

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**BAZI TOPRAK İŞLEME MAKİNALARINDAKİ YAPISAL DEĞİŞİKLİKLERİN
MAKİNA İŞ BAŞARISINA ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ ÜZERİNDE
ARAŞTIRMA: SABİT VE DÖNER KULAKLI PULLUK ÖRNEĞİ**

Adem COMART

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

TEMMUZ 2025

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**BAZI TOPRAK İŞLEME MAKİNALARINDAKİ YAPISAL DEĞİŞİKLİKLERİN
MAKİNA İŞ BAŞARISINA ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ ÜZERİNDE
ARAŞTIRMA: SABİT VE DÖNER KULAKLI PULLUK ÖRNEĞİ**

Adem COMART

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

TEMMUZ 2025

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BAZI TOPRAK İŞLEME MAKİNALARINDAKİ YAPISAL DEĞİŞİKLİKLERİN
MAKİNA İŞ BAŞARISINA ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ ÜZERİNDE
ARAŞTIRMA: SABİT VE DÖNER KULAKLI PULLUK ÖRNEĞİ**

**Adem COMART
TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi
tarafından FDK-2023-6224 nolu proje ile desteklenmiştir.**

TEMMUZ 2025

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAZI TOPRAK İŞLEME MAKİNALARINDAKİ YAPISAL DEĞİŞİKLİKLERİN
MAKİNA İŞ BAŞARISINA ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ ÜZERİNDE
ARAŞTIRMA: SABİT VE DÖNER KULAKLI PULLUK ÖRNEĞİ

Adem COMART

TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

Bu tez 29/07/2025 tarihinde jüri tarafından **OY BİRLİĞİ** ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. İbrahim AKINCI (Danışman)

Prof. Dr. Murad ÇANAKCI

Prof. Dr. Mehmet TOPAKCI

Prof. Dr. Deniz YILMAZ

Doç. Dr. Sait M. SAY

ÖZET

BAZI TOPRAK İŞLEME MAKİNALARINDAKİ YAPISAL DEĞİŞİKLİKLERİN MAKİNA İŞ BAŞARISINA ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ ÜZERİNDE ARAŞTIRMA: SABİT VE DÖNER KULAKLI PULLUK ÖRNEĞİ

Adem COMART

Doktora Tezi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği
Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İbrahim AKINCI

Temmuz 2025; 89 sayfa

Tarım sektörü, insanlığın temel besin ihtiyacını karşılaması ve geniş bir kesime istihdam olanağı sunması bakımından hem ulusal hem de küresel ölçekte stratejik öneme sahip bir alan olarak öne çıkmaktadır. Gıda arz güvenliğinin sağlanması, kırsal kalkınmanın desteklenmesi ve ekonomik istikrarın korunması gibi çok yönlü işlevleriyle tarım, sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesinde kritik bir rol üstlenmektedir. Bu bağlamda, tarımsal üretimdeki temel amaç, mevcut tarım arazilerinden hem kalite hem de miktar bakımından en yüksek verimin elde edilmesidir. Tarımsal verimliliği artırmaya yönelik çabalar; modern üretim tekniklerinin uygulanması, girdi kullanımının optimize edilmesi ve çevresel koşullara duyarlı üretim modellerinin geliştirilmesi gibi çok boyutlu stratejilerle desteklenmektedir.

Bu araştırma, Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (BATEM)'e ait tarım arazilