüketilen saatlik yakıt tüketiminin, toprağın tipine bağlı olarak, toprak işleme seviyesi ve toprak işleme direnciyle doğrudan ilişkisi olduğunu vurgulamışlardır.

Frisby (1993), toprak işleme makinelerinin yakıt tüketiminin uygun makine seçiminde temel parametrelerden biri olduğunu belirtmiştir. Arazideki işlemlerde yakıt tüketiminin, tarla şartlarına ve yapılan işlemin tipine bağlı olarak değiştiğini belirtmiştir. Araştırmacı toprak işlemede yakıt tüketiminin tahmin edilmesi zor olduğunu toprak nemi, toprağın durumu ve işlem derinliğinin doğrudan yakıt tüketimini etkilediğini belirtmiştir.

Upadhyay ve Raheman (2019), kuyruk milinden hareketli diskli tırmık ve serbest hareketli diskli tırmık ile farklı iş derinliği ve u/v oranlarında yaptıkları çalışmada kuyruk milinden hareketli diskli tırmıkların yakıt tüketiminin serbest hareketli diskli tırmıklardan daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Bunun nedeninin kuyruk milinden tahrikli diskli tırmıkta ek PTO gücü kullanımı ve daha fazla toprağı etkilemesinin olabileceğini belirtmişlerdir.

Damanauskas ve ark. (2019), bireysel yataklanmış diskaro ile yaptıkları çalışmada diskaronun 10° , 15° ve 20° disk açısında, 5 cm ve 8 cm toprak işleme derinliğinde, $1.4-1.9 - 2.5 - 3.1 - 3.6 \text{ km.h}^{-1}$ çalışma hızında, tınlı toprakta 2.6'dan 5.6 l ha^{-1} 'e ve killi toprakta 2.7'den 5.9 l ha^{-1} 'e değişen yakıt tüketimleri elde etmişlerdir.

Nalavade ve ark. (2013), yaptıkları çalışmada yakıt tüketimi açısından verimli güç kullanımını incelemişler. Kuyruk milinden hareketli ve serbest hareketli diskli tırmıkların çalışması sırasındaki yakıt tüketimi, ilerleme hızın artmasıyla azalmıştır. Diğer yandan, kuyruk milinden hareketli diskli tırmıkta, serbest hareketli diskli tırmığa

göre daha fazla yakıt tükettiğini ve bunun sebebinin de diskli tırmığın kuyruk milinden hareketlendirilmesi için tükettiği yakıtın yanı sıra, daha yüksek çalışma derinliğinde çalışılmasından dolayı yapılan işin serbest hareketli diskli tırmıktan daha fazla olması olarak göstermişlerdir. Ancak kuyruk milinden hareketli diskli tırmığın, yapılan iş birimi başına yakıt tüketiminin, serbest hareketli diskli tırmığa göre daha düşük olduğunu, aynı çalışma derinliklerinde, serbest hareketli diskli tırmığın daha fazla çeki gücü harcayacağını ve buna bağlı olarak yakıt tüketiminin artacağını ifade etmişlerdir.

Upadhyay ve Raheman (2019), yaptıkları çalışmada, 120 mm çalışma derinliğinde, saatlik yakıt tüketimi ($l h^{-1}$), kuyruk milinden hareketli diskli tırmıkta 3.69, 4.67 ve 6.55 $km h^{-1}$ hızlarda sırasıyla $\%51.63 \pm \%5.94$, $\%36.81 \pm \%3.65$ ve $\%44.33 \pm \%1.98$ oranında, serbest hareketli diskli tırmığa göre arttığını bildirmişlerdir. Bununla birlikte, hektar başına yakıt tüketiminin kuyruk milinden hareketli diskli tırmıkta, 3.69, 4.67 ve 6.55 $km.h^{-1}$ hızlarında serbest hareketli diskli tırmığa göre sırayla $\%14.63 \pm \%2.31$, $\%17.96 \pm \%1.21$ ve $\%39.53 \pm \%1.73$ oranında arttığını bildirmişlerdir. Bunun sebebi olarak tırmığın gerçek alan iş kapasitesini artırmaya ve sonuç olarak saatlik yakıt tüketimine kıyasla hektar başına tüketilen yakıtı düşürmeye yardımcı olan, disklerin kuyruk milinden hareketlendirilmesi ile elde edilen azaltılmış tekerlek kayması olma ihtimalini ifade etmişlerdir.

Damanauskas ve ark. (2019), yaptıkları çalışmada çalışma hızının $1.4 m s^{-1}$ 'den, $3.6 m s^{-1}$ 'ye yükseltilmesiyle $1 l ha^{-1}$, disk açısının 10° 'den 20° 'ye çıkarılması ile $21 ha^{-1}$ çalışma derinliğinin 5 cm'den 8 cm'ye yükseltilmesi ile $0.25 l ha^{-1}$ ve toprak tipinin de değişmesi ile (killi-tınlı ve tınlı) $0.25 l ha^{-1}$ farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir.

Serrano ve ark. (2003), killi-tınlı ve kumlu-tınlı toprak şartlarında disk açılarının düşürülmesi ve daha yüksek bir ileri hızda çalışmanın bir sonucu olarak, ekili alanın birimi başına yakıt tüketiminde $\%15$ 'lik bir azalma olduğunu belirtmişlerdir. Ancak bu değer, birim iş genişliği başına çeki kuvvetinde ölçülen $\%20$ 'lik azalmadan daha az ve bunun da genel verimlilikte hafif bir azalma olduğunu belirtmişlerdir.

Moitzi ve ark. (2013), yaptıkları bir çalışmada tekerlek patinajının, yakıt tüketimi ve saha performansı için kritik bir parametre olduğunu ve pulluklardaki çeki kontrol sistemi yakıt tüketimini $\%10$ ile $\%11.5$ arasında azalttığını bildirmişlerdir.

Alamin (2017), bireysel yataklandırılmış diskli tırmık ile yaptığı çalışmada, yakıt tüketiminin disk yön açıları arttıkça arttığını belirterek, yakıt tüketimi 20° 'lik disk yön açısında $16 l ha^{-1}$ bulunurken, 27° 'lik disk yön açısında yakıt tüketiminin $19.52 l ha^{-1}$ olarak artış gösterdiğini bildirmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Denemelerde Kullanılan Traktör

Denemelerde Şekil 3.1’de görülen New Holland marka TD 110D model traktör kullanılmıştır.



Şekil.3.1. Denemelerde kullanılan traktör

Çizelge 3.1. Denemelerde Kullanılan Traktöre Ait Bazı Teknik Özellikler

Özellikler	
Marka	NewHolland
Model	TD110D
Yakıt Cinsi	Dizel
Silindir Adeti	4
Silindir Hacmi	3.9 Litre
Maksimum Güç	110 HP
Maksimum Tork	430 Nm
Kuyruk Mili Devirleri	540/540E/1000
Transmisyon	12 ileri/12 geri
Ağırlık	3900 kg
Dingil Açıklığı	2422 mm
Toplam Uzunluğu	4202 mm

3.1.2. Denemelerde Kullanılan Kuyruk Milinden Hareketli Tek Etkili Diskli

Tırmık

Araştırmada, Şekil 3.2’de görülen kuyruk milinden hareketli tek etkili traktöre asılır tip diskli tırmık kullanılmıştır. Diskli tırmığa ait teknik özellikler Çizelge 3.2. de

verilmiştir. Serbest hareketli diskli tırmık olarak, kuyruk milinden hareketli tek etkili diskli tırmık disk miline bağlı olan zincir dişli mekanizması çıkarılarak kullanılmıştır.



Şekil.3.2. Denemede kullanılan kuyruk milinden hareketli tek etkili diskli tırmık

Çizelge 3.2. Kuyruk Milinden Hareketli Tek Etkili Diskli Tırmık Ait Teknik Özellikler

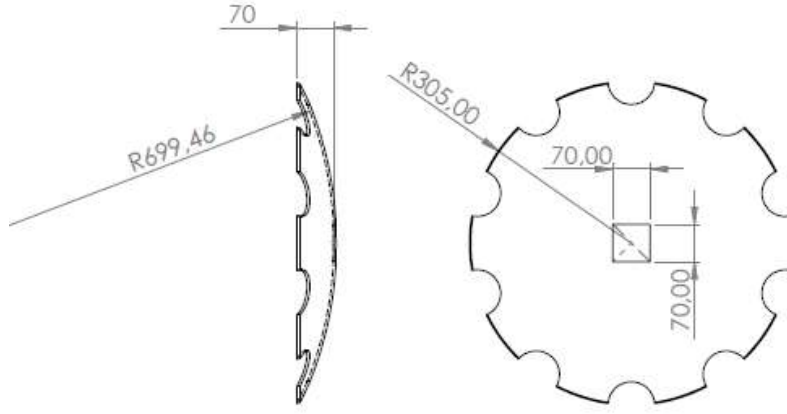
Özellikler	
İş genişliği (ortalama) (mm)	2200
Disk sayısı	8
Disk çapı (mm)	610
Diskler arası mesafe (mm)	260
Yön açısı	23°
İş derinliği (mm)	210
Makine ağırlığı (kg)	950

3.1.2.1. Denemelerde Kullanılan Diskli Ayaklar

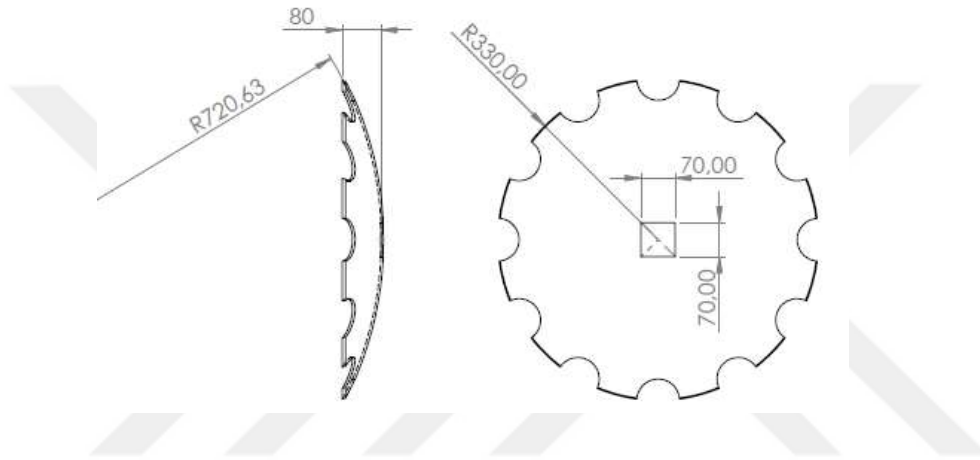
Araştırmada iki farklı disk çapı kullanılmıştır (Şekil 3.3 ve 3.4). Kullanılan disklere ait özellikler Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Denemelerde Kullanılan Disklere Ait Teknik Özellikler

Özellikler	D ₁	D ₂
Disk çapı (mm)	610	660
Disk derinliği (mm)	70	80
Disk kalınlığı (mm)	5	5
Disk göbek delik ölçüsü (mm)	70x70	70x70
Disk kertik sayısı(adet)	10	12



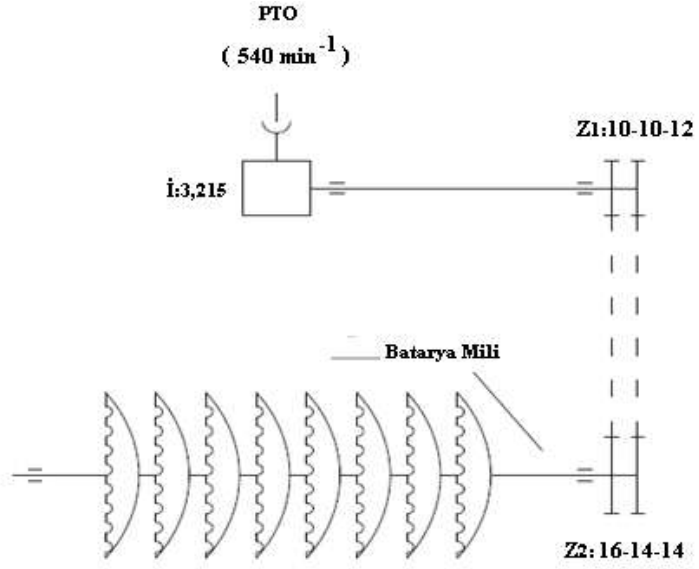
Şekil.3.3. D₁ diskinin görünüşü



Şekil.3.4. D₂ diskinin görünüşü

3.1.2.2. Denemelerde Kullanılan Kuyruk Milinden Hareketli Tek Etkili Diskli Tırmağın Hareket İletim Düzeni

Traktör kuyruk milinden mafsallı şaft yardımıyla alınan hareket, zincir-dişli sistemi vasıtasıyla disklerin bağlı olduğu mile iletilmektedir. Denemelerde uygulanan farklı disk devirleri, Şekil 3.5 ve 3.6'da verilen zincir dişli sisteminde, diş sayıları 10, 12 ve 14 olan dişliler değiştirilerek $N_1 = 104.97 \text{ min}^{-1}$, $N_2 = 119.47 \text{ min}^{-1}$ ve $N_3 = 143.97 \text{ min}^{-1}$ olan disk devir sayıları elde edilmiştir.



Şekil.3.5. Kuyruk milinden hareketli tek etkili diskli tırmık hareket iletim şeması



Şekil.3.6. Kuyruk milinden hareketli tek etkili diskli tırmık zincir dişli sistemi

3.2. Deneme alanı toprak özellikler

Deneme alanına ait toprağın fiziksel özellikleri S.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü laboratuvarlarında analizleri yapılmış ve Çizelge 3.4’de verilmiştir. Toprak tekstür sınıfı kumlu-tınlı olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.4. Deneme Alanı Toprak Özellikleri

Parametreler	Birimler	Değerler
Tekstür sınıfı	Tınlı	
Kil	(%)	17.73
Silt	(%)	30.37
Kum	(%)	51.90
Hacim Ağırlığı	(g cm ⁻³)	1.35
Porozite	(%)	48.98
Organik madde	(%)	1.05
Nem	(%)	16.8

3.2.1. Meteorolojik Veriler

Denemeler 04.11.2021 ve 07.11.2021 tarihleri arasında yapılmıştır. Bu dönemdeki, deneme alanına ait meteorolojik veriler Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Deneme Zamanından Önceki İki Aylık Meteorolojik Veriler (Anonim 2021)

Aylar	Ortalama Yağış (mm)	Ortalama Sıcaklık (°C)
Eylül	1.8	11.9
Ekim	45.8	8.6

3.3.1. Deformasyon Alanının Belirlenmesi

Deformasyon alanının belirlenmesi için kalınlığı 5 mm, uzunluğu 1000 mm ve genişliği 600 mm olan sac bir levha, kireç, dijital fotoğraf makinesi ve fiiji- imagej görüntü işleme programı kullanılmıştır. Fotoğrafların çekilmesinde, Canon Eos 1300D dijital fotoğraf makinesi kullanılmıştır.

3.3.2. Toprak Nem Ölçüm Cihazı

Toprağın nemi gravimetrik metotla kalibre edilmiş Şekil 3.7’de verilen TDR cihazı ile ölçülmüştür. TDR 300 cihaz bilgileri Çizelge 3.6’ da verilmiştir.

Çizelge 3.6. TDR 300 Nem Ölçme Cihaz Bilgileri

Hassasiyet	±%3 (hacimsel su içeriği, elektrik iletkenliği < 2 dS m ⁻¹)
Kaydedici Kapasitesi	GPS olmadan 2320 okuma, GPS/DGPS ile 1160 okuma
Prop Çubuk Uzunluk	0.5” (1.3cm), 1.0” (2.5cm), 1.5” (3.8cm), 3” (7.6cm), 4.7” (12cm) veya 7.9” (20cm)
Prop Çubuk Çap	0.2” (0.5 cm)
Proplar Arası boşluk	1.3” (3.3 cm)
Güç	4 adet AAA alkalin pil



Şekil.3.7. Nem ölçüm cihazı (TDR)

3.3.3. Penetrometre

Toprağın batma direnci Şekil 3.8’de verilen EIJELKAMP marka penetrometre ile ölçülmüştür. Ölçümlerde 1 cm² koni taban alanına ve 30⁰ tepe açısına sahip olan koni uç kullanılmıştır. Penetrometre cihazı ile ilgili bazı bilgiler Çizelge 3.7.’de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Penetrometre Cihazı Bilgileri

Çalışma Sıcaklığı	0 – 50 °C
Bellek	1500 ölçüm
Maks. Penetrasyon Kuvveti	1000 N
Kuvvet Çözünürlüğü	1 N
Toplam Uzunluk Ölçüm Çubuğu	97 cm (koni hariç)
Derinlik Kaydı	80 cm



Şekil.3.8. Penetrometre

3.3.4. Profilmetre

Çalışmalarda 1 m uzunluğundaki profil üzerine 2.5 cm aralıklarla yerleştirilmiş çubuklardan oluşturulmuş Şekil 3.9’da verilen profilmetre tarlanın toprak işleme öncesi ve sonrası yüzey düzgünlüğünün belirlenmesi için kullanılmıştır (Carman, 1997).



Şekil.3.9. Profilmetre

3.3.5. Kanatlı Kesme Aleti

Toprağın kesilme direncinin belirlenmesinde çapı 10 cm ve yüksekliği 12 cm olan, Şekil 3.10'da verilen kanatlı kesme aleti ve aletin ucuna takılan 0-80 Nm ölçüm aralığına sahip tork kolu kullanılmıştır.



Şekil.3.10. Kanatlı Kesme Aleti

3.3.6. Toprağın Ağırlıklı Ortalama Çap (AOÇ)

Toprağın ağırlıklı ortalama çapını belirlemek amacıyla, 2-4-8-16-20-40 mm delik ölçüsündeki elekler ve ± 0.5 gram hassasiyetinde hassas terazi kullanılmıştır (Şekil 3.11)



Şekil.3.11. Toprağın ağırlıklı ortalama çap belirlenmesinde kullanılan elek takımı ve hassas terazi

3.3.7. Çerçeve

Anız miktarının belirlenmesinde toprak işleme öncesi her bir uygulama parseline Şekil 3.12’de verilen çerçeve ve 0.5 gram hassasiyetinde hassas terazi kullanılmıştır.



Şekil.3.12. 1x1 m çerçeve

3.3.8. Çalışma Hızı ve Patinaj ölçümü

Denemeler sırasında çalışma hızının belirlenmesi için iki adet işaret aparatı ve dijital kronometre kullanılmıştır(Şekil 3.13). Patinaj ise teorik ve gerçek hızlardan faydalanılarak hesaplanmıştır.



Şekil.3.13. Dijital kronometre ve jalón

3.3.9. Çeki Kuvveti Ölçüm Cihazı

Araştırmada, çeki kuvveti değerleri, bilgisayar destekli ölçme sisteminde traktörün üç nokta askı sistemi ile makine üç nokta bağlantı noktalarına bağlanan çeki pimlerinden faydalanarak ölçülmüştür. Veri toplayıcı olarak DT 80 Datataker marka veri toplayıcı kullanılmıştır (Şekil 3.14).



Şekil.3.14. Çeki pimleri ve veri toplayıcı

3.3.10 Torkmetre ve Takometre

Kuyruk milinden tahrikli tek etkili diskli tırmığın tork gereksinimleri 1800 Nm kapasiteli Datum marka kuyruk mili torkmetresi, veri toplayıcı ve devir sayılarının belirlenmesi içinde dijital ve mekanik devir ölçme cihazları ile kullanılmıştır (Şekil 3.15). Torkmetre ile ilgili bazı bilgiler Çizelge 3.8.'de verilmiştir.

Çizelge 3.8. Torkmetre cihazı bilgileri

PTO Çalışma Deviri	540 / 1.000 min ⁻¹ Standart (gerekirse 3.000 min ⁻¹ 'ye kadar)	
Ölçülebilen Max. Tork	1800 nm	
Hassasiyet	%0.5	
Dönme yönü	Saat yönünde ve saat yönünün tersi	
Max. PTO Güç Ölçüm	Standart 1 ³ / ₈ mil konfigürasyonlarda	540rpm'de 101kw 1000rpm'de 188kw
	Standart 1 ³ / ₄ mil konfigürasyonları	540rpm'de 141kw 1000rpm'de 261kw
Verilerin toplanması	Tork sensör arayüzü ve dizüstü bilgisayara doğrudan USB arayüzü ile kayıt	



Şekil.3.15. Tork (Torkmetre) ve devir ölçüme cihazı (takometre)

3.3.11. Yakıt Ölçer

Çalışma esnasında traktörün anlık yakıt tüketimini Şekil 3.16'da verilen 1ml hassasiyetle ölçüm yapabilen Aqua metro marka yakıt tüketimi ölçüm cihazı ve dijital gösterge kullanılmıştır. Çizelge 3.9. da yakıt ölçerin teknik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3. 9. Yakıt ölçer özellikleri

Nominal Basınç	(bar)	16
Nominal Debi	(l/h)	200
Minimum Debi	(l/h)	10
Doğruluk	(%)	1
Tekrarlanabilirlik	(%)	±0.2
Ölçüm Odası Hacmi	(ml)	12.44

**Şekil.3.16.** Yakıt Ölçer

3.4.Yöntem

3.4.1.Deformasyon alanının belirlenmesi

Disklerin deformasyon alanını belirlemek için makine geçtikten sonra, bir sac levha hareket yönüne dik şekilde toprak işleme derinliğinde toprağa daldırılmış ve ön tarafındaki toprak temizlenerek sac levhalar çıkartılmıştır (Şekil 3.17). Daha sonra işlenen alanlar kireçlenerek bölgeler belirlenmiştir (Topakçı, 2004; Marakoğlu ve Ark, 2010)

Sac levha çıkarıldıktan sonra, bozulmuş toprak kütesinin resmi, dijital bir fotoğraf makinası ile ön cephe hizasından çekilmiştir. Deformasyon alanının belirlenmesinde, referans olarak 1 cm² alana sahip etiketler resim çekilmeden önce bozulmuş toprak örneğinin yan tarafına fotoğraf içerisinde kalacak şekilde yerleştirilmiştir. Fotoğraf makinası ile alınan görüntüler bilgisayar ortamında resim formatı olarak kaydedilmiştir.



Şekil.3.17. Uygulamalara ait deformasyon alanı

Deformasyon alanının sayısallaştırılmasında görüntüleme programları kullanılmıştır. Görüntüleme programında görüntüleri alınan fotoğraflar JPG formatında açılarak üzerinde bozulma alanlarının sınırları belirlenip, belirlenen alanların içerisi boyanmıştır. Aynı işlem referans olarak kullanılan 1 cm^2 alan içinde yapılmıştır.

Boyama sonrası toplam deformasyon alanı ile referans olarak alınan 1 cm^2 alanın değerleri piksel kare cinsinden hesaplanmış ve bulunan bu değerler cm^2 'ye çevrilerek toplam deformasyon alanı belirlenmiştir.

3.4.2. Toprak Nem Ölçümü

Toprağın nemi gravimetrik metotla kalibre edilerek TDR cihazı ile ölçülmüştür (Black 1965). Ölçümler toprak işleme öncesi ve sonrası her parselde 0-20 cm'lik derinliklerde en az 10 tekerrürlü olarak yapılmıştır (Şekil 3.18).



Şekil.3.18. Toprak nem ölçümü

3.4.3. Toprak Penetrasyonunun Ölçümü

Toprağın penetrasyon direncini ölçmek için ölçümlerde tepe açısı 30° ve koni taban alanı 1 cm^2 olan koni uç kullanılmıştır (Şekil 3.19). Ölçümler toprağın 0-20

cm'lik derinliğinde MPa olarak her uygulama sonrasında 10 farklı noktadan ölçülmüştür (Çarman, 1997).



Şekil.3.19. Toprak penetrasyon direnci ölçümü

3.4.4. Toprak Kesilme Direncinin Ölçülmesi

Toprak işleme öncesi ve sonrası ölçme aletinin 0-20 cm'lik toprak profiline çakılarak, kanatlı kesicilerin bir silindir yüzeyi boyunca uyguladığı dönme momenti torkmetre kolu üzerindeki göstergeden analog olarak okunmuş (Şekil 3.20) ve buradan elde edilen maksimum dönme momenti aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Okello, 1991).

$$\tau = \frac{T}{[\pi \cdot d^2 \left(\frac{h}{2}\right) + \left(\frac{d}{6}\right)]} \quad (3.1)$$

τ : Toprağın kesilme direnci ($N \text{ cm}^{-2}$)

T: Maksimum dönme momenti (Ncm)

d: Kanatlı kesici aletin çapı (cm)

h: Kanat yüksekliği (cm)



Şekil.3.20. Toprak kesilme direnci ölçümü

3.4.5. Yüzey Profil Düzgünsüzlüğünün Belirlenmesi

Denemeler sonrasında deneme alanında, yatay düzlem üzerine çubuklu profilmetre aleti dik olarak yerleştirilmiştir (Şekil 3.21). Profilmetre ile yapılan ölçümler sonucunda standart sapma değeri, toprak yüzeyi ile yatay düzlem arasındaki düşey mesafenin ölçülmesiyle belirlenmiş olup aşağıdaki eşitlikte verilen formül ile hesaplamaları yapılmıştır (Kuipers, 1957).

$$R=100. \log_{10}S \quad (3.2)$$

R: Tarlanın yüzey düzgünsüzlüğü (%)

S: Ölçülen değerlerin standart sapması



Şekil.3.21. Profilmetre ile yüzey pürüzsüzlüğü ölçümü

3.4.6. Toprağın Ağırlıklı Ortalama Çapının Belirlenmesi

Toprağın ağırlıklı ortalama çapını belirlemek amacıyla alınan toprak örnekleri 2-4-8-16-20-40 mm delik ölçüsündeki eleklerden geçirilerek, ± 0.5 gram hassasiyetindeki hassas terazi ile tartılarak 7 farklı grup elde edilerek, % değerleri bulunmuş (Feuerlein, 1960; Soehne, 1963). Aşağıdaki eşitlik kullanılarak ağırlıklı ortalama çap hesaplanmıştır

$$AO\check{C}=\sum Xi .Wi \quad (\text{Black ve ark.1965}) \quad (3.3)$$

X_i : Elek tarafından ayrılan agregatların herhangi bir parçacık boyut grubunun ortalama çapı (mm).

W_i : Analiz edilen toplam kuru ağırlığının boyut grubundaki agregatlarının ağırlığı (g).



Şekil.3.22. Elek analizinin yapılması

3.4.7. Anız Miktarının ve Yoğunluğunun Belirlenmesi

Anız miktarının belirlenmesinde toprak işleme öncesi denemelerden önce deneme alanının değişik yerlerinden 1x1 m² büyüklüğündeki bir çerçeve içerisindeki anız toplanıp ve daha sonra hassas terazi yardımıyla tartılmıştır (Şekil 3.23). Her uygulama parselinde tartım üç tekerrürlü olarak yürütülerek, anız miktarları (g m⁻²) olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.23. Toprak işleme öncesi ve sonrası anız durumu

Toprak işlemeden sonra aynı yöntemle toprak üzerinde kalmış olan anız miktarı belirlenerek anızın gömülme oranı aşağıdaki eşitlikten yararlanarak bulunmuştur (Göknur ve Özarslan, 1995).

$$F = \frac{A-B}{A} \times 100 \quad (3.4)$$

F: Anızın gömülme oranı (%)

A: Toprak işlemeden önceki anız miktarı (g)

B: Toprak işlemeden sonraki anız miktarı (g)

3.4.8. Çalışma Hızı ve Patinajın Belirlenmesi

Denemelerde ilerleme hızının belirlenmesi amacıyla, tarlada traktör ile çalışma sırasında 50 m mesafelerle iki noktaya yerleştirilen jalonlar arasındaki mesafenin alınması için geçen süre, kronometre yardımıyla üç tekerrürlü ölçülmüştür. Bu mesafe ve ölçülen süreye göre ilerleme (gerçek hız) hızı aşağıda verilen eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$v = \frac{L}{t} \quad (3.5)$$

v : Traktör Gerçek ilerleme hızı ($m s^{-1}$)

L : Jalonlar arasındaki mesafe (m)

t : Jalonlar arasındaki mesafenin alınmasında geçen süre (s)

Patinaj oranının bulunması için traktör muharrrik tekerlek çevresi ve bir devirde aldığı yol hesaplanmıştır. Daha sonra iki jalon arasındaki mesafe tekerleğin bir devrinde alması gereken yola bölünerek, traktör tekerleğinin belirlenen mesafede yapacağı devir sayısı bulunmuştur. Aşağıdaki eşitlikle de teorik hız hesaplanmıştır.

$$V_t = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} \quad (3.6)$$

V_t = Teorik hız ($m \cdot s^{-1}$)

D = Tekerlek çapı (m)

n = Tekerlek devir sayısı (min^{-1})

Yukarıda belirlenen veriler yardımıyla patinaj oranı aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$S = \frac{v - V_t}{v} \times 100 \quad (3.7)$$

S = Patinaj oranı (%)

v = Traktör gerçek ilerleme hızı ($m s^{-1}$)

V_t = Teorik hız ($m s^{-1}$)

3.4.9. Çeki Direnci Gereksiniminin Ölçülmesi

Çeki direnci değerleri her bir uygulamada, traktörün üç nokta askı sistemi bağlantı noktalarına, kuyruk milinden hareketli tek etkili diskli tırmığın üç adet çeki pimi ile bağlanması ile ölçülmüştür (Şekil 3.24). Denemeler sırasında üç noktadan alınan çeki direnci değerleri veri toplayıcıya kg cinsinden kaydedilmiştir. Veri toplayıcı

olarak kullanılan Datataker saniyede 2 veri kaydedecek şekilde ayarlanmıştır. Kaydedilen sonuçlar daha sonra bilgisayar ortamında Microsoft Excel programına aktarılarak sonuçların değerlendirmeleri yapılmıştır.



Şekil.3.24. Çeki kuvveti ölçümü

3.4.10. Tork Ölçümü

Kuyruk milinden hareketlendirilen tek etkili diskli tırmığın tork değerleri her bir uygulamada, traktörün kuyruk miline bağlanmış torkmetre ile Nm cinsinden ölçülmüştür (şekil 3.25). Denemeler sırasında torkmetreden alınan tork değerleri veri toplayıcıya kaydedilmiştir. Veri toplayıcı olarak Datum marka dijital göstergeli veri toplayıcı kullanılmıştır. Veri toplayıcıya kaydedilen değerler daha sonra bilgisayar ortamında Microsoft Excel programına aktarılarak değerlendirmeler yapılmıştır.



Şekil.3.25. Tork ölçümü

3.4.11. Yakıt Tüketimi ölçümü

Çalışma esnasında traktörün anlık yakıt tüketimini net bir şekilde ölçebilmek için yakıt ölçerin bağlantılarından bir tanesi yakıt deposundan motora giden yakıt hattına, diğeri ise motordan yakıt deposuna giden geri dönüş hattına bağlanmıştır (Şekil 3.26). Yakıt ölçer, motor yakıt hattına ve geri dönüş hattından yakıt deposuna giden yakıt miktarını ayrı ayrı ölçerek traktörün tükettiği net yakıt miktarı $l\ h^{-1}$ olarak belirlenmiştir.



Şekil.3.26. Yakıt ölçer

3.5. Denemelerin Düzenlenmesi

Araştırma, $38^{\circ}02'44.5''$ N ve $32^{\circ}28'33.8''$ E koordinatlarında bulunan Konya ili Selçuklu ilçesi Sızma mahallesinde yaklaşık 15 da alanda 4-7 Kasım 2021 tarihleri arasında yürütülmüştür (Şekil 3.27).



Şekil.3.27. Deneme alanı uydu görüntüsü

Denemeler üç farklı disk devri ($N_1=104.97\ min^{-1}$, $N_2=119.97\ min^{-1}$ ve $N_3=143.96\ min^{-1}$), üç farklı disk yön açısı ($Y_1=16^{\circ}$, $Y_2=23^{\circ}$ ve $Y_3=30^{\circ}$) ve iki farklı disk çapında ($D_1=610\ mm$, $D_2=660\ mm$) yapılmıştır.

Farklı devirleri elde etmek için zincir dişli mekanizması üzerinde transmisyon ayarları yapılmıştır. Transmisyon ayarları özel olarak yaptırılmış iki adet dişlinin değiştirilmesi ile yapılmıştır (Şekil 3.28)



Şekil.3.28. Transmisyon dişlileri

Yön açılarının ayarlanmasında ise yine özel olarak yapılmış, makine üç nokta askı düzeni bağlantı noktalarına bağlanmış açığa göre sağ ya da sol tarafa bağlanmış bağlantı parçaları kullanılmıştır (Şekil 3.29).



Şekil.3.29. Yön açısı değiştirme aparatları

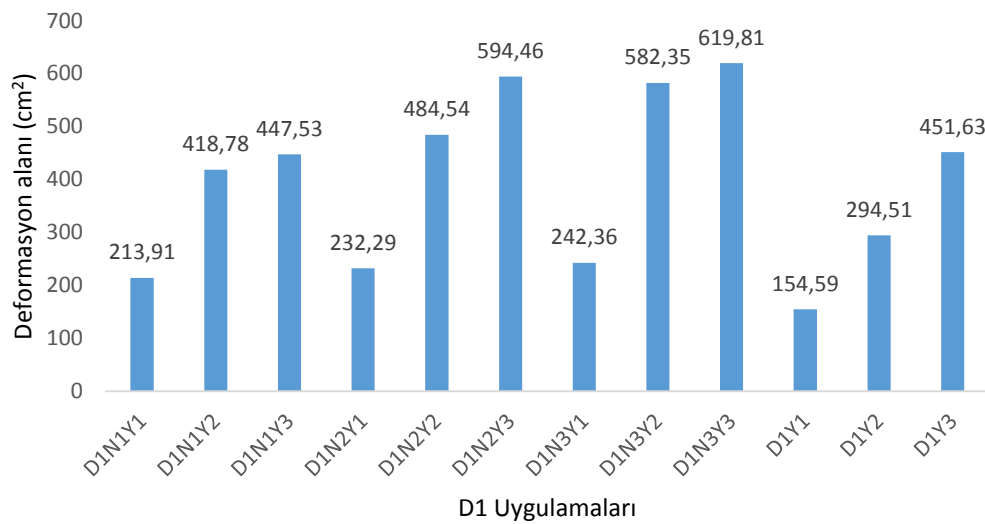
Denemeler ilk önce makine üzerindeki 610 mm çapı ile daha sonrada bu diskler çıkartılarak aynı disk aralık mesafesinde 660 mm çapındaki diskler takılarak denemeler yapılmıştır. Daha sonra hareket iletim sisteminde disk bataryalarına hareket veren zincir dişli mekanizmaları devre dışı bırakılmış ve makine kuyruk mili olmadan topraktan hareketini alan serbest hareketli diskli tırmık olarak kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Deformasyon Alanı

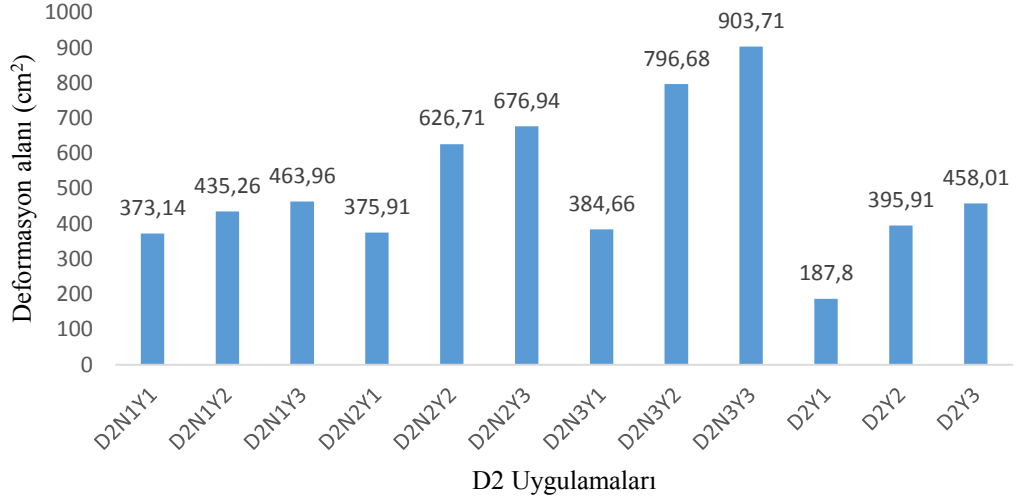
Denemelere ait deformasyon alanları her iki çap uygulaması için Şekil 4.1 ve 4.2’de verilmiştir.

D1 çaplı disk uygulamalarında (Şekil 4.1) deformasyon alanları 154.59 –619.81 cm² arasında değişim göstermiştir. En az deformasyon alanı 154.59 cm² ile D₁Y₁ uygulamasından elde edilirken, en fazla deformasyon alanı 619.81 cm² ile D₁N₃Y₃ uygulamasından elde edilmiştir.



Şekil.4.1. D1 Uygulamalarına ait deformasyon alanları

D₂ çaplı disk uygulamalarında (Şekil 4.2) deformasyon alanları 187.8 – 903.71 cm² arasında değişim göstermiştir. En az deformasyon alanı 187.8 cm² ile D₂Y₁ uygulamasından elde edilirken, en fazla deformasyon alanı 903.71 cm² ile D₂N₃Y₃ uygulamasından elde edilmiştir.



Şekil.4.2. D2 Uygulamalarına ait deformasyon alanları

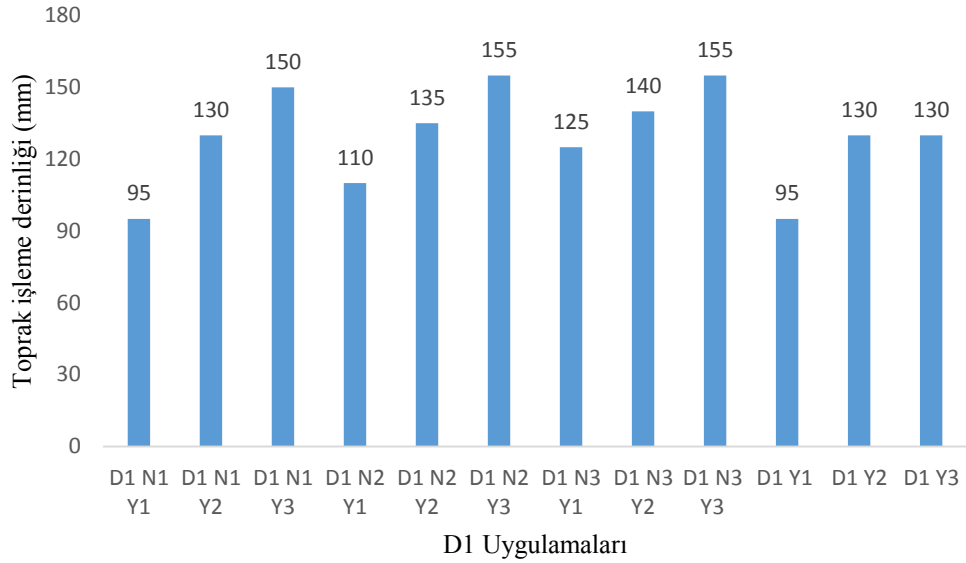
Şekil 4.1 ve 4.2. incelendiğinde her iki disk çapında (D), aynı devir sayısında(N), disk yön açısı(Y) arttığında deformasyon alanlarının da arttığı görülmektedir. Disk çapı ve disk yön açısının artışına bağlı olarak, diskin kesme genişliği ve iş derinliğinin de artması deformasyon alanının artmasına neden olmuştur.

D1 disk çapına sahip kuyruk milinden hareketli diskli tırmık disk devrinin artması ile D1 uygulamaları arasında en yüksek deformasyon alanı $D_1N_3Y_3$ uygulamasından elde edilirken en düşük deformasyon alanı $D_1N_1Y_1$ uygulamasından elde edilmiştir. Benzer şekilde Nalavade ve ark. (2010), da diskli tırmık diskinin herhangi bir güç kaynağı ile tahrik edilmesi ile toprak hacminin işlenmesi üzerinde ve dolayısıyla diske etki eden kuvvetler üzerinde önemli bir etki oluşturduğunu ve yüksek disk yön açılarında, işlenen toprağın hacmini artırdığını bildirmişlerdir.

4.2. Toprak işleme derinliği

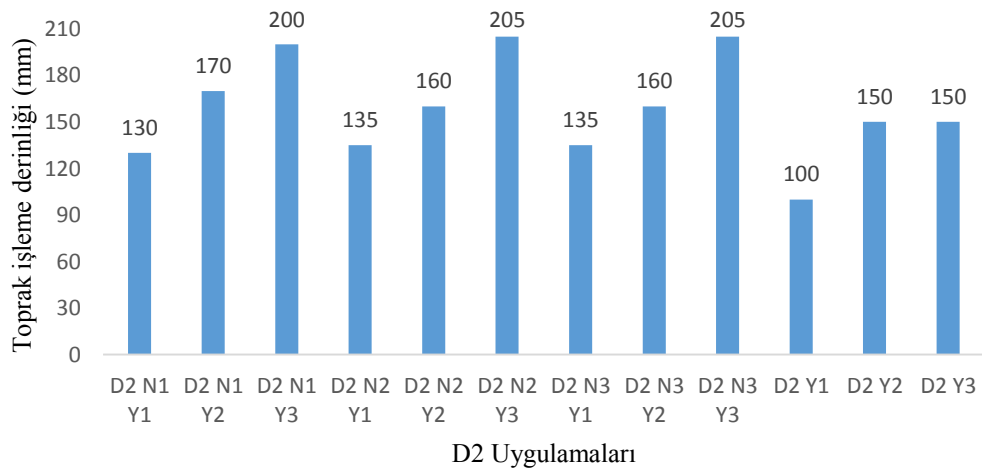
Denemelere ait toprak işleme derinlikleri her iki çap uygulaması için Şekil 4.3 ve 4.4'de verilmiştir.

D_1 disk çapında en düşük toprak işleme derinliği 95 mm ile D_1Y_1 ve $D_1N_1Y_1$ uygulamalarında elde edilirken, en yüksek toprak işleme derinliği ise 155 mm ile $D_1N_2Y_3$ ve $D_1N_3Y_3$ uygulamalarından elde edilmiştir.



Şekil 4.3. D1 uygulamaları toprak işleme derinlikleri

D₂ disk çapında en düşük toprak işleme derinliği 100 mm ile D₂Y₁ uygulamasından elde edilirken, en yüksek toprak işleme derinliği 205 mm ile D₂N₂Y₃ ve D₂N₃Y₃ uygulamalarından elde edilmiştir.



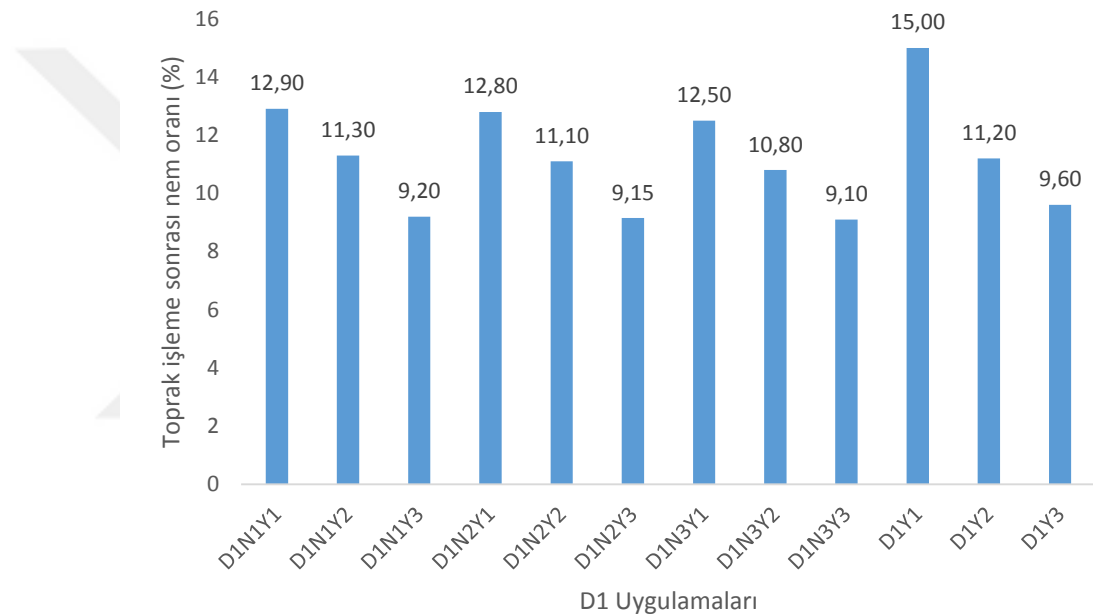
Şekil 4.4. D2 uygulamaları toprak işleme derinlikleri

Çelik ve Malaslı (2016) de yapmış oldukları araştırmada disk yön açısının artmasının çizi derinliğini arttırdığını bildirmişlerdir.

4.3. Nem Ölçümleri

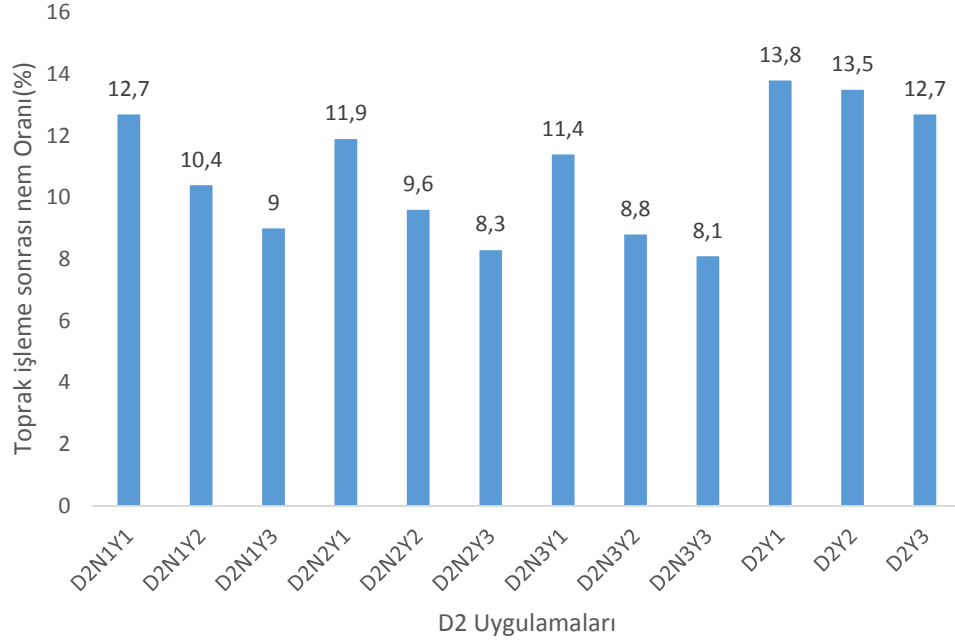
Denemelere ait nem oranları her iki çap uygulaması için Şekil 4.5 ve 4.6'da verilmiştir. Farklı noktalardan elde edilen toprak işleme öncesi ortalama nem oranı değeri %16.8 olarak belirlenmiştir. Toprak işleme sonrası nem ölçümleri 24. ve 48. saatlerde yapılmıştır.

D₁ çaplı disk uygulamalarında en yüksek nem oranı değeri %15 ile D₁Y₁ uygulamasında elde edilirken bunu sırayla %12.9 ve %12.8 ile D₁N₁Y₁ ve D₁N₂Y₁ uygulamaları takip etmiştir. En az nem oranı değeri %9.10 ile D₁N₃Y₃ uygulamasında elde edilirken bunu sırasıyla, %9.15 ve %9.20 ile, D₁N₂Y₃ ve D₁N₁Y₃ uygulamaları takip etmiştir.



Şekil.4.5. D1 Uygulamalarına ait nem oranları

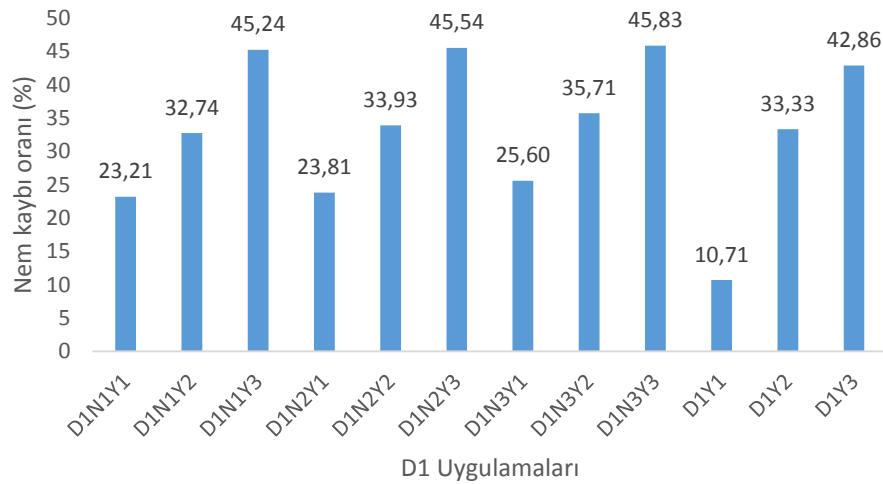
D₂ çaplı disk uygulamalarında en yüksek nem oranı değeri %13.8 ile D₂Y₁ uygulamasında elde edilirken bunu sırayla %13.5 ve %12.7 ile D₂Y₂ ve D₂Y₃-D₂N₁Y₁ uygulamaları takip etmiştir. En az nem oranı değeri %8.10 ile D₂N₃Y₃ uygulamasında elde edilirken bunu sırasıyla, %8.3 ve %8.8 ile D₂N₂Y₃ ve D₂N₃Y₂ uygulamaları takip etmiştir.



Şekil.4.6. D2 Uygulamalarına ait nem oranları

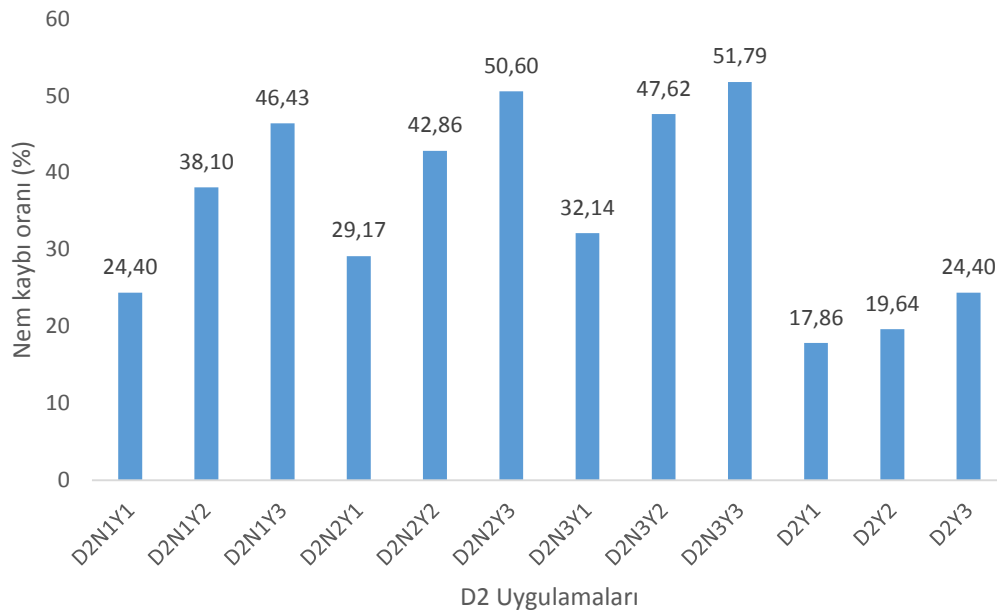
Denemelere ait nem kaybı oranları her iki çap uygulaması için Şekil 4.7 ve 4.8’de verilmiştir.

D₁ çaplı disk uygulamalarında en yüksek nem kaybı oranı %45.83 ile D₁N₃Y₃ uygulamasında elde edilirken bunu sırayla %45.54, %45.24 ve %42.86 ile D₁N₂Y₃, D₁N₁Y₃ ve D₁Y₃ uygulamaları takip etmiştir. En az nem kaybı oranı %10.71 ile D₁Y₁ uygulamasında elde edilirken bunu sırasıyla, %23.21, %23.81 ve %25.60 ile D₁N₁Y₁, D₁N₂Y₁ ve D₁N₃Y₁ uygulamaları takip etmiştir.



Şekil.4.7. D1 Uygulamalarına ait nem kaybı oranları

D_2 çaplı disk uygulamalarında en yüksek nem kaybı oranı %51.79 ile $D_2N_3Y_3$ uygulamasında elde edilirken bunu sırayla %50.60, %47.62 ve %46.43 ile $D_2N_2Y_3$, $D_2N_3Y_2$ ve $D_2N_1Y_3$ uygulamaları takip etmiştir. En az nem kaybı oranı %17.86 ile D_2Y_1 uygulamasında elde edilirken bunu sırasıyla, %19.64 ve %24.40 ile D_2Y_2 , $D_2N_1Y_1 - D_2Y_3$ uygulamaları takip etmiştir

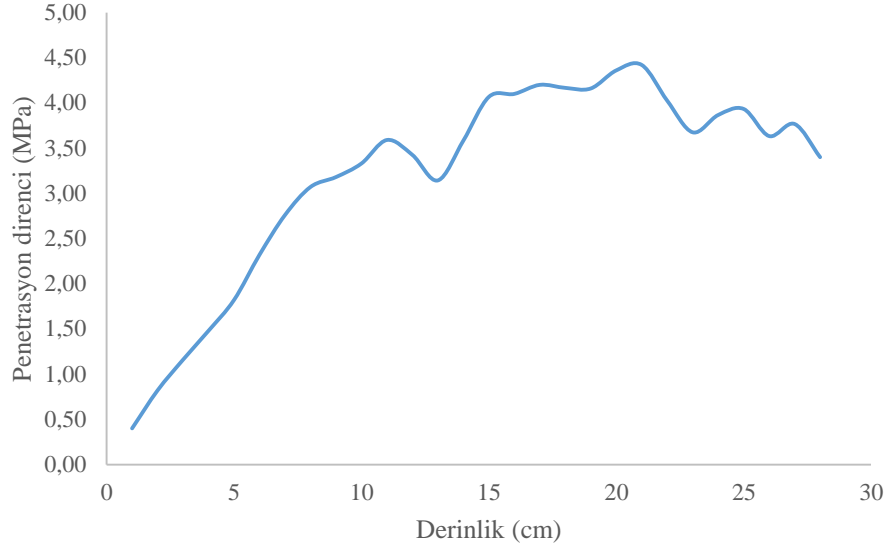


Şekil 4.8. D2 Uygulamalarına ait nem kaybı oranları

Denemelerden sonra her bir uygulamadan ölçülen nem oranları içinde Y_3 uygulamalarından elde edilen nem değerlerinin en düşük değerler olduğu görülmüştür. D_1 uygulamaları içinde en fazla nem oranı %15 ile D_1Y_1 uygulamasından, D_2 uygulamaları içinde en fazla nem oranı %13.8 ile D_2Y_1 uygulamasından elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara paralel olarak, Barzegar ve ark. (2004) da toprak işleme sistemleri ve toprak nem içeriklerinin, tüm agregat büyüklük sınıfları göz önüne alındığında agregat büyüklük dağılımı üzerine önemli etkisi olduğunu bildirmişlerdir.

4.4. Penetrasyon Direnci

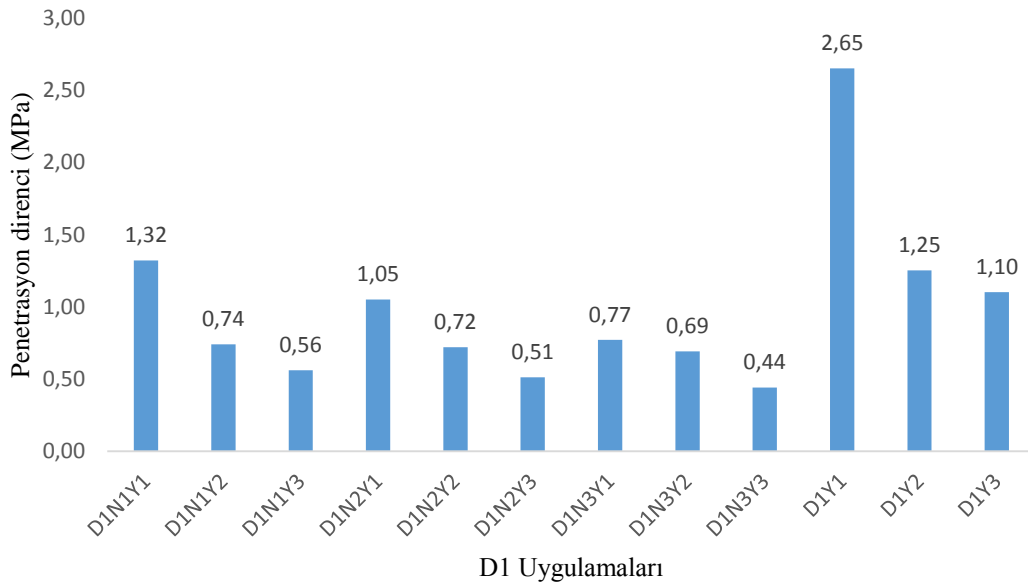
Deneme alanından toprak işleme öncesinde yapılan penetrasyon direnci ölçümlerinde 0 - 280 mm derinliğindeki sonuçlar 0.40 – 4.36 MPa arasında ölçülmüştür. Toprak işleme öncesi deneme alanının penetrasyon direnci değerlerindeki değişim Şekil 4.9' de verilmiştir.



Şekil 4.9. Toprak işleme öncesi penetrasyon direnci değerleri

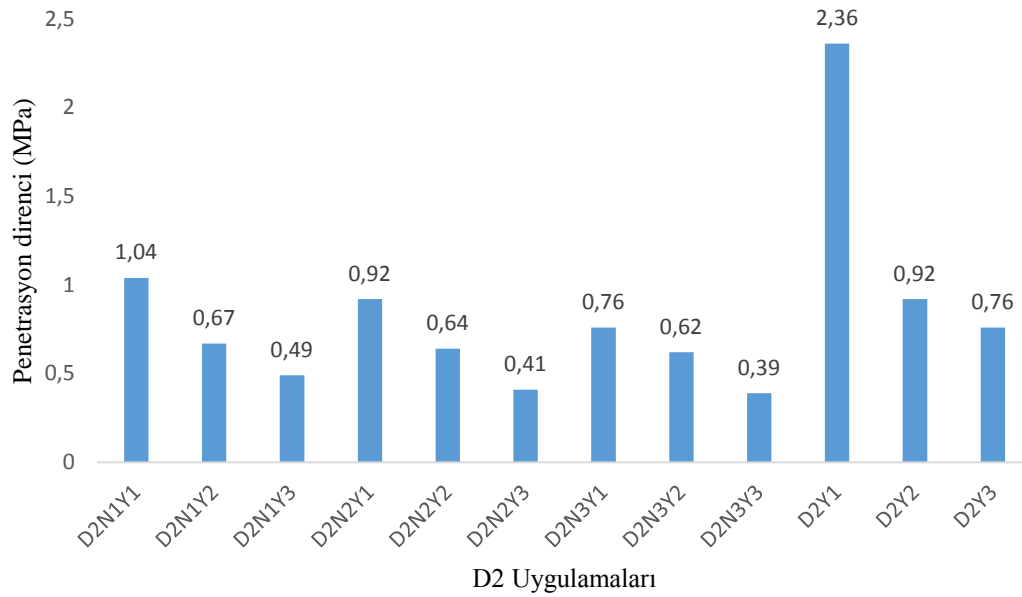
Toprak işleme sonrası denemelere ait penetrasyon direnci değerleri her iki çap uygulaması için Şekil 4. 10 ve 4.11’de verilmiştir.

D₁ çap uygulamalarında elde edilen en düşük ortalama (9.5-15.5 cm arasındaki çalışma derinliklerinde) penetrasyon direnci 0.44 MPa ile D₁N₃Y₃ uygulamasından elde edilirken bunu sırasıyla 0.51 MPa ve 0.56 MPa ile D₁N₂Y₃ ve D₁N₁Y₃ uygulamaları takip etmiştir. En yüksek ortalama penetrasyon direnci değeri 2.65 MPa ile D₁Y₁ uygulamasından elde edilirken bunu sırayla 1.32 MPa ve 1.25 MPa ile D₁N₁Y₁ ve D₁Y₂ uygulamaları takip etmiştir.



Şekil.4.10. D₁ Uygulamalarına penetrasyon direnci değerleri

D₂ çap uygulamalarında elde edilen en düşük ortalama (10-20.5 cm arasındaki çalışma derinliklerinde) penetrasyon direnci 0.39 MPa ile D₂N₃Y₃ uygulamasından elde edilirken bunu sırasıyla 0.41 MPa ve 0.49 MPa ile D₂N₂Y₃ ve D₂N₁Y₃ uygulamaları takip etmiştir. En yüksek ortalama penetrasyon direnci değeri 2.36 MPa ile D₂Y₁ uygulamasından elde edilirken bunu sırayla 1.04 MPa, 0.92 MPa ile D₂N₁Y₁ ve D₂N₂Y₁-D₂Y₂ uygulamaları takip etmiştir.



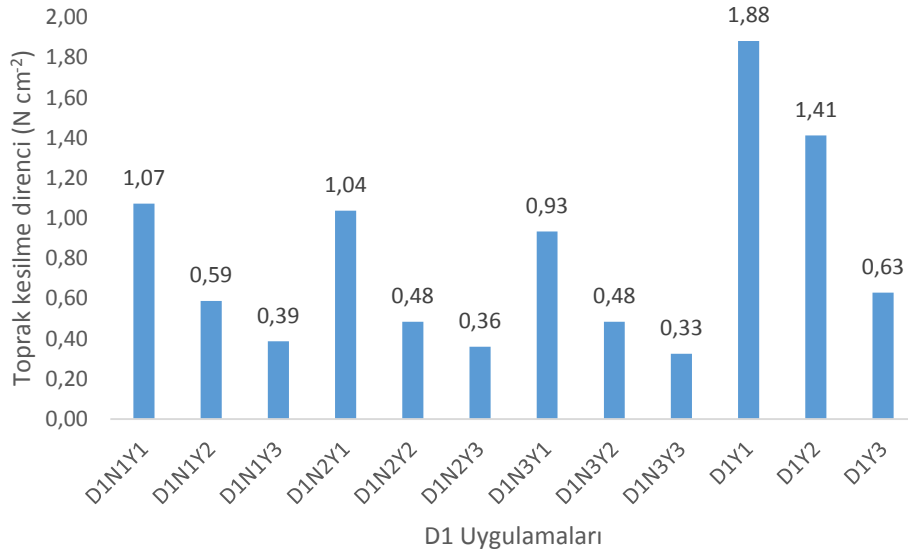
Şekil.4.11. D₂ Uygulamalarına ait penetrasyon direnci değerleri

4.5. Kesilme Direnci

Toprak işleme öncesi deneme alanından farklı noktalardan alınan toprak kesilme direnci değerlerinin ortalaması 2.47 N.cm⁻² olarak belirlenmiştir.

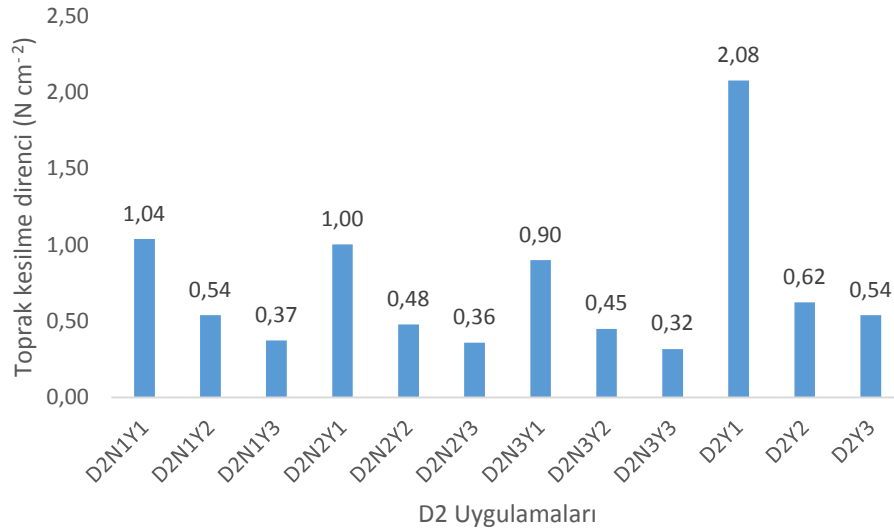
Toprak işleme sonrası deneme alanının ortalama toprak kesilme direnci değerleri Şekil 4.12 ve 4.13' de verilmiştir.

Denemelerden elde edilen toprak işleme sonrası en düşük ve en yüksek kesilme direnci değerleri D₁ çapındaki disk için 0.33 – 1.88 N cm⁻² olarak belirlenmiştir. En düşük kesilme direnci 0.33 N.cm⁻² olarak D₁N₃Y₃ uygulamasında elde edilmiş ve bunu 0.36 Ncm⁻² ile D₁N₂Y₃, 0.39 Ncm⁻² kesilme direnci ile de D₁N₁Y₃ uygulamaları takip etmiştir.



Şekil.4.12. D₁ uygulamalarına ait toprak kesilme direnci değerleri

D₂ çapına ait denemelerden elde edilen en düşük ve en yüksek kesilme direnci değerleri 0,32 – 2,08 N cm⁻² olarak belirlenmiştir. En düşük kesilme direnci 0,32 N cm⁻² ile D₂N₃Y₃ uygulamasından elde edilirken bunu 0,36 N cm⁻² ve 0,37 N.cm⁻² kesilme direnci değeri ile D₂N₂Y₃ ve D₂N₁Y₃ uygulamaları takip etmiştir.



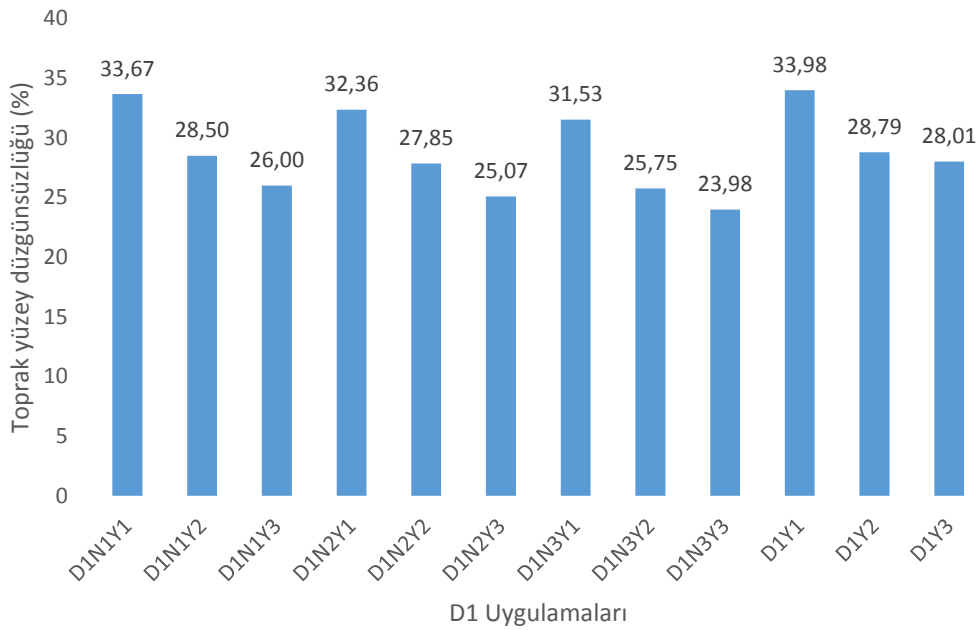
Şekil.4.13. D₂ Uygulamalarına ait toprak kesilme direnci değerleri

Her iki çaptaki diskler de de Y₁ yön açısındaki uygulamaların kesilme direnci değerleri diğer uygulamalar içerisindeki değerlerden daha fazla bulunmuştur.

4.6. Yüzey Profil Düzensüzlüğü

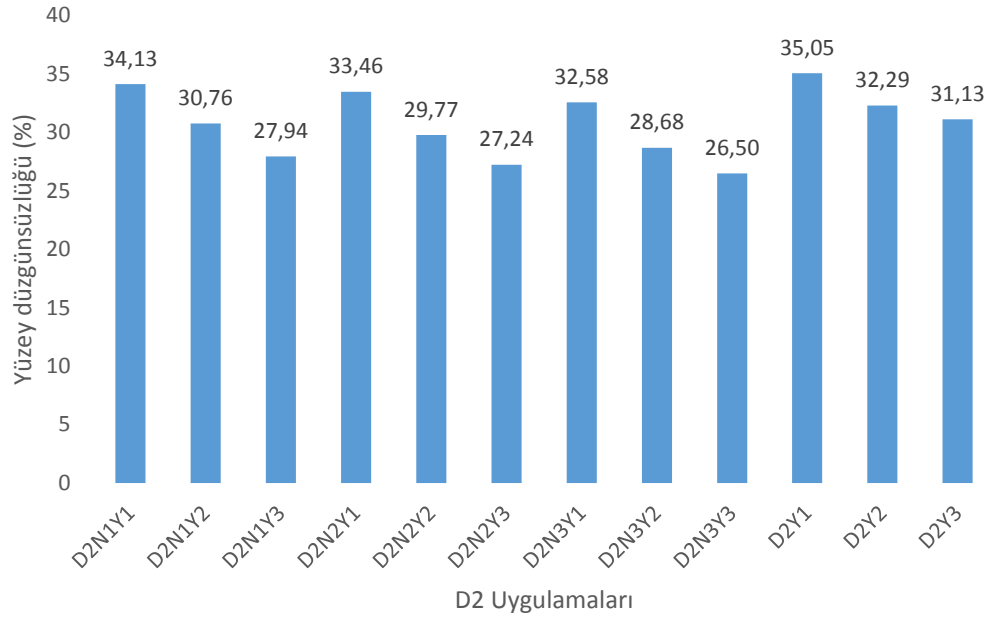
Toprak işleme öncesi yüzey profil düzensüzlüğü değeri %2.16 olarak elde edilmiştir. Toprak işleme sonrası deneme alanının yüzey profil düzensüzlüğü değerleri Şekil 4.14 ve 4.15’ de verilmiştir.

D₁ çapındaki disk uygulamalarında elde edilen yüzey profil düzensüzlüğü değerleri %23.98-33.98 arasında değişim göstermiştir. En düşük yüzey profil düzensüzlüğü değeri %23.98 ile D₁N₃Y₃ uygulamasından elde edilmiştir. En yüksek değer ise %33.98 ile D₁Y₁ uygulamasından elde edilmiştir.



Şekil.4.14. D₁ Uygulamalarına ait yüzey profil düzensüzlüğü

D₂ çapındaki disk uygulamalarında elde edilen yüzey profil düzensüzlüğü değerleri %26.50-35.05 arasında değişim göstermiştir. En düşük yüzey profil düzensüzlüğü değeri %26.50 ile D₂N₃Y₃ uygulamasından elde edilmiştir. En yüksek değer ise %35.05 ile D₂Y₁ uygulamasından elde edilmiştir.



Şekil.4.15. D₂ Uygulamalarına ait Yüzey profil düzgünlüğü

Uygulamalar arasında en yüksek yüzey profil düzgünlüğü değerlerinin Y₁ uygulamalarında (Şekil 4.16) elde edilmesinin sebebi düşük yön açısından dolayı iş derinliğinin az olması ve disklerin yeteri kadar toprak hacmi kesememesi, kesilen toprağı da bir önceki diskin kestiğı toprağın üzerine doğru atamamasından kaynaklandığı söylenebilir. Y₃ uygulamalarının (Şekil 4.17) yüzey profil düzgünlüğünün düşük olmasının sebebi ise yüksek yön açısı ve yüksek devir sayısından dolayı parçalamanın etkin olması ve disklerin birbirinin üzerine doğru boşluk kalmayacak şekilde toprağı daha düzgün profil bırakacak şekilde atması olarak açıklanabilir.



Şekil 4. 16. Y₁ uygulamalarına ait yüzey profil düzgünlüğü

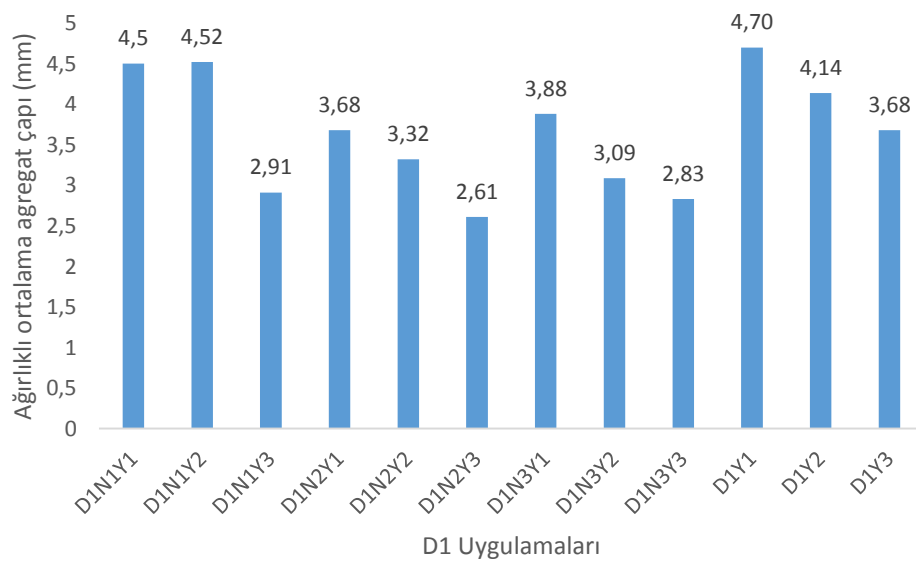


Şekil 4.17. Yüksek yön açısındaki makinenin çalışma anı

4.7. Ağırlıklı Ortalama Çap

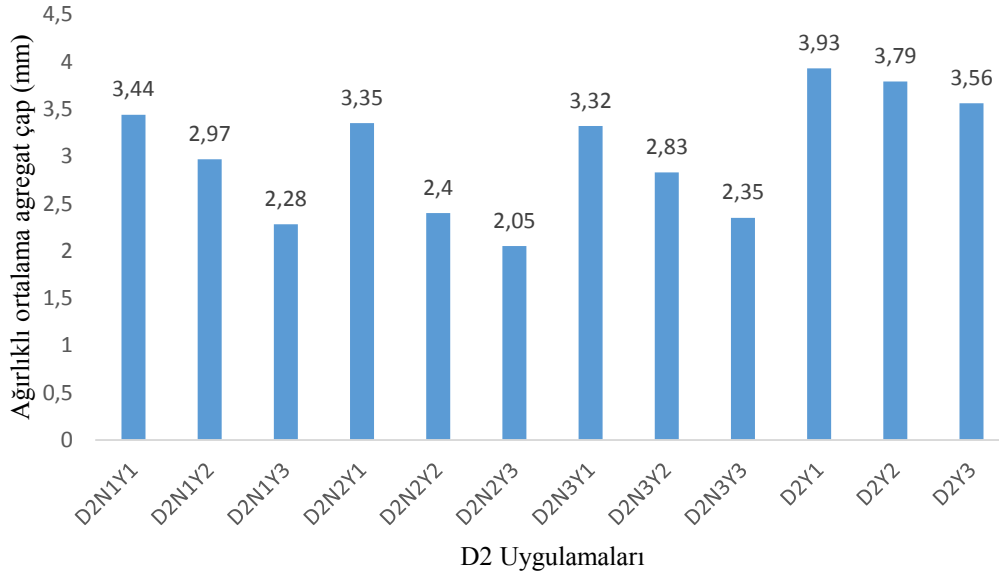
Denemelere ait ağırlıklı ortalama çap değerleri her iki çap uygulaması için Şekil 4.18 ve 4.19’da verilmiştir.

Yapılan ölçüm ve hesaplamalar sonucunda D_1 uygulamalarında ağırlıklı ortalama çap 2.61-4.70 mm arasında değişim göstermiştir. En düşük ağırlıklı ortalama çap değeri 2.61 değeri ile $D_1N_2Y_3$ uygulamasından elde edilirken bunu sırayla 2.83 mm ile $D_1N_3Y_3$, 2.91 mm ile $D_1N_1Y_3$ uygulamaları takip etmiştir. En yüksek değerler ise sırasıyla 4.70 mm, 4.52 mm ve 4.5 mm olarak D_1Y_1 , $D_1N_1Y_2$ ve $D_1N_1Y_1$ uygulamalarından elde edilmiştir.



Şekil 4.18. D_1 uygulamalarına ait ağırlıklı ortalama çap değerleri

D_2 uygulamalarında ise ağırlıklı ortalama çap 2.05-3.93 mm arasında değişim göstermiştir. En düşük ağırlıklı ortalama çap değeri 2.05 değeri ile $D_2N_2Y_3$ uygulamasından elde edilirken bunu sırayla 2.28 mm ile $D_2N_1Y_3$, 2.35 mm ile $D_2N_3Y_3$ uygulamaları takip etmiştir. En yüksek değerler ise sırasıyla 3.93 mm, 3.79 mm ve 3.56 mm olarak D_2Y_1 , D_2Y_2 ve D_2Y_3 uygulamalarından elde edilmiştir.

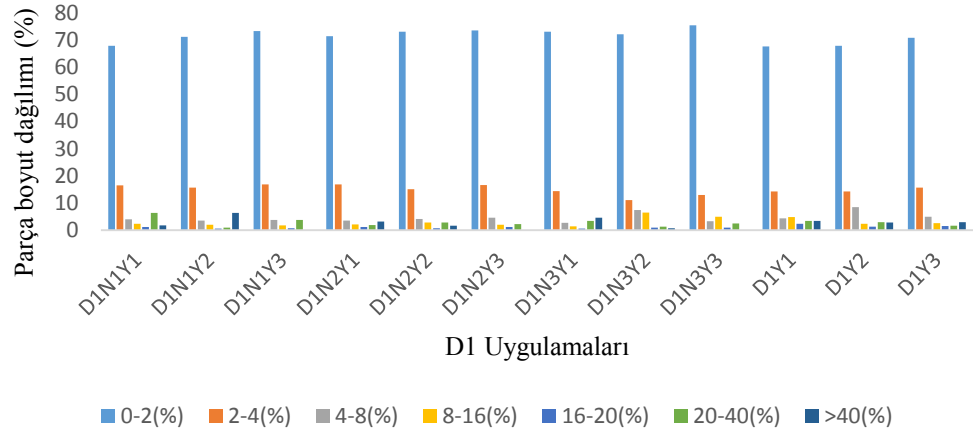


Şekil. 4.19. D_2 uygulamalarına ağırlıklı ortalama agregat çapı değerleri

Denemeler sonucunda elde edilen parça boyut dağılım oranları Şekil 4.20. ve 4.21’de verilmiştir. Şekil 4.20 ve 4.21’i incelediğimizde 0-16 mm aralığındaki parça boyut dağılımının bütün uygulamalar içinde en yüksek değerini %98.64 değeri ile $D_2N_2Y_3$ uygulamasından elde edilirken bunu %98.32 ile $D_2N_1Y_3$ uygulaması takip etmiştir. 16-40 mm aralığındaki parça boyut dağılımı en yüksek %9.64 ile D_2Y_1 uygulamasından elde edilirken bunu %9.22 ile $D_1N_1Y_1$ uygulaması takip etmiştir. Toprak parçacık büyüklüğü ile ilgili yapılan farklı çalışmalar incelendiğinde, bitki gelişiminin en iyi çap aralığı, 1-10 mm toprak parçacık boyutlarına sahip olan tohum yatağında elde edildiğini bildirmişlerdir (Adam ve Erbach, 1992; Braunack, 1995; Ülger, 2011).

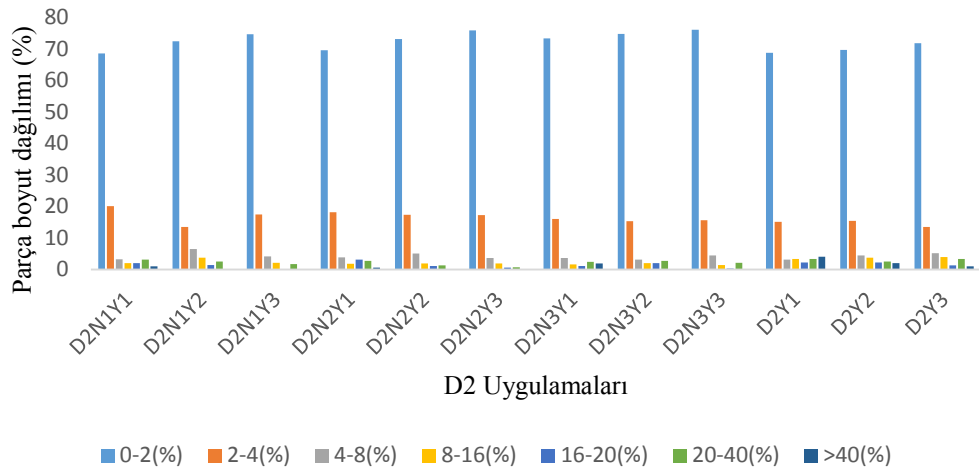
D_1 çaplı diskin $D_1N_3Y_3$ uygulamasında 0–2 mm arası boyut dağılımının % 75.50 oranında en yüksek olduğu, 2–4 mm arası boyut dağılımının en yüksek %16.87 ile $D_1N_2Y_1$ uygulamasında olduğu görülmektedir. 4–8 mm boyut dağılımında en yüksek %8.42 oranı ile D_1Y_2 olduğu ve bunu %7.42 ile $D_1N_3Y_2$ uygulaması takip etmiştir. 8-16 mm boyut dağılımında % 6.41 oranı ile $D_1N_3Y_2$ uygulaması en yüksek orana sahip olmuştur. 16-20 mm ve 20-40 mm boyut dağılımında en düşük değerler sırasıyla % 0.51

ve % 0.88 oranları ile $D_1N_1Y_2$ uygulamasından elde edilmiştir. $40 <$ boyut dağılımında $D_1N_1Y_3$, $D_1N_2Y_3$ ve $D_1N_3Y_3$ uygulamalarında hiçbir değer alınamamış ve en büyük değer %6.36 oranı ile $D_1N_1Y_2$ uygulamasından elde edilmiştir (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. D1 uygulamasına ait parça boyut dağılımı

D_2 çaplı diskin $D_2N_3Y_3$ uygulamasında 0–2 mm arası boyut dağılımının % 76.05 oranında en yüksek olduğu, 2–4 mm arası boyut dağılımının en yüksek %20.11 ile $D_2N_1Y_1$ uygulamasında olduğu görülmektedir. 4–8 mm boyut dağılımında en yüksek %6.54 oranı ile $D_2N_1Y_2$ olduğu ve bunu %5.13 ve %5.10 ile D_2Y_3 ve $D_2N_2Y_2$ uygulamaları takip etmiştir. 8-16 mm boyut dağılımında % 3.95 oranı ile D_2Y_3 uygulaması en yüksek orana sahip olmuştur. 16-20 mm ve 20-40 mm boyut dağılımında en düşük değerler sırasıyla % 0.29 ve % 0.72 oranları ile $D_2N_3Y_3$ ve $D_2N_2Y_3$ uygulamasından elde edilmiştir. $40 <$ boyut dağılımında $D_2N_1Y_2$, $D_2N_1Y_3$, $D_2N_2Y_2$, $D_2N_2Y_3$, $D_2N_3Y_2$ ve $D_2N_3Y_3$ uygulamalarında değer alınamamış ve en büyük değer %4.02 oranı ile D_2Y_1 uygulamasından elde edilmiştir (Şekil 4.21).



Şekil 4.21. D_2 uygulamasına ait parça boyut dağılımı

Denemelere ait ağırlıklı ortalama çap değerleri üzerine yapılan varyans analizi ve Tukey testi sonuçları Çizelge 4.1’ de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Ağırlıklı Ortalama Çap (AOÇ) Üzerine Yapılan Varyans Analizi ve Tukey Testi Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KT	KO	P
D	1	6.7204	6.7204	0
N	2	2.7464	1.3732	0
Y	2	12.8385	6.4193	0
D*N	2	1.0114	0.5057	0
D*Y	2	0.3017	0.1509	0.002
N*Y	4	1.0505	0.2626	0
D*N*Y	4	0.6717	0.1679	0*
Hata	36	0.7278	0.0202	0
Toplam	53			

*p<0.05

Denemelerde elde edilen AOÇ değerleri üzerine yapılan varyans analizine göre, D x N x Y interaksiyonu p<0.05seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Önemli çıkan bu interaksiyon üzerine Tukey testi yapılmıştır.

Çizelge 4.2. Uygulamalara ait AOÇ değerleri

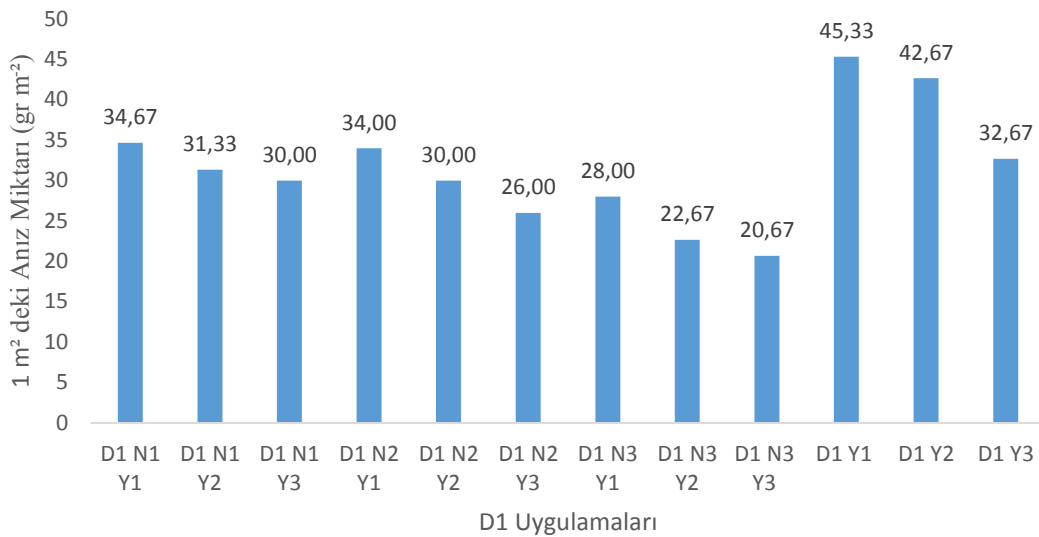
Uygulamalar	A.OÇ. (mm)
D ₁ N ₁ Y ₂	4.52a
D ₁ N ₁ Y ₁	4.5a
D ₁ N ₃ Y ₁	3.88b
D ₁ N ₂ Y ₁	3.68bc
D ₂ N ₁ Y ₁	3.44cd
D ₂ N ₂ Y ₁	3.35cde
D ₂ N ₃ Y ₁	3.32cdef
D ₁ N ₂ Y ₂	3.32cdef
D ₁ N ₃ Y ₂	3.09defg
D ₂ N ₁ Y ₂	2.97efgh
D ₁ N ₁ Y ₃	2.91fgh
D ₂ N ₃ Y ₂	2.83ghı
D ₁ N ₃ Y ₃	2.83ghı
D ₁ N ₂ Y ₃	2.61hiş
D ₂ N ₂ Y ₂	2.4ijk
D ₂ N ₃ Y ₃	2.35jk
D ₂ N ₁ Y ₃	2.28jk
D ₂ N ₂ Y ₃	2.05k

Tukey testi sonuçlarına göre en iyi sonuç disk çapı 660 mm, 119.97 min⁻¹ disk devrinde ve 30⁰ yön açısında (D₂N₂Y₃) elde edilmiştir. Bu uygulamayı D₂N₁Y₃ ve D₂N₃Y₃ uygulamaları takip etmiştir. Bu iki uygulama arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır. Sonuç olarak, AOÇ ve parça boyut dağılımı açısından en uygun toprak işleme 660 mm disk çapında, 30⁰ yön açısında ve üç farklı disk devrinde çalışılması durumunda elde edildiği söylenebilir.

4.8. Anız Miktarı ve Gömülme Oranı

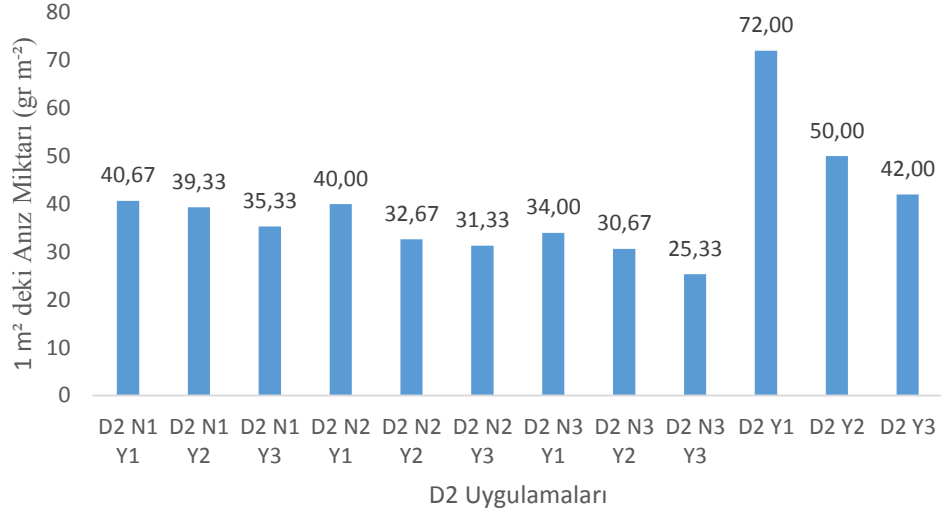
Denemelere ait anız miktarları her iki çap uygulaması için Şekil 4.22 ve 4.23’de verilmiştir. Farklı noktalardan elde edilen toprak işleme öncesi metrekaresine düşen anız miktarı değeri ortalama 162.67 gram olarak belirlenmiştir.

Denemeler sonunda yapılan ölçümlerde birim alandaki en düşük anız miktarı D₁ çaplı disk uygulamalarında 20.67 gr m⁻² ile D₁N₃Y₃ uygulamasından elde edilirken bunu 22.67 gr.m⁻² ile D₁N₃Y₂ ve 26 gr.m⁻² ile D₁N₂Y₃ uygulamaları takip etmiştir. En fazla anız miktarı ise 45.33 gr m⁻² ile D₁Y₁ uygulamasından elde edilirken, bunu 42.67 gr m⁻² ile D₁Y₂ ve 34.67 gr m⁻² ile D₁N₁Y₁ uygulamaları takip etmiştir.



Şekil.4.22. D₁ Uygulamalarına ait birim alandaki anız miktarı

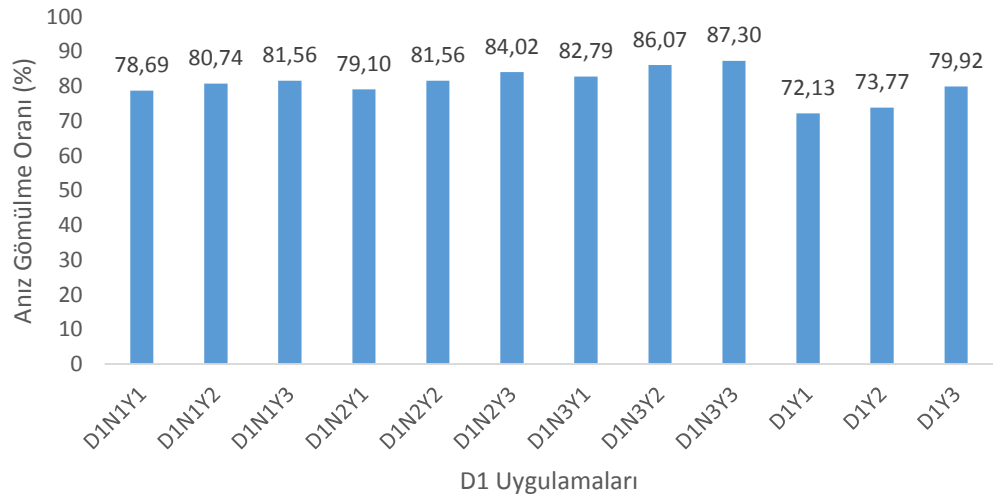
D₂ çaplı disk uygulamalarında en az anız miktarı 25.33 gr m⁻² ile D₂N₃Y₃ uygulamasından elde edilirken bunu 30.67 gr m⁻² ile D₂N₃Y₂ ve 31.33 gr m⁻² ile D₂N₂Y₃ uygulamaları takip etmiştir. En fazla anız miktarı ise 72 gr m⁻² ile D₂Y₁ uygulamasından elde edilirken, bunu sırasıyla 50 gr m⁻² ile D₂Y₂ ve 42 gr m⁻² ile D₂Y₃ uygulamaları takip etmiştir.



Şekil.4.23. D₂ Uygulamalarına ait birim alandaki anız miktarı

Denemelere ait anız gömülme oranları her iki çap uygulaması için Şekil 4.24 ve 4.25’de verilmiştir.

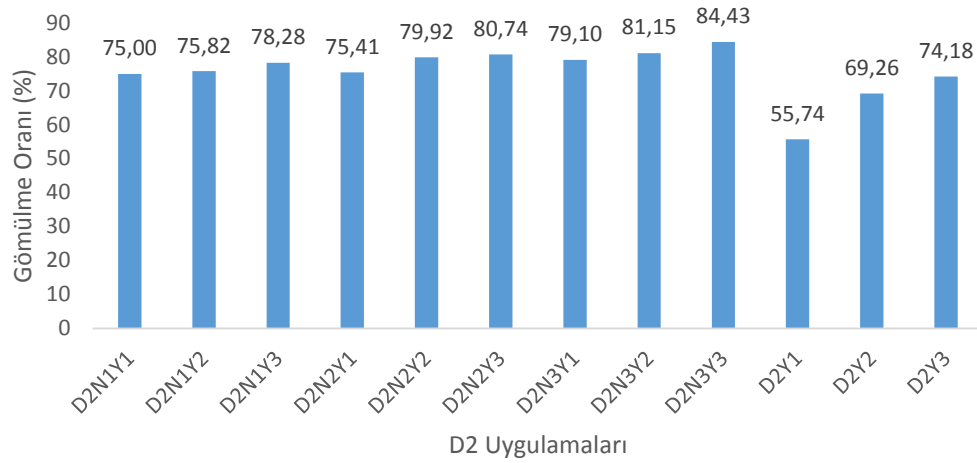
D₁ çaplı disk uygulamalarında en yüksek anız gömülme oranı, %87.30 ile D₁N₃Y₃ uygulamasından elde edilirken bunu %86.07 ile D₁N₃Y₂ ve %84.02 ile D₁N₂Y₃ uygulamaları takip etmiştir. En az anız gömülme oranı ise %72.13 ile D₁Y₁ uygulamasından elde edilirken bunu %73.77 ile D₁Y₂ ve %78.69 ile D₁N₁Y₁ uygulamaları takip etmiştir.



Şekil.4.24. D₁ Uygulamalarına ait birim alandaki anız gömülme oranı

D₂ çaplı disk uygulamalarında en yüksek anız gömülme oranı, %84.43 ile D₂N₃Y₃ uygulamasından elde edilirken bunu %81.15 ile D₂N₃Y₂ ve %80.74 ile D₂N₂Y₃ uygulamaları takip etmiştir. En az anız gömülme oranı ise %55.74 ile D₂Y₁

uygulamasından elde edilirken bunu %69.26 ile D₂Y₂ ve %74.18 ile D₂Y₃ uygulamaları takip etmiştir.



Şekil.4.25. D₂ Uygulamalarına ait birim alandaki anız gömülme oranı

Toprak işleme sonrasında anız miktarı için yapılan ölçüm ve hesaplamalar sonucunda, her iki disk çapında da disk devir sayısı ve yön açısı arttıkça toprak yüzeyindeki anız miktarında azalma olduğu görülmüştür.

Her iki disk çapında da hareketini topraktan alan diskli tırmık uygulamalarında ki en düşük anız miktarı Y₃ uygulamalarından elde edilirken, bütün uygulamalar içinde en fazla anız miktarları Y₁ uygulamalarından elde edilmiştir. Düşük disk devri ve disk yön açısının kullanıldığı uygulamalarda çalışma derinliğinin daha düşük olması, anızın kesilip toprak içine karıştırılmasının yeterli olmamasının nedeni olarak görülmektedir. Çalışma derinliğinin arttırılması, toprak kesme kuvvetlerinde, toprak ve kalıntı karışımında artışa neden olmuştur (Zeng ve ark., 2021). Anız gömülme oranlarının en yüksek olduğu uygulamaların, anız miktarı en düşük olan uygulamalarda olduğu görülmüştür. Upadhyay ve Raheman (2020a), hem mahsul kalıntısı gömme verimliliği hem de toprak keseklerinin tozlaşmasının hız oranındaki artışla (disk devrinin artması ve ilerleme hızındaki azalma) arttığı, disk devri 95'ten 133 min⁻¹ 'e yükseltilmesi ile, toprak işleme kalitesinde önemli bir iyileşme olduğunu belirlemişlerdir. (Dursun ve ark., 1999) ise, diskli pullukla çalışmada diskin durum ve yön açılarının artmasıyla anız gömme oranının % 82.9 ile % 87.6 arasında değişen oranlarda arttığını ve diskli anız bozma pulluğunda da yön açısının 16⁰'den 24⁰'ye çıkmasıyla anız gömme oranının % 12.7'lik bir artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

Disk yön açıları aynı olan farklı disk devirlerinde devir sayısı arttıkça anız miktarının azaldığı görülmektedir. D₁ disk çapında, N₁ devrinde ve Y₁ yön açısında anız

miktarı 34.67 gr m⁻² iken D₁N₂Y₁ uygulamasından 34 gr m⁻², D₁N₃Y₁ uygulamasından ise 28 gr m⁻² olarak bulunmuştur.

Disk çapının artırılmasının aynı devir sayısı ve aynı yön açılarındaki anız miktarını artırdığı görülmüştür. D₁N₃Y₃ uygulamasından elde edilen anız miktarı 20.67 gr m⁻² iken D₂N₃Y₃ uygulamasından elde edilen anız miktarı 25.33 gr m⁻² olarak elde edilmiştir. D₂N₃Y₃ uygulamasından elde edilen anız miktarı D₁N₃Y₃ uygulamasından elde edilen anız miktarından %18.39 daha fazla olduğu görülmüştür.

Hareketini topraktan alan diskli tırmık uygulamalarında da aynı yön açısından disk çapının artırılmasının, anız miktarının artmasına neden olduğu görülmüştür. D₁Y₁ uygulamasında anız miktarı 45.33 gr m⁻² iken D₂Y₁ uygulamasında 72 gr m⁻² olduğu belirlenmiştir.

Unger (1984), kulaklı ve diskli pullukların anız gömme oranlarını % 90, diskli anız bozma pulluğu, ofset ve tandem diskaro da % 50, çizel de % 25, ot yolucu ve kültivatör de % 10 olduğunu açıklamıştır.

Göknur ve Özarlan (1995) ise, traktör ilerleme hızının yüzey artıklarının gömülme oranına etkisini incelemişler ve 3.69 km.h⁻¹ ile 5.92 km.h⁻¹ arasındaki ilerleme hızlarında en yüksek gömülme oranının elde edildiğini belirtmişlerdir.

Raper (2001), yüksek iş derinliklerinde diskli toprak işleme makinelerinin, bitki atıklarının toprağa gömülmesinde çizele kıyasla daha etkili olduklarını belirlemiştir.

4.9. Çalışma Hızı ve Patinaj

Denemelere ait çalışma hızları (v), disk çevre hızı (u) ve u/v oranları her iki çap uygulaması için Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Kuyruk milinden hareketli makine uygulamaları için ilerleme ve disk çevre hızları her bir uygulama için ayrı ayrı belirlenmiştir. Belirlenen disk çevre hızlarına bağlı olarak disk çevre hızının ilerleme hızına oranı hesaplanmıştır.

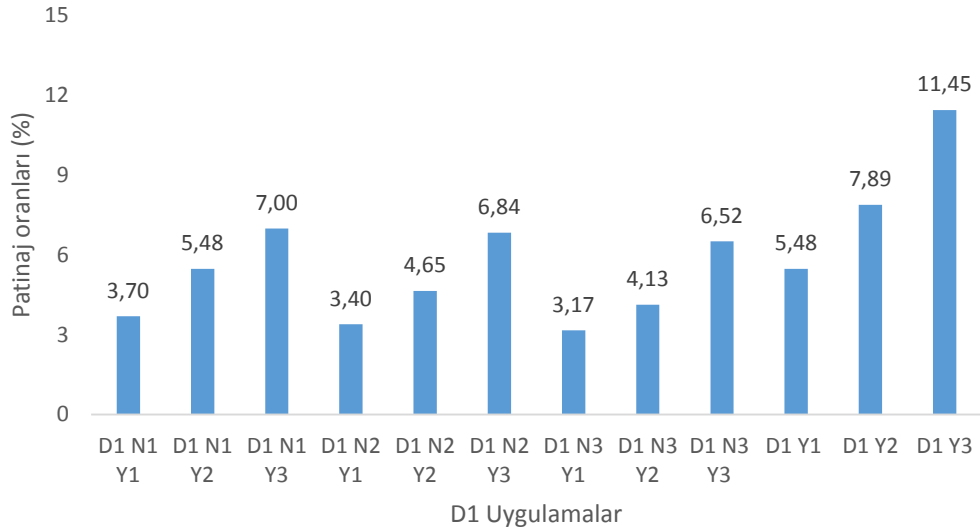
Çizelge 4.2. Uygulamalara ait ilerleme hızları, disk çevre hızları ve u/v oranları

D ₁ Uygulamalar	(u) m s ⁻¹	(v) m s ⁻¹	u/v	D ₂ Uygulamalar	(u) m s ⁻¹	(v) m s ⁻¹	u/v
D ₁ N ₁ Y ₁	3.35	1.11	3.03	D ₂ N ₁ Y ₁	3.63	1.09	3.31
D ₁ N ₁ Y ₂	3.35	1.09	3.08	D ₂ N ₁ Y ₂	3.63	1.08	3.36
D ₁ N ₁ Y ₃	3.35	1.07	3.13	D ₂ N ₁ Y ₃	3.63	1.07	3.39
D ₁ N ₂ Y ₁	3.83	1.11	3.45	D ₂ N ₂ Y ₁	4.14	1.10	3.76
D ₁ N ₂ Y ₂	3.83	1.10	3.49	D ₂ N ₂ Y ₂	4.14	1.09	3.79
D ₁ N ₂ Y ₃	3.83	1.07	3.57	D ₂ N ₂ Y ₃	4.14	1.07	3.87
D ₁ N ₃ Y ₁	4.60	1.11	4.13	D ₂ N ₃ Y ₁	4.97	1.11	4.47
D ₁ N ₃ Y ₂	4.60	1.10	4.17	D ₂ N ₃ Y ₂	4.97	1.10	4.53
D ₁ N ₃ Y ₃	4.60	1.08	4.28	D ₂ N ₃ Y ₃	4.97	1.07	4.63
D ₁ Y ₁		1.09		D ₂ Y ₁		1.08	
D ₁ Y ₂		1.06		D ₂ Y ₂		1.05	
D ₁ Y ₃		1.02		D ₂ Y ₃		1.01	

Uygulamalar arasında en düşük u/v oranı 3.03 ile D₁N₁Y₁ uygulamasından elde edilirken, en yüksek u/v oranı ise 4.63 ile D₂N₃Y₃ uygulamasından elde edilmiştir. Disk çevre hızının ilerleme hızından fazla olması dolayısıyla u/v oranının yüksek olması, toprağın iyi bir şekilde işlenmesinde ve bitki kalıntılarının kesilip parçalanarak toprağa karıştırılmasında etkili olmuştur. Upadhyay ve Raheman (2020b), en iyi performansı elde etmek için disklerin çevre hızı ve ilerleme hız oranının (u/v) 3.0 ile 4.0 arasında tutulmasını önermişlerdir. Upadhyay ve Raheman (2020a), toprak işleme performans endeksi açısından, genel performans göz önüne alındığında, ön diskleri PTO'dan hareketlendirilen, arka diskleri serbest hareketli olan çift etkili diskli tırmıkla, toprak işlemenin 3.09 hız oranına karşılık gelen 4.55 km.h⁻¹ ileri hızda ve 133 min⁻¹'de yapılmasını önermişlerdir.

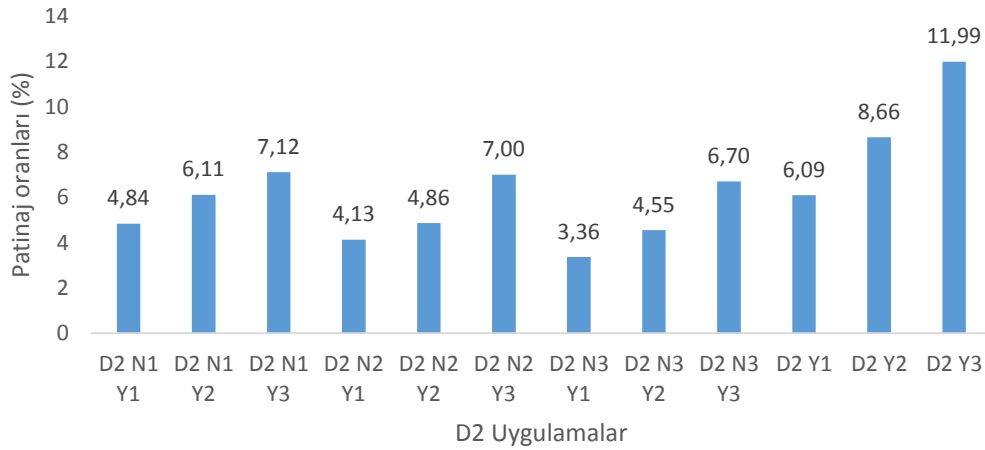
Denemelere ait patinaj oranları her iki çap uygulaması için Şekil 4.26 ve 4.27'de verilmiştir

D₁ çaplı disk uygulamalarında en az patinaj oranı %3.17 oranı ile D₁N₃Y₁ uygulamasında gerçekleşmiştir. Bunu sırasıyla %3.40 ve %3.70 patinaj oranları ile D₁N₂Y₁ ve D₁N₁Y₁ uygulamaları takip etmiştir. En fazla patinaj oranı ise %11.45 ile D₁Y₃ uygulamasında gerçekleşmiştir. Bunu sırasıyla %7.89 ve %7 patinaj oranları ile D₁Y₂ ve D₁N₁Y₃ uygulamaları takip etmiştir.



Şekil.4.26. D₁ Uygulamalarına ait patinaaj oranları

D₂ çaplı disk uygulamalarında en az patinaaj oranı %3.36 oranı ile D₂N₃Y₁ uygulamasında gerçekleşmiştir. Bunu sırasıyla % 4.13 ve % 4.55 patinaaj oranları ile D₂N₂Y₁ ve D₂N₃Y₂ uygulamaları takip etmiştir. En fazla patinaaj oranı ise %11.99 ile D₂Y₃ uygulamasında gerçekleşmiştir. Bunu sırasıyla %8.66 ve %7.12 patinaaj oranları ile D₂Y₂ ve D₂N₁Y₃ uygulamaları takip etmiştir.



Şekil.4.27. D₂ Uygulamalarına ait patinaaj oranları

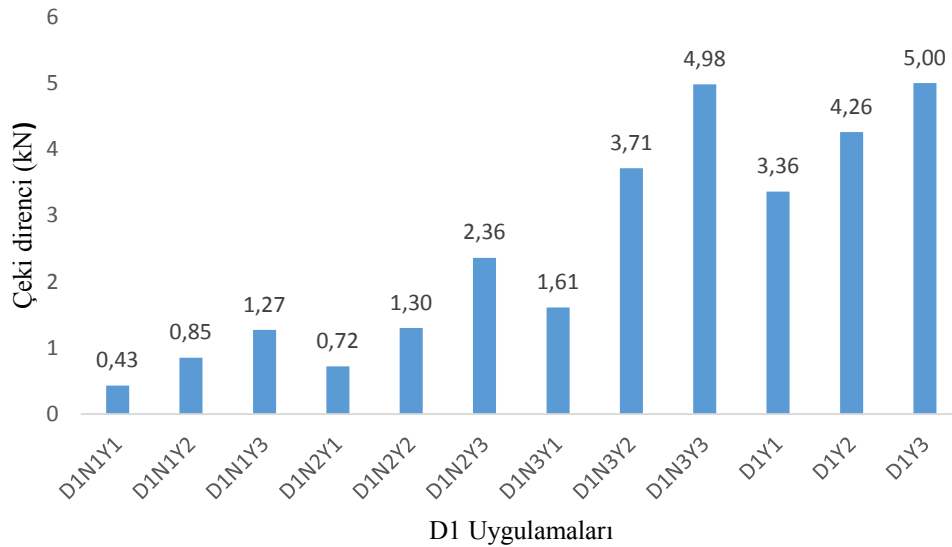
Bütün uygulamalarda yön açısının artması ile artan çalışma derinliğinin de etkisi sonucu ilerleme hızının düşmesine bunun sonucunda da patinaaj oranının artmasına sebep olduğu belirlenmiştir. Alamin (2017), disk yön açısının istatistiki olarak traktörün patinaaj oranına etkisinin $\alpha:0.01$ seviyesinde önemli olduğunu, disk yön açısının artmasıyla traktörün patinaajının da arttığı bildirmiştir. Upadhyay ve Raheman (2020b)

ise ön bataryası PTO ile hareketlendirilen, arka bataryası topraktan hareketini alan çift etkili diskli tırmığın disk devrinin $95-150 \text{ min}^{-1}$, ilerleme hızının $3.46-6.82 \text{ km.h}^{-1}$ ve $80-120 \text{ mm}$ çalışma derinliklerinde, çeki kuvveti gereksinimi ve tekerlek kaymasının, topraktan hareketini alan diskli tırmığa kıyasla sırasıyla %47.8 ve %69 daha az olduğunu belirlemişlerdir.

4.10.Çeki Kuvveti İhtiyacı ve Çeki Gücü İhtiyacı

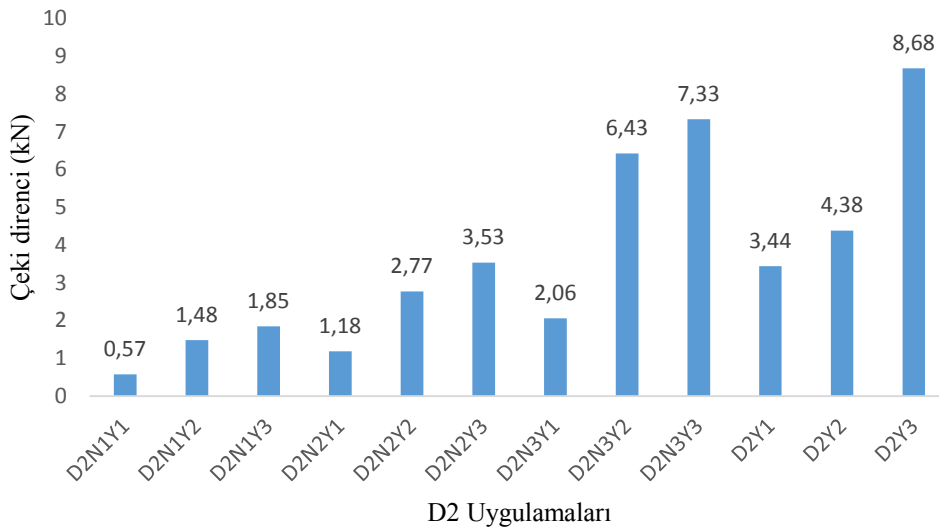
Toprak işleme sırasında yapılan ölçümler sonucunda elde edilen çeki kuvveti değerleri Şekil 4.27 ve 4.28’de verilmiştir.

D_1 çaplı disk için elde edilen çeki kuvveti değerleri $0.43 - 5 \text{ kN}$ arasında elde edilmiştir. En yüksek çeki kuvveti değeri 5 kN ile D_1Y_3 uygulamasından elde edilirken bunu sırasıyla 4.98 kN ile $D_1N_3Y_3$ ve 4.26 kN ile D_1Y_2 uygulamaları takip etmiştir. En düşük çeki kuvveti değeri ise 0.43 kN ile $D_1N_1Y_1$ uygulamasından elde edilirken bunu sırasıyla 0.72 kN ile $D_1N_2Y_1$ ve 0.85 kN ile $D_1N_1Y_2$ uygulamaları takip etmiştir.



Şekil.4.27. D_1 Uygulamalarına ait çeki direnci değerleri

D_2 çaplı disk için elde edilen çeki kuvveti değerleri $0.57 - 8.68 \text{ kN}$ arasında elde edilmiştir. En yüksek çeki kuvveti değeri 8.68 kN ile D_2Y_3 uygulamasından elde edilirken bunu sırasıyla 7.33 kN ile $D_2N_3Y_3$ ve 6.43 kN ile $D_2N_3Y_2$ uygulamaları takip etmiştir. En düşük çeki kuvveti değeri ise 0.57 kN ile $D_2N_1Y_1$ uygulamasından elde edilirken bunu sırasıyla 1.18 kN ile $D_2N_2Y_1$ ve 1.48 kN ile $D_2N_1Y_2$ uygulamaları takip etmiştir.



Şekil.4.28. D₂ Uygulamalarına ait çeki direnci değerleri

Behera ve Raheman (2021), rotavatörün çalıştırılmasında tüm u/v oranlarında, derinliğin artması ile toprak direncinin de artması sonucu itme kuvvetinin arttığını bildirmişlerdir. Shinnars ve ark. (1993) ise rotavatörün çalışması sırasında hem ileri hem de yukarı doğru toprak reaksiyonlarının geliştiğini ve ileri doğru tepkinin, negatif çeki oluşturduğunu, yukarı doğru tepkinin de, aletin ağırlığını azalttığını belirlemişlerdir. Yön açısının artması ve kertikli diskin toprağı daha iyi kavraması sonucu işlenen toprak hacminin artmasına ve böylece çeki kuvveti ihtiyacının artmasına neden olmaktadır. Upadhyay ve ark. (2017), harici güç ile hareketlendirilen disklerin 20° yön açısında, 12 cm çalışma derinliğinde çalıştırmak için gereken çeki kuvvetinin 2.01 ila 2.65 kN arasında değiştiğini belirtmişler ve tüm test koşullarında çalışma derinliğinin artmasıyla harici güçlendirilmiş disklerin çeki ihtiyacının arttığını açıklamışlardır. Nalavade ve ark. (2010), 23°, 28° ve 33° disk yön açılarında hareketini topraktan alan serbest dönen disklerde gözlemlenen çeki kuvvetinin, sırasıyla 620 N, 860 N ve 947 N olduğunu ve aynı yön açılarında kuyruk milinden hareketlendirilen diskli tırmıkta 188 N, 254 N ve 360 N' a düştüğünü bildirmişlerdir. Serbest dönen toprak işleme diskinin hareketi, diskin önünde toprak birikmesine ve sıkışmasına neden olarak daha yüksek çeki değerlerine neden olduğunu bildirmişlerdir. Hann ve ark. (1989), Salokhe ve Quang (1995), Hann ve Giessibl (1998), hareketini harici bir güç kaynağından alan disklerde elde edilen çeki kuvvetinin, topraktan hareketini alan serbest hareketli diskli tırmıklardan elde edilen çeki kuvvetinden önemli miktarda

azalma olduğunu gösteren sonuçlar bildirmişlerdir. Serbest dönen diskin pasif toprak kırılması sağladığını, buna karşın harici bir güç ile hareketlendirilen diskin pozitif kesme hareketi ile toprak bozulması sağladığını, dolayısıyla daha düşük çeki ihtiyacına yol açtığını belirtmişlerdir. Serbest dönen diskli tırmık diskinin hareketinin, diskin önünde toprak birikmesine ve sıkışmasına neden olduğunu ve bunun da daha yüksek çeki kuvveti ihtiyacı oluşturduğunu bildirmişlerdir. Harici bir güç ile hareketlendirilen diskli tırmıklarda ise disk, zeminin yana doğru düzgün bir şekilde yer değiştirmesini sağlayıp, ön kısımdaki birikmeyi azalttı ve sonuç olarak serbest dönen diske kıyasla daha düşük çeki kuvvetine neden oldu (Nalavade ve ark., 2010). Sahu ve Raheman (2006), toprak kesilme direnci ile çeki kuvvetinin orantılı olduğunu bildirmişlerdir.

Behera ve Raheman (2021), rotovator ile çalışmada u/v oranı 4.05'ten 8.34'e yükseltildiğinde, negatif çeki gücündeki azalmanın, 80 mm ve 120 mm çalışma derinliğinde sırasıyla %82.94 ve %76.70 olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca yön açısı ve disk devir sayısı arttıkça, traktörün direksiyon hakimiyeti azalmakta ve çalışma sırasında ilerleme doğrultusu bozulduğu gözlemlenmiştir. Bu durum Srivastava ve ark. (1993) bulguları ile benzerlik göstermektedir.

Denemeler sonucunda elde edilen çeki kuvveti değerlerine göre elde edilen çeki gücü ihtiyaçları Çizelge 4.3'de verilmiştir. Bulunan çeki gücü ihtiyacı değerlerinin aynı çap ve devir sayılarında yön açısı arttıkça arttığı görülmüştür. Çizelge 4.3.'de görüldüğü gibi çap, devir ve yön açısı arttıkça çeki gücü ihtiyacı artmaktadır. Benzer şekilde, Salokhe ve ark. (1994) ise, harici güç ile hareketlendirilen disklerin 33° yön açısı ile çalışmada, 28° yön açısında çalışmaya göre daha fazla güç ihtiyacı, hareketini topraktan alan serbest diskli tırmıklara göre ise harici güçlendirilerek çalışan disklerin daha az çeki gücü ihtiyacı olduğunu bildirmişlerdir.

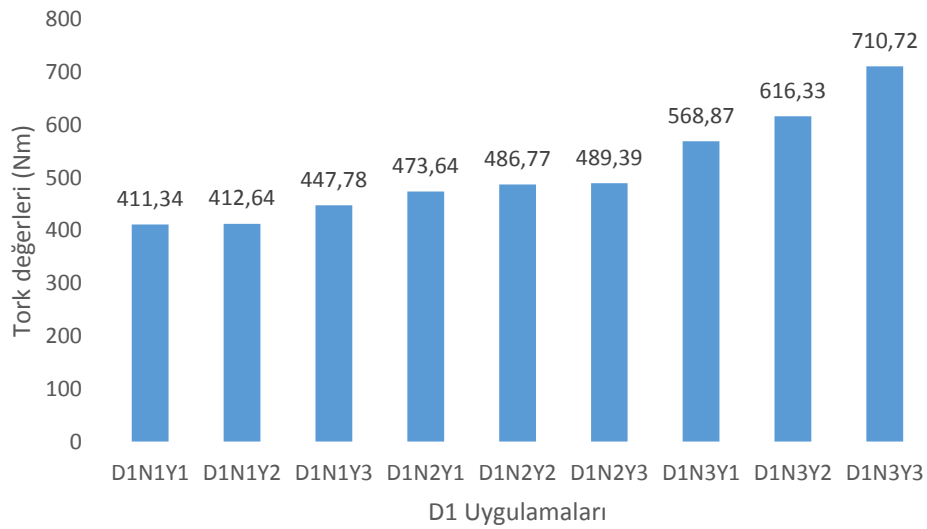
Çizelge 4.3. Uygulamalara ait çeki gücü ihtiyacı

Uygulamalar (D N Y)	Çeki Gücü (BG)	Uygulamalar (D N Y)	Çeki Gücü (BG)
D ₁ N ₁ Y ₁	0.65	D ₂ N ₁ Y ₁	0.83
D ₁ N ₁ Y ₂	1.27	D ₂ N ₁ Y ₂	2.13
D ₁ N ₁ Y ₃	1.81	D ₂ N ₁ Y ₃	2.63
D ₁ N ₂ Y ₁	1.08	D ₂ N ₂ Y ₁	1.73
D ₁ N ₂ Y ₂	1.93	D ₂ N ₂ Y ₂	4.01
D ₁ N ₂ Y ₃	3.16	D ₂ N ₂ Y ₃	5.00
D ₁ N ₃ Y ₁	2.44	D ₂ N ₃ Y ₁	3.07
D ₁ N ₃ Y ₂	5.58	D ₂ N ₃ Y ₂	9.47
D ₁ N ₃ Y ₃	7.13	D ₂ N ₃ Y ₃	10.59
D ₁ Y ₁	5.09	D ₂ Y ₁	5.21
D ₁ Y ₂	6.43	D ₂ Y ₂	6.59
D ₁ Y ₃	7.47	D ₂ Y ₃	12.90

4.11. Tork Ölçüm Sonuçları ve Kuyruk Mili Güç İhtiyacı

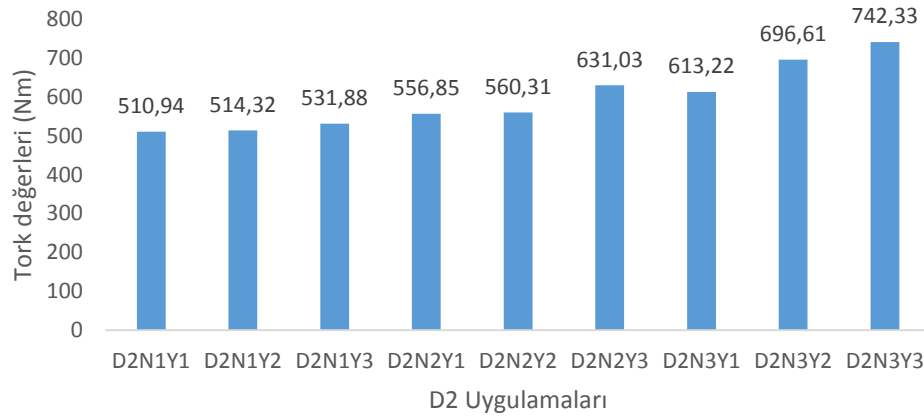
Toprak işleme sırasında yapılan ölçümler sonucunda elde edilen tork değerleri Şekil 4.29 ve 4.30'da verilmiştir.

D_1 çaplı disk uygulamalarına ait tork ölçümlerinde en yüksek tork değeri 710.72 Nm ile $D_1N_3Y_3$ uygulamasından elde edilirken ve bunu sırasıyla 616.33 Nm ile $D_1N_3Y_2$ ve 568.87 Nm $D_1N_3Y_1$ uygulamaları takip etmiştir. En az tork değeri 411,34 Nm ile $D_1N_1Y_1$ uygulamasından elde edilirken bunu sırasıyla 412.64 Nm ile $D_1N_1Y_2$ ve 447.78 Nm ile $D_1N_1Y_3$ uygulamaları takip etmiştir.



Şekil.4.29. D_1 Uygulamalarına ait tork değerleri

D_2 çaplı disk uygulamalarına ait tork ölçümlerinde en yüksek tork değeri 742.33 Nm ile $D_2N_3Y_3$ uygulamasından elde edilirken bunu sırasıyla 696.61 Nm ile $D_2N_3Y_2$ ve 631.03 Nm ile $D_2N_2Y_3$ uygulamaları takip etmiştir. En az tork değeri 510.94 Nm ile $D_2N_1Y_1$ uygulamasından elde edilirken bunu sırasıyla 514.32 Nm ile $D_2N_1Y_2$ ve 531.88 Nm ile $D_2N_1Y_3$ uygulamaları takip etmiştir.



Şekil.4.30. D₂ Uygulamalarına ait tork değerleri

D₁ ve D₂ çaplı disklere ait ölçümlerde disk devir sayısı ve disk yön açısı arttıkça tork değerlerinde yükselme görülmüştür. Her iki disk çapında da en düşük tork değerleri N₁Y₁ devrine ait uygulamalarda, en yüksek tork değerleri ise N₃Y₃ uygulamalarından elde edilmiştir. Yön açısı arttığı için toprak işleme derinliğinin ve kesilen toprak şerit genişliğinin artması, tork değerinin de artmasına neden olmuştur. Aynı şekilde disk çapının artması ile de uygulamalar arasında tork artışı meydana gelmiştir. Salokhe ve ark. (1994), 28° yön açısındaki spesifik tork gereksinimini 33° yön açısındaki spesifik tork gereksiniminden daha düşük bulmuşlardır. Balsari ve ark. (2021) ise, düşey milli döner tırmıklarda rotor hızı ve çalışma derinliği arttığında PTO torkunun arttığını belirlemiştir.

Denemeler sonucunda kuyruk mili tork değerlerine göre elde edilen kuyruk mili gücü ihtiyaçları Çizelge 4.4'da verilmiştir. Bulunan kuyruk mili gücü ihtiyacı değerlerinin, aynı çap ve devir sayılarında yön açısı arttıkça arttığı görülmüştür. Çizelge 4.4'de görüldüğü gibi çap, devir ve yön açısı arttıkça kuyruk mili gücü ihtiyacı da artmaktadır.

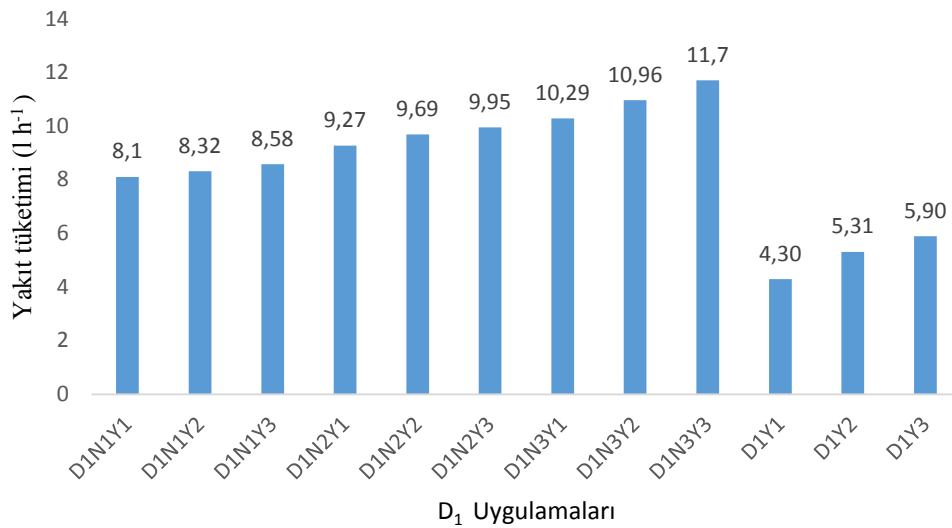
Çizelge 4.4. Uygulamalara ait kuyruk mili gücü ihtiyacı

Uygulamalar	Kuyruk Mili Gücü (BG)	Uygulamalar	Kuyruk Mili Gücü (BG)
D ₁ N ₁ Y ₁	31.01	D ₂ N ₁ Y ₁	38.52
D ₁ N ₁ Y ₂	31.11	D ₂ N ₁ Y ₂	38.78
D ₁ N ₁ Y ₃	33.76	D ₂ N ₁ Y ₃	40.10
D ₁ N ₂ Y ₁	35.71	D ₂ N ₂ Y ₁	41.99
D ₁ N ₂ Y ₂	36.70	D ₂ N ₂ Y ₂	42.25
D ₁ N ₂ Y ₃	36.90	D ₂ N ₂ Y ₃	47.58
D ₁ N ₃ Y ₁	42.89	D ₂ N ₃ Y ₁	46.24
D ₁ N ₃ Y ₂	46.47	D ₂ N ₃ Y ₂	52.52
D ₁ N ₃ Y ₃	53.59	D ₂ N ₃ Y ₃	55.97

4.12. Yakıt Tüketimi

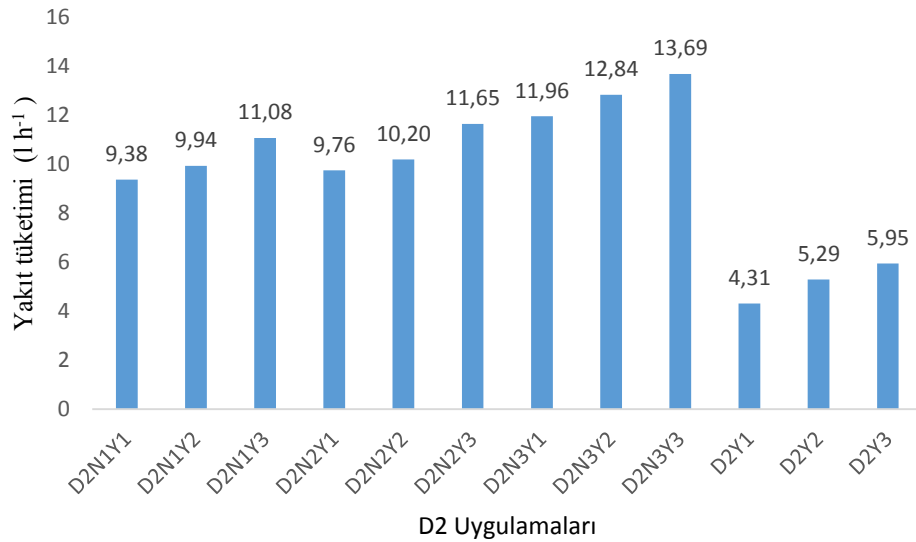
Toprak işleme sırasında yapılan ölçümler sonucunda elde edilen yakıt tüketimi değerleri Şekil 4.31 ve 4.32’de verilmiştir.

D_1 çaplı disk uygulamasına ait yakıt tüketimleri $4.30 - 11.7 \text{ l h}^{-1}$ arasında değişim göstermiştir. En az yakıt tüketimi, 4.30 l h^{-1} ile D_1Y_1 uygulamasından elde edilirken, bunu sırasıyla 5.31 l h^{-1} ile D_1Y_2 ve 5.90 l h^{-1} ile D_1Y_3 uygulamaları takip etmiştir. En fazla yakıt tüketimi ise 11.7 l h^{-1} ile $D_1N_3Y_3$ uygulamasından elde edilirken bunu sırasıyla 10.96 l h^{-1} ile $D_1N_3Y_2$ ve 10.29 l h^{-1} ile $D_1N_3Y_1$ uygulamaları takip etmiştir.



Şekil.4.31. D_1 Uygulamalarına ait yakıt tüketimi değerleri

D_2 çaplı disk uygulamasına ait yakıt tüketimleri $4.31 - 13.69 \text{ l h}^{-1}$ arasında değişim göstermiştir. En az yakıt tüketimi, 4.31 l h^{-1} ile D_2Y_1 uygulamasından elde edilirken, bunu sırasıyla 5.29 l h^{-1} ile D_2Y_2 ve 5.95 l h^{-1} ile D_2Y_3 uygulamaları takip etmiştir. En fazla yakıt tüketimi ise 13.69 l h^{-1} ile $D_2N_3Y_3$ uygulamasından elde edilirken bunu sırasıyla 12.84 l h^{-1} ile $D_2N_3Y_2$ ve 11.96 l h^{-1} ile $D_2N_3Y_1$ uygulamaları takip etmiştir.



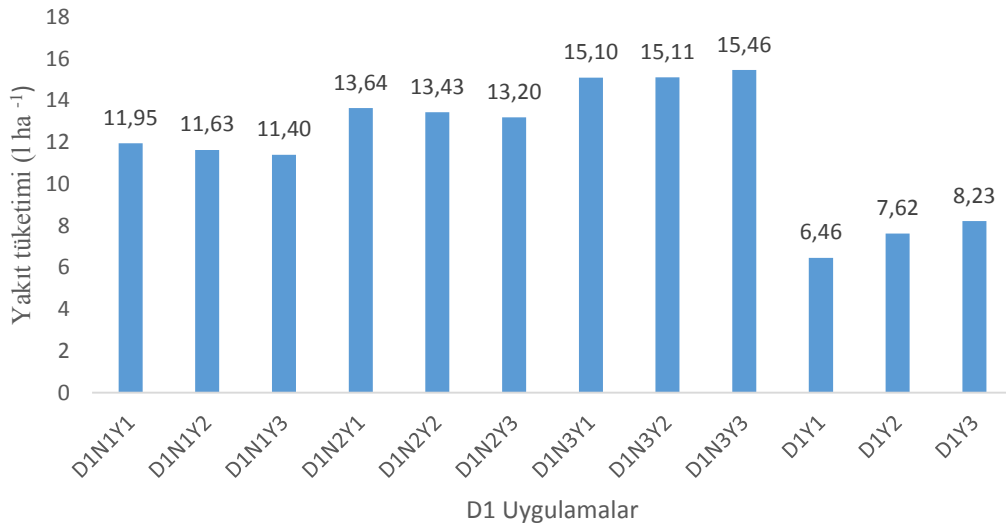
Şekil.4.32. D₂ Uygulamalarına ait yakıt tüketimi değerleri

Yakıt tüketimi bakımından uygulamalar incelendiğinde disk çapı, disk devir sayısı ve disk yön açısı arttıkça uygulamaların yakıt tüketimlerinin artış gösterdiği belirlenmiştir. Alamin (2017), benzer sonuca ulaşmış ve ilerleme hızı ile disk yön açısı arttıkça traktörün patinajının da arttığını bildirmiştir. Yön açısının değişmesi ile artan toprak işleme derinliği, tork değerinin artmasına paralel olarak yakıt tüketiminin de artmasına neden olmuştur. Upadhyay ve ark. (2017), yön açısı 20°, çalışma derinliği 14 cm ve 6.55 km h⁻¹ çalışma hızında, yakıt tüketiminin en yüksek 6.83 l h⁻¹ olarak bulunduğunu açıklamışlardır.

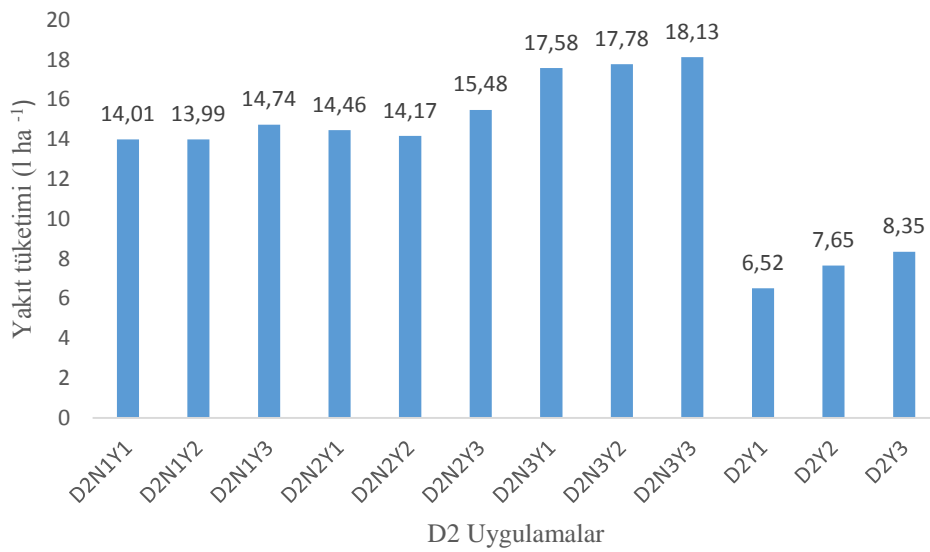
Her iki disk çapında disk devirlerinin ve yön açılarının artmasının, kuyruk milinden hareketli diskli tırmıklarda yakıt tüketimini artırdığı görülmüştür. En düşük yakıt tüketimleri hareketini topraktan alan serbest hareketli diskli tırmıklarda elde edilmiştir. Kuyruk milinden hareketli diskli tırmıkta disk çapının artması ile yakıt tüketiminin arttığı görülmüştür. Hareketini topraktan alan diskli tırmıklarda disk çapının artması, yakıt tüketiminin artmasına veya azalmasına etki etmediği görülmüştür. Damanauskas ve ark. (2019), yakıt tüketiminin, traktörün diskli tırmığı çekmek için gerekli çeki kuvveti ve çeki gücü ile orantılı olduğunu, artan disk yön açısı, toprak işleme derinliği ve çalışma hızı nedeniyle saatlik yakıt tüketiminin arttığını ve toprak tipine bağlı olarak, toprak işleme direnciyle doğrudan ilişkili olduğunu açıklamışlardır.

Denemeler sonucunda elde edilen birim alandaki yakıt tüketimi değerleri Şekil 4.33 ve 4.34'de verilmiştir. Disk çapının, disk devrinin ve yön açısının artması ile uygulamalar arasında ilerleme hızı ve iş genişliği de farklılık göstermiştir. Bu

farklılıklar, uygulamalardan farklı iş başarıları elde edilmesine neden olmuştur. İş başarılarının farklılık göstermesi, birim alanda en az ve en yüksek yakıt tüketimi miktarlarını etkilemiştir.



Şekil 4.33. D₁ uygulamalarına ait birim alandaki yakıt tüketimi



Şekil 4.34. D₂ uygulamalarına ait birim alandaki yakıt tüketimi

Kuyruk milinden hareketli tek etkili diskli tırmık D₁ uygulamaları içinde en düşük yakıt tüketimi D₁N₁Y₃ uygulamasından 11.40 l ha⁻¹ olarak elde edilirken bunu sırasıyla 11.63 l.ha⁻¹ ve 11.95 l.ha⁻¹ değerleri ile D₁N₁Y₂ ve D₁N₁Y₁ uygulamaları takip etmiştir.

Kuyruk milinden hareketli tek etkili diskli tırmık D_2 uygulamaları içinde en düşük yakıt tüketimi $D_2N_1Y_2$ uygulamasından 13.99 l ha^{-1} olarak elde edilirken bunu sırasıyla 14.01 l ha^{-1} ve 14.17 l ha^{-1} değerleri ile $D_2N_1Y_1$ ve $D_2N_2Y_2$ uygulamaları takip etmiştir.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1.Sonuçlar

Denemelerden sonra yapılan deformasyon alanı ölçümleri sonucunda her iki disk çapında da yön açıları arttıkça deformasyon alanının arttığı görülmüştür. Bunun sebebinin de yön açısı arttıkça toprak işleme derinliğinin artması ve bunun sonucunda disk tarafından kesilen toprak hacminin artması olduğu kanaatine varılmıştır. Disk devri disk çapı ve disk yön açısının deformasyon alanına etkili olduğu belirlenmiştir.

Çalışmaya başlamadan önce deneme alanında yapılan nem ölçümlerinde ortalama nem oranı %16.8 olarak belirlenmiş ve denemeler sonunda her bir parselden alınan nem ölçümlerinde en az nem oranları yüksek disk devri ve yüksek yön açılarına sahip uygulamalardan elde edilmiştir. En düşük nem oranı %8.1 ve en yüksek ise %15 olarak tespit edilmiştir. Toprakta yüksek nem oranına sahip uygulamalarda düşük yön açısı ve buna bağlı olarak düşük toprak işleme derinliğinden dolayı nem kaybı daha az olmuştur. Yön açısı ve buna bağlı olarak iş derinliği arttıkça nem kaybı oranı da artmıştır. En fazla nem kaybı oranları toprak işleme sonrası nem oranı düşük çıkan uygulamalardan elde edilmiştir. En fazla nem kaybı oranı %51.79 en az ise %10.71 olarak bulunmuştur. Yapılan çalışmalarda yön açısı arttıkça nem kaybı oranı da artış göstermiştir. Y_1 uygulamalarının nem oranının fazla olmasının nedeni bu uygulamalarda yön açısının düşük olmasından dolayı çalışma derinliklerinin düşük olmasına ve bu sebepten dolayı uygun toprak işleme yapılamadığından kaynaklandığı söylenebilir.

Kuyruk milinden hareketli diskli tırmıklarda da hareketini topraktan alan serbest hareketli diskli tırmıklarda da yön açısı ve disk devri arttıkça penetrasyon direnç değerleri artış göstermiştir. Penetrasyon dirençlerinin yüksek olarak tespit edildiği uygulamalar, düşük yön açısı ve iş derinliği düşük olan uygulamalardır. Kuyruk milinden hareketli diskli tırmıkların uygulamalarında aynı çap ve aynı yön açısındaki bütün penetrasyon direnci değerleri, hareketini topraktan alan serbest hareketli diskli tırmıklardaki değerlerden daha düşük bulunmuştur. Denemelerden sonra yapılan penetrasyon direnci ölçümlerinde, en düşük penetrasyon direnci 0-205 mm çalışma derinliği aralığında 0.39 MPa olarak $D_2N_3Y_3$ uygulamasından elde edilmiştir. Salokhe ve ark. (1994), daha düşük penetrasyon direncinin, daha iyi iş kalitesi anlamına geldiğini ve penetrasyon direnci açısından iş kalitesi, hareketini topraktan alan diskli tırmıkta, kuyruk milinden hareketini alan diskli tırmığa kıyasla daha düşük olduğunu

bildirmişlerdir. Uygulamalar içinde en fazla penetrasyon direnci değerleri, topraktan hareket alan diskli tırmığın Y_1 uygulamalarından elde edilmiştir. Kuyruk milinden hareketli diskli tırmığın kullanıldığı uygulamalarda her iki disk çapında da disk devir sayıları ve yön açıları arttıkça toprak işleme derinliği de arttığı için penetrasyon direnci değerleri disk çapı ve yön açısı arttıkça azalmaktadır. Diskli tırmıklarda, disklerin tahrik ettirilerek dönmesinin sağlanarak, disklerin çevresel hızının ilerleme hızına oranı ve disk açısının uygun şekilde ayarlanmasıyla, toprağın fiziksel özelliklerindeki iyileşmelerle birlikte çeki gücü gereksinimi ve penetrasyon direncinin önemli ölçüde azaldığını bildirmişlerdir (Hoki ve ark., 1988; Islam ve ark., 1994; Salokhe ve ark., 1994; Salokhe ve Quang, 1995; Nalavade ve ark., 2010; Upadhyay ve Raheman, 2018). Upadhyay ve Raheman (2019), kuyruk milinden hareketlendirilen diskli tırmık ile toprak işlemeden sonra elde edilen CI değerlerinin ise, bütün çalışma şartlarında serbest hareketli diskli tırmık ile çalışma sonucu elde edilen değerlerden her zaman daha düşük olduğu söylenebilir. Ayrıca kuyruk milinden hareketlendirilen diskli tırmık ile yapılan toprak işleminin kalitesinin daha iyi olduğunu bildirmişlerdir. Uygulamalar içinde en fazla penetrasyon direnci değerleri bütün uygulamalarda da Y_1 uygulamalarından elde edilmiştir.

En düşük kesilme direnci değerleri, bütün uygulamalar içinde N_3Y_3 uygulamalarından elde edildiği görülmektedir. Kuyruk milinden hareketli diskli tırmığın kullanıldığı uygulamalarda her iki disk çapında da yön açıları arttıkça toprak işleme derinliği de arttığı için disk çapı ve yön açısı arttıkça kesilme direncinin azaldığı görülmüştür. Bu değerler incelendiğinde kuyruk milinden hareketli diskli tırmığın ideal çalışma derinliğinde toprağı yeterince parçaladığı ve bundan dolayı da kesilme direnci değerlerinin düşük çıktığı sonucuna ulaşılmaktadır. Marakoğlu ve ark. (2016), işleyici organa bağlı olarak toprağın kesilme gerilmesi değerleri $0.34-2.06 \text{ N cm}^{-2}$ arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir.

Bütün uygulamalarda en yüksek yüzey düzgünlük değerleri Y_1 yön açısının ayarlandığı uygulamalardan elde edilirken, en düşük yüzey düzgünlükleri de Y_3 yön açısının ayarlandığı uygulamalardan elde edilmiştir. Uygulamalar arasında en yüksek yüzey profil düzgünlüğü değerlerinin Y_1 uygulamalarında elde edilmesinin sebebi düşük yön açısından dolayı iş derinliğinin az olması ve disklerin yeteri kadar toprak hacmi kesmemesi, kesilen toprağı da bir önceki diskin kestiği toprağın üzerine doğru atamamasından kaynaklandığı söylenebilir. Y_3 uygulamalarının yüzey profil düzgünlüğünün düşük olmasının sebebi ise yüksek yön açısı ve yüksek devir

sayısından dolayı parçalamanın etkin olması ve disklerin birbirinin üzerine doğru boşluk kalmayacak şekilde toprağı daha düzgün profil bırakacak şekilde atması olarak açıklanabilir. Buna paralel olarak, Carman (1997), geleneksel toprak işleme için toprak yüzey pürüzlülüğünün % 55.1 olduğunu ve agrega ortalama ağırlık çapının azalmasıyla toprak yüzey pürüzlülüğünün azaldığını bildirmiştir. Tekgüler ve Selvi (2011), kulaklı pulluğun yüzey düzgünlüğü % 31.10 olduğunu bildirmişlerdir.

Denemeler sonucunda u/v oranı arttıkça, ağırlıklı ortalama çap (AOÇ) değerlerinde azalma olduğu görülmüştür. Bunun nedeni, düşük ilerleme hızında, diskli tırmığın toprak işleme süresinin, daha yüksek ilerleme hızlara göre daha fazla olmasından kaynaklanabilir. Bütün uygulamalarda aynı çap ve aynı devir de yön açısının toprak parçalanmasına etkili olduğu görülmüştür. Uygulamalardan elde edilen sonuçlardan her iki disk çaplarında da yön açısı artışına bağlı olarak ağırlıklı ortalama çapın azaldığı tespit edilmiştir.

Bütün uygulamalarda aynı disk devir sayısında ve yön açısında disk çapının ve aynı disk çapında yön açısı ve disk devir sayısının artırılması anız gömülme oranının artmasına, yüzeydeki anız miktarının azalmasına neden olmuştur.

Diskli tırmığın toprak işleme derinliği, disk yön açısı ve disk devri arttıkça artmaktadır. Makinenin, iş derinliği minimum yön açıları en az 95 mm olarak belirlenirken, maksimum yön açıları 205 mm'ye kadar çıktığı görülmüştür.

Makinenin çeki kuvveti ihtiyacı da disk yön açıları artması ile aynı oranda artış göstermiştir. Çeki kuvveti diskli tırmık disklerinin kuyruk milinden hareketlendirilmesi sonucu özellikle yön açısının 16^0 olduğu denemelerde disklerin, ters yönde itme kuvveti oluşturduğu görülmüş ve makinenin düşük yön açıları traktörü itmeye çalıştığı tespit edilmiştir. Bunun nedeni, düşük yön açıları iş derinliğinin çok az olması sonucu, disklerin toprak direnci ile karşılaşarak toprağı kesmek yerine, toprağı tutunarak itme kuvveti oluşturmasıdır. Disk çapı ve devri arttıkça çeki kuvveti de artış göstermiştir. Bütün uygulamalar içinde en az çeki kuvveti $D_1N_1Y_1$ uygulamasından 0.43 kN olarak ve en fazla çeki kuvveti ise 8.68 kN ile D_1Y_3 uygulamasından elde edilmiştir.

İstenilen ve uygun toprak işleme derinliği yanında ideal bir toprak parçalama istenildiğinde 23^0-30^0 arasında disk yön açısı seçilmelidir. Genel olarak baktığımızda araştırmaya ait sonuçlar, kuyruk milinden hareketli diskli tırmık disklerinin yön açıları çiftçinin istediği şekilde değiştirebileceği bir ayar düzeni ile ayarlanabilir

olması gerektiğini görülmektedir. Böylece farklı toprak şartlarına ve agroteknik isteklere göre disk yön açılarını ayarlayarak çalışılmasına imkân verecektir.

Kuyruk milinden hareketli diskli tırmığın disklerinin yön açılarının ve iş derinliklerinin artması ile kesilen toprak hacmi artmakta ve dolayısıyla artan çeki kuvveti ihtiyacı sonucu patinaj oranı da artış göstermektedir. Kuyruk milinden hareketli diskli tırmıkla çalışmada en düşük patinaj %3.17 ve en yüksek ise %7.12 ölçülmüştür.

Makinenin disk yön açılarının, iş derinliğinin, disk devirlerinin ve disk çapının artması ile kuyruk milinden ölçülen tork değerleri de artış göstermiştir. Bunun nedeninin, disk yön açısı ve disk çapı arttığında iş derinliğinin artması sonucu kesilen toprak hacminin artması ve disk devrinin fazla olması söylenebilir. Bütün uygulamalar içinde en az tork değeri 411.34 Nm, ve en fazla ise 742.33 Nm olarak elde edilmiştir.

Araştırma sonuçlarında kuyruk milinden hareketli diskli tırmığın disk çapı disk yön açısı ve disk devri arttıkça yakıt tüketiminin de artış gösterdiği sonucuna varılmıştır. En düşük yakıt tüketimleri hareketini topraktan alan serbest hareketli diskli tırmıkların düşük yön açılarında tespit edilmiştir. En yüksek yakıt tüketimleri ise kuyruk milinden hareketli diskli tırmıkların yön açısı, disk devri ve disk çapı en fazla olan uygulamalarından elde edilmiştir. Hareketini topraktan alan serbest hareketli diskli tırmıkların saatlik yakıt tüketimleri 4.3 l h^{-1} – 5.95 l h^{-1} arasında değişim göstermiştir. Kuyruk milinden hareketli diskli tırmıkların saatlik yakıt tüketimleri ise 8.1 l h^{-1} ve 13.69 l h^{-1} arasında uygulamalara göre farklılık göstermiştir.

Toprağın iyi bir şekilde parçalanması için büyük yön açıları ve yüksek u/v oranları gereklidir. Yön açılarının artması ile iş derinliğinin arttığı ve buna bağlı olarak da gerekli tork, çeki kuvveti ve yakıt tüketiminin artış gösterdiği göz ardı edilmemelidir. Çetin ve Gürhan (2005), toprak işleme sistemlerinin 10-20 cm derinlikte ölçülen nem, hacim ağırlığı, penetrasyon direnci ve kesilme direnci üzerine etkisi incelendiğinde toprak işleme derinliğinin düşük olmasının, değerlerin yüksek elde edilmesine neden olduğunu bildirmişlerdir.

Kuyruk milinden hareketli tek etkili diskli tırmık kesilen toprak diliminin yana doğru daha iyi bir şekilde yer değiştirmesini sağlamaktadır. Disk yön açısındaki artış, işlenecek toprak hacmini arttırmakta ve bu da toprak tepkime kuvvetlerinin artmasına neden olmaktadır. Günümüz çiftçileri, toprağı fazla çeki gücüne ihtiyaç duymadan, işlemek için yüksek iş başarısına sahip toprak işleme alet ve makinelerine daha fazla ilgilerinin olduğu görülmektedir.

Kuyruk milinden hareketlendirilen tek etkili diskli tırmık ile toprak işleme yapılması ile, hareketini topraktan alan diskli tırmığa göre, yüzey profil düzgünlüğünde, toprağın penetrasyon direncinde, anız gömme oranında, ağırlıklı ortalama çap oranında, kesilme direncinde, çeki gücü ihtiyacında ve patinaj oranında, avantajlar sağlandığı ortaya çıkmıştır. Kuyruk milinden hareketlendirilen tek etkili diskli tırmık ile toprak işleme ile hareketini topraktan alan diskli tırmığa göre, düzgün toprak yüzeyi sağlanmakta, penetrasyon direnci azalmakta ve toplam çapı 15 mm'den küçük olan keseklerin içeriği artmakta, anız gömülme oranı artmakta, çeki gücü ihtiyacı ve patinajı azalmaktadır.

5.2. Öneriler

Araştırma sonuçlarından elde edilen verilere göre kuyruk milinden hareketli tek etkili diskli tırmık disk yön açıları, yapılması istenen toprak işleme işlemlerine göre farklılıklar göstermektedir. Bundan dolayı diskli tırmığın yapısı üzerinde istenilen yön açılarının ayarlanabilmesi için gerekli ayar sistemine sahip olması gerekmektedir. Toprağın en iyi şekilde parçalanması için büyük yön açılarıyla birlikte, yüksek disk çevre hızı ve yüksek u/v oranı da gereklidir. Ne var ki yön açısının artırılması ile çeki kuvveti, tork ihtiyacı, yakıt tüketiminin de arttığı göz ardı edilmemelidir.

Kuyruk milinden hareketli tek etkili diskli tırmık; anızı gömme, tarla trafiğinin azlığı, penetrasyon direnci, toprak ve bitki kalıntısı parçalama, çeki kuvvetinde azalma, etkin tarla kapasitesinde iyileşme özellikleri ile traktörün motor gücünün hareketini topraktan alan serbest hareketli diskli tırmığa kıyasla daha iyi sonuçlar verdiğiinden, traktör gücü kullanımını iyileştirmek, tarla trafiğinin azaltılarak toprak sıkışıklığının önlenmek ve tarımsal faaliyetlerdeki girdi maliyetlerinin azaltılmak için kuyruk milinden hareketli toprak işleme araçlarının kullanımının yaygınlaştırılması gerekmektedir.

Bazı ürünlerin sap kalıntılarının parçalanması geleneksel yöntemle yapılan toprak işlemede yeterince kısa veya küçük parçalara parçalanamadığı için kesekli tarlalarda yapılan ikileme hatta üçleme işlemleri, bu ürünlerin anız ya da saplarını parçalamak içinde yapılmaktadır. Bu durum anız veya sapların yeterince olmasa da parçalanmasını sağlamakta ancak bunun yanında toprağın çok fazla parçalanarak su tutma yeteneğinin azalmasına ve ekimden sonra kaymak tabakası oluşturma gibi zararlı etkileri de ortaya çıkmaktadır. Sap ve anızın parçalanarak toprağa karıştırılması aynı

zamanda organik madde bakımından yetersiz olan ülke topraklarımızın organik madde oranının artırılarak tarımımızın sürdürülebilirliğine de katkı da bulunacaktır.



KAYNAKLAR

- Abernathy, W. H., 1976, Draft requirements for self-powered disk. *ASAE Paper No. 76-1021, ASAE, St Joseph, MI 49805 (1976)*.
- Adam, K. M. ve Erbach, D., 1992, Secondary tillage tool effect on soil aggregation, *Transactions of the ASAE*, 35 (6), 1771-1776.
- Afify, M., Kushwaha, R. ve Gerein, M., 1998, Effect of combined disc angles on soil forces of coulter discs, *2001 ASAE Annual Meeting*, 1.
- Aikins, S. ve Afuakwa, J., 2010, Effect of four different tillage practices on cowpea performance, *World Journal of Agricultural Sciences*, 6 (6), 644-651.
- Al-Hashem, H., 2004, Effects of tractor ballasting weights on compaction of a sandy loam soil, *University of Khartoum Journal of Agricultural Sciences (Sudan)*.
- Alamin, M. A. A., 2017, Bireysel Yataklandırılmış Yaylı Goble Diskaroda Disk Yön ve Durum Açılarının İşletme Parametreleri Üzerindeki Etkisi ve Boyutsal Analiz Yöntemiyle Modellemesi. Doktora Tezi. *Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı*. İzmir.
- Allmaras, R. R., Juzwik, J., Overton, R. P. ve Copeland, S., 1993, Soil compaction: causes, effects, management in bareroot nurseries, *Northeastern and Intermountain Forest and Conservation Nursery Association Meeting. St. Louis Missouri*.
- Anonim. 2021. Konya Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma İstasyonu Meteorolojik Verileri, Konya.
- Anpat, R. M. ve Raheman, H., 2017, Investigations on power requirement of active-passive combination tillage implement, *Engineering in agriculture, environment and food*, 10 (1), 4-13.
- Arvidsson, J., Keller, T. ve Gustafsson, K., 2004, Specific draught for mouldboard plough, chisel plough and disc harrow at different water contents, *Soil and Tillage Research*, 79 (2), 221-231.
- Balsari, P., Biglia, A., Comba, L., Sacco, D., Alcatrao, L. E., Varani, M., Mattetti, M., Barge, P., Tortia, C. ve Manzone, M., 2021, Performance analysis of a tractor-power harrow system under different working conditions, *Biosystems Engineering*, 202, 28-41.
- Barzegar, A., Hashemi, A., Herbert, S. ve Asoodar, M., 2004, Interactive effects of tillage system and soil water content on aggregate size distribution for seedbed preparation in Fluvisols in southwest Iran, *Soil and Tillage Research*, 78 (1), 45-52.

- Behera, A. ve Raheman, H., 2021, Effect of Peripheral to Forward Speed Ratio on Overall Performance an Active Tillage Implement: Tractor Drawn Rotavator, *Journal of The Institution of Engineers (India): Series A*, 102 (4), 981-988.
- Belel, M. ve Dahab, M., 1997, Effect of soil condition on a two-wheel drive tractor performance using three types of tillage implements. *University of Khartoum Journal of Agricultural Sciences*. 5(2)1-20.
- Black, C.A., Evans, D.D., White, J.L., Ensminger, L.E., Clark, F.E., 1965. Methods of Soil Analysis. Part I. American Society of Agronomy, Inc. Publisher. Madison, Winconsin, USA.
- Boydaş, M. G., 2007, Farklı Toprak İşleme Aletlerinin Ve İlerleme Hızının Toprak Yüzey Düzgünlüğü Üzerine Etkisi, *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20 (1), 111-117.
- Braunack, M., 1995, Effect of aggregate size and soil water content on emergence of soybean (*Glycine max*, L. Merr.) and maize (*Zea mays*, L.), *Soil and Tillage Research*, 33 (3-4), 149-161.
- Bukhari, S., Mari, G., Zafarullah, M., Baloch, J. ve Panhwar, M., 1992, Effect of disk and tilt angle on field capacity and power requirements of mounted plow, *Agricultural Mechanization in Asia, Africa, and Latin America*, 23 (2), 9-13.
- Bulut, O. N. ve Altuntaş, E., 2014, Sivas yöresinde buğday tarımında farklı toprak işleme yöntemlerinin toprak fiziksel özellikleri, bitki gelişimi ve ürün verimi üzerine etkisi, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32 (3), 39-51.
- Busscher, W. ve Sojka, R., 1987, Enhancement of subsoiling effect on soil strength by conservation tillage, *Transactions of the ASAE*, 30 (4), 888-892.
- Çarman, K., 1997, Effect of different tillage systems on soil properties and wheat yield in Middle Anatolia, *Soil and Tillage Research*, 40 (3-4), 201-207.
- Çarman, K., Öğüt, H. ve Peker, A., 1992, Altınova Tarım İşletmesinde Üretimi Yapılan Bazı Tarımsal Ürünler İçin Tarla Trafiğinin Araştırılması, *SÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2 (4), 79-86.
- Çarman, K., Marakoğlu, T., Kirtiş, F. ve Uyanöz, R., 2014, Alternatif toprak işleme sistemlerinin 3E (Enerji, erozyon, emisyon) üzerine etkileri. *TÜBİTAK 1001 Programı, 1110182 numaralı proje*.
- Çarman, K., Çıtıl, E., Marakoğlu, T., Gür, K. ve Kırılmaz, H., 2018, Comparison of Strip Tillage Systems for Sillage Maize Production in Middle Anatolia, *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 32 (3), 430-435.
- Çelik, A. ve Malaşlı, M. Z., 2016, Farklı Disk Açılı, Düşey Baskı Kuvvetleri ve Anız Koşullarının Tek Diskli Tip Doğrudan Ekim Makinası Gömücü Ayak Performansı Üzerine Etkisi. *TÜBİTAK 1001 Programı, 1140163 numaralı proje*.

- Çetin, M. ve Gürhan, E. Ö. R., 2005, İkinci ürün yetiştiriciliğinde farklı toprak işleme sistemlerinin toprağın bazı fiziko-mekanik özelliklerine etkisi, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2005 (1), 31-36.
- Damanauskas, V., Velykis, A. ve Satkus, A., 2019, Efficiency of disc harrow adjustment for stubble tillage quality and fuel consumption, *Soil and Tillage Research*, 194, 104311.
- Dursun, E., Güner, M. ve Erdoğan, D., 1999, Kulaklı ve diskli pullukların anızı toprağa gömme oranlarının belirlenmesi, *Journal of Agricultural Sciences*, 5 (01), 45-50.
- Ekinci, Ş., 2011, Bahçe traktörlerinde kullanılan bazı muharrir lastiklerin yapısal ve işletme özelliklerinin çeki performansına etkisi. *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı Doktora Tezi*
- Feuerlein, W., 1960, Die Pflugarbeit und ihre Beurteilung, *Grundlagen der Landtechnik-Konstrukteur Hefte* (12), Seiten (44-50)
- Frisby, J. C., 1993, Fuel requirement estimates for selected field operations, *University of Missouri Extension*, p. G1208, Reviewed October 1993
- Godwin, R.J., 1990. Agricultural engineering in development: Tillage for crop production in areas of low rainfall. *Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO Agri. Services Bulletin*, 83.
- Göknur, Ğ., Özarslan, C. 1995. Yerli Yapım Bazı Kulaklı Pulluklarla Çalışmada Traktör Glerleme Hızının Yüzey Artıklarının Gömülme Oranına Etkisi. Tarımsal Mekanizasyon 16. Ulusal Kongresi, Bursa, pp: 362-369.
- Guillobez, S. ve Arnaud, M., 1998, Regionalized soil roughness indices, *Soil and Tillage Research*, 45 (3-4), 419-432.
- Gupta, S.C., A. Hadas, W.B. Voorhees, D. Wolf, W.E. Larson, P.P. Sharma, 1990. *Development of guides on the susceptibility of Soils to excessive compaction. University of Minnesota BARD Report*, St Paul.
- Guzha, A., 2004, Effects of tillage on soil microrelief, surface depression storage and soil water storage, *Soil and Tillage Research*, 76 (2), 105-114.
- Håkansson, I. ve Lipiec, J., 2000, A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction, *Soil and Tillage Research*, 53 (2), 71-85.
- Hann, M. ve Giessibl, J., 1998, Force measurements on driven discs, *Journal of agricultural engineering research*, 69 (2), 149-157.
- Hann, M. J., R. J. , Godwin, T. A. ve Al-Ghazal, A., 1989, Agricultural Engineering: Agricultural Mechanization, *Dodd V. A. and P. M. Grace (eds)*. .

- Hendrick, J. G., 1980, A powered rotary chisel, *Transactions of the ASAE*, 23 (6), 1349-1352.
- Hoki, M., Burkhardt, T. H., Wilkinson, R. H. ve Tanoue, T., 1988, Study of PTO driven powered disk tiller, *Transactions of the ASAE*, 31 (5), 1355-1360.
- İpek, S. S., 2008, Kanola tarımında farklı toprak işleme yöntemlerinin toprağın bazı fiziko-mekanik özellikleri ile tohum çimlenmesi üzerine etkileri, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- İslam, M., Salokhe, V., Gupta, C. ve Hoki, M., 1994, Effects of PTO-powered disk tilling on some physical properties of Bangkok clay soil, *Soil and Tillage Research*, 32 (2-3), 93-104.
- Javadi, A. ve Hajiahmad, A., 2006, Effect of a new combined implement for reducing secondary tillage operation, *International Journal of Agriculture and Biology*, 8 (6), 724-727.
- Karaağaç, H. ve Barut, Z., 2009, Farklı Toprak İşleme ve Ekim Sistemlerinin Silajlık Mısır Gelişimi ve İşletme Ekonomisine Etkisi. 25. *Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı*, 367, 374.
- Karakaplan, S., 1982, Değişik nem ve basınçta sıkıştırmanın toprakların hacim ağırlığı, penetrasyon ve permeabilite değerlerine etkileri, *Atatürk Üni. Basımevi, Erzurum*.
- Kawamura, N., 1985, Soil dynamics and its application to tillage machineries. Res. *Report Agric. Machin. IS*, 1-22 (1985).
- Kayıoğlu, B., Taşeri, L. ve Bayhan, Y., 1996, İkinci sınıf toprak işleme aletlerinin toprağın bazı fiziksel özellikleri ve agregat stabilitesine etkisi. 6, *Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi*, s, 594, 603.
- Keçecioğlu, G. ve Gülsoylu, E., 2002, Toprak İşleme Makinaları, *E.Ü Ziraat Fakültesi Yayınları* (545), 265.
- Kepner, R.A., Bainer, R., Barger, E.L., 1978. Principles of Farm Machinery, 3rd Ed. AVI Publishing Company, Inc, Westport, Connecticut.
- Khadr, K. A., 2000, A study some factors affecting the power tiller performance, *Misr J. Agric. Eng*, 17 (3), 636-646.
- Kogut, Z., Sergiel, L. ve Żurek, G., 2016, The effect of the disc setup angles and working depth on disc harrow working resistance, *Biosystems Engineering*, 151, 328-337.
- Kolay, B., 2007, Diyarbakır koşullarında II. ürün soya tarımında farklı toprak işleme yöntemlerinin verim ve bazı toprak özelliklerine etkisi, *Harran Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü/Toprak Anabilim Dalı*.

- Konak, M. ve Çarman, K., 1996, Hububat ekimi için baskılı ekim makinasının tasarımı. 6, *Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi. Ankara.*
- Koolen, A.J., Kuipers, H., 1983. *Agricultural Soil Mechanics*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 241 pp.
- Kuipers, H., 1957, A reliefmeter for soil cultivation studies, *Netherlands Journal of Agricultural science*, 5 (4), 255-262.
- Marakoğlu, T., M., Çarman, T., 2010. Energy balance of direct seeding applications used in wheat production in middle Anatolia, *African Journal of Agricultural Research*, 5 (10), 988-992.
- Marakoğlu, T., Çarman, K. ve Gür, K., 2016, Konya Bölgesinde Kullanılan Alternatif Toprak İşleme Uygulamalarının Koruyucu Toprak İşleme Tekniği Açısından Değerlendirilmesi, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 12 (3), 163-169.
- Merrill, S., Huang, C., Zobeck, T. ve Tanaka, D., 1999, Sustaining the Global Farm. Selected papers from the 10th, *International Soil Conservation Meeting*, 594-600.
- Moitzi, G., Haas, M., Wagentristl, H., Boxberger, J. ve Gronauer, A., 2013, Energy consumption in cultivating and ploughing with traction improvement system and consideration of the rear furrow wheel-load in ploughing, *Soil and Tillage Research*, 134, 56-60.
- Morrison Jr, J. E. ve Allen, R. R., 1987, Planter and drill requirements for soils with surface residues, *Southern Region No-tillage Conf. on Conservation Tillage, Misc-Pub-MP-Agri-Exp-Stn (1636)*, 44-58.
- Munsuz, N., 1985, Toprak mekaniği ve teknolojisi, *Ankara Üniversitesi, Ziraat Fak. Yayınları*, 922.
- Mutaf, E., 1984, Tarım Alet ve Makinaları, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, 218 (1), 1-25.
- Nalavade, P., Soni, P., Salokhe, V. ve Niyamapa, T., 2011a, Comparative performance of standard, notched and spiral-notched tillage discs, *International Agricultural Engineering Journal*, 20 (4), 18-26.
- Nalavade, P., Soni, P., Salokhe, V. ve Niyamapa, T., 2013, Development of a Powered Disc Harrow for on-farm Crop Residue Management, *Int. Agric. Eng. J.*, 22, 49-60.
- Nalavade, P. P., Salokhe, V. M., Niyamapa, T. ve Soni, P., 2010, Performance of free rolling and powered tillage discs, *Soil and Tillage Research*, 109 (2), 87-93.

- Nalavade, P. P., Soni, P., Salokhe, V. M. ve Niyamapa, T., 2011b, Application of powered disc implements for efficient on-farm residue management: a review, *International Agricultural Engineering Journal*, 20 (3), 1-7.
- Okello, A., 1991, A review of soil strength measurement techniques for prediction of terrain vehicle performance, *Journal of agricultural engineering research*, 50, 129-155.
- Önal, İ. ve Aykas, E., 1997, Hasat sonrası pamuk saplarının toprağa kazandırılmasında kullanılan teknik ve makinalar, *Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı*, 17-19.
- Raper, R.L. 2001. —The influence of implement type and tillage depth on residue burial. *Proceedings of the Symposium on Soil Erosion for the 21st Century*, Honolulu, HI.
- Raper, R., 2002, The influence of implement type, tillage depth, and tillage timing on residue burial, *Transactions of the ASAE*, 45 (5), 1281-1286
- Romkens, M. ve Wang, J., 1986, Effect of tillage on surface roughness, *Transactions of the ASAE*, 29 (2), 429-0433.
- Romkens, M. ve Wang, J., 1987, Soil roughness changes from rainfall, *Transactions of the ASAE*, 30 (1), 101-0107.
- Ryzhkov, A., Machkarin, A. ve Kazakov, K., 2021, Comparative analysis of soil discarding by spherical disks, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 012138.
- Sahu, R. ve Raheman, H., 2006, Draught prediction of agricultural implements using reference tillage tools in sandy clay loam soil, *Biosystems Engineering*, 94 (2), 275-284.
- Salokhe, V., Islam, M., Gupta, C. ve Hoki, M., 1994, Field testing of a PTO powered disk tiller, *Journal of terramechanics*, 31 (2), 139-152.
- Salokhe, V. ve Quang, N. B., 1995, Dynamics of a powered disk in clay soil, *Journal of terramechanics*, 32 (5), 231-244.
- Serrano, J. M., Peca, J., Pinheiro, A., Carvalho, M., Nunes, M., Ribeiro, L. ve Santos, F., 2003, The effect of gang angle of offset disc harrows on soil tilth, work rate and fuel consumption, *Biosystems Engineering*, 84 (2), 171-176.
- Shinners, K., Wilkes, J. ve England, T., 1993, Performance characteristics of a tillage machine with active-passive components, *Journal of agricultural engineering research*, 55 (4), 277-297.
- Shrestha, A., 2004, Cropping systems: trends and advances. *Howorth press*.

- Singh, J., Ganguly, P. ve Singh, K., 1978, Effect of soil and implement parameters on depth of penetration of a disc harrow, *Transactions of the ASAE*, 21 (4), 620-622.
- Smith, L. A., 1993, Energy requirements for selected crop production implements, *Soil and Tillage Research*, 25 (4), 281-299.
- Soehne, W. H., 1963, Aspects of tillage, *Canadian Journal of Agricultural Engineering*, 5 (1), 2-3.
- Srivastava, A.K., Goering, C.E., Rohrbach, R.P., 1993. Engineering Principles of Agricultural Machines. *ASAE Textbook No. 6. American society of agricultural Engineers, 2950 Niles Road, St. Joseph, Mich. ASAE.*
- Taşer, Ö., Özgöz, E. ve Altuntaş, E., 1997, Buğday ve Mısır Anızlı Tarla Koşulunda Toprak İşlemenin Toprağın Bazı Fiziksel Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, 17. Ulusal *Tarımsal Mekanizasyon Kongresi*, 17-19 Eylül, Tokat. 275-281.
- Tebrügge, F., 1993, The environmental implication of tillage systems, *5th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture*, 14.
- Tekgüler, A. ve Selvi, K. Ç., 2011, Farklı toprak işleme aletlerinin toprak yüzey pürüzlülüğüne etkisi, *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 26 (3), 188-193.
- Tingxi, M. ve Zengrui, X., 1989, An experimental study of power disk tool driven by tractor PTO, *Proc. of Int. Symp. on Agric. Engng*, 250-256.
- Topakcı, M., 2004, Çizel ayağı ile çalışmada toprak bozulma alanının iyileştirilmesi üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, *Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Antalya.
- Unger, P. W., 1984, Tillage and residue effects on wheat, sorghum, and sunflower grown in rotation, *Soil Science Society of America Journal*, 48 (4), 885-891.
- Upadhyay, G., Raheman, H. ve Rasool, S., 2017, Three dimensional modelling and stress analysis of a powered single acting disc harrow using FEA, *Curr. Agric. Res. J*, 5 (2), 203-219.
- Upadhyay, G. ve Raheman, H., 2018, Performance of combined offset disc harrow (front active and rear passive set configuration) in soil bin, *Journal of Terramechanics*, 78, 27-37.
- Upadhyay, G. ve Raheman, H., 2019, Comparative analysis of tillage in sandy clay loam soil by free rolling and powered disc harrow, *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 12 (1), 118-125.

- Upadhyay, G. ve Raheman, H., 2020a, Effect of velocity ratio on performance characteristics of an active-passive combination tillage implement, *Biosystems Engineering*, 191, 1-12.
- Upadhyay, G. ve Raheman, H., 2020b, Comparative assessment of energy requirement and tillage effectiveness of combined (active-passive) and conventional offset disc harrows, *Biosystems Engineering*, 198, 266-279.
- Ülger P, Güzel E, Kayısoğlu B, Eker B, Akdemir B, Pınar Y, Bayhan Y, Sağlam C, 2002. Tarım Makinaları İlkeleri. *T.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitabı*, No: 29.Fakülteler Matbaası, 2. Baskı İstanbul. 435 s.
- Wan, G., Shu, C., Liu, X., Xiao, W., Zhang, Q. ve Liao, Q., 2017, Design and simulation of hydraulic driven disc harrow, *Journal of South China Agricultural University*, 38 (5), 117-124.
- Young, P. E., 1976, A machine to increase productivity of a tillage operation, *Transactions of the ASAE*, 19 (6), 1055-1061.
- Zeng, Z., Thoms, D., Chen, Y. ve Ma, X., 2021, Comparison of soil and corn residue cutting performance of different discs used for vertical tillage, *Scientific Reports*, 11 (1), 1-10.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ergün ÇITIL
Uyruğu : T.C.

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Fevzi Çakmak Lisesi	1994
Üniversite	: S.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü	2002
Yüksek Lisans	: S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları A.B.D	2006
Doktora	: S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği A.B.D	2023

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2010	Selçuk Üniversitesi	Öğretim Görevlisi

UZMANLIK ALANI : Tarım Makineleri

YABANCI DİLLER : İngilizce

YAYINLAR

1. Çarman Kazım, Marakoglu Tamer, Taner Alper, Çıtıl Ergün (2021). Prediction of Draft Force and Disturbed Soil Area of a Chisel Tine in Soil Bin Conditions Using Draft Force and Its Comparison with Regression Model. Selcuk Journal Of Agriculture And Food Sciences, 35(1), 56-64., Doi:10.15316/Sjafs.2020.229 (Yayın No: 7043242)
2. Çarman Kazım, Çıtıl Ergün, Marakoglu Tamer (2021). Energy Use Efficiency Of Strip Tillage Systems For Corn Silage Production In Middle Anatolia. Journal Of Agricultural Science And Technology, 23(2), 293-306, Doi: 10.1111/J.1365-277x (Yayın No: 6992523)
3. Çıtıl Ergün, Marakoglu Tamer, Çarman Kazım, Kirilmaz Hasan (2020). Determination Of Mechanization Properties And Energy Efficiency Of Italian Grassagriculture. Doi:10.29050/Harranziraat.702848(Yayın No: 6439912)
4. Soylu Serhat, Çarman Kazım, Çıtıl Ergün (2020). Fuzzy Knowledge-Based Model For Prediction Of The Terminal Velocities Of The Chickpea And Dry Bean Seeds. Selcuk Journal Of Agriculture And Food Sciences, 34(1), 99-106.
5. Çarman Kazım, Çıtıl Ergün, Taner Alper (2019). Artificial Neural Network Model For Predicting Specific Draft Force And Fuel Consumption Requirement Of A Mouldboard Plough. Selcuk Journal Of Agriculture And Food Sciences, 33(3), 241-247., Doi: 10.15316/Sjafs.2019.183 (Yayın No: 5476762)
6. Çıtıl Ergün, Çarman Kazım, Marakoglu Tamer (2019). Tillage Effects On Energy Use

- Efficiency In Safflower Production In Middle Anatolia. Selcuk Journal Of Agriculture And Food Sciences, 33(1), 52-61, Doi: 10.15316/Sjafs.2019.156 (Yayın No: 5476780)
7. Çarman Kazım, Çıtlı Ergün, Marakoglu Tamer, Gür Kazım, Kirilmaz Hasan (2018). Comparison Of Strip Tillage Systems For Sillage Maize Production In Middle Anatolia. Selcuk Journal Of Agriculture And Food Sciences, 32(3), 434-435. (Yayın No: 4537339)
 8. Özçelik Abdullah Engin, Ögüt Hüseyin, Çıtlı Ergün, Sahin Seda (2013). Determination Of The Effects Of Safflower Biodieseland Its Blends With Eurodiesel On Engine Emissions In A Single Cylinder Diesel Engine. Academic Journal Of Science, 2(1), 37-44. (Yayın No: 466283)
 9. Marakoglu Tamer, Çarman Kazım, Çıtlı Ergün (2013). Farkli Tip Çizel Uç Demirlerinin Toprak Deformasyonuna Etkileri. Tarım Makinaları Bilmi Dergisi, 9(3), 175-179. (Kontrol No: 465685)
 10. Özbek Osman, Marakoglu Tamer, Çıtlı Ergün, Çarman Kazım (2012). Prototip Ekim Makinesi Ile Sıvı Ahır Gübresi Ve Mineral Gübre Uygulamalarının Azot Kayıpları Ve Verim Parametreleri Açısından Degerlendirilmesi. Tarım Makinaları Bilmi Dergisi, 8(1), 83-90. (Kontrol No: 465309)
 11. Çarman Kazım, Marakoglu Tamer, Çıtlı Ergün, Gür Kazım (2012). Kuyruk Milinden Hareketli Bazı Toprak Isleme Makinelerinin Koruyucu Toprak Isleme Açısından Degerlendirilmesi. Tarım Makinaları Bilmi Dergisi, 8(4), 345-352. (Kontrol No: 464933)
 12. Çıtlı Ergün, Haciseferogullari Haydar (2010). Seker Pancari Üretiminde Farkli Tohum Yatagi Hazirlama Uygulamalarinin Bazitoprak Ve Çimlenme Özelliklerine Etkisi. (Kontrol No: 463854)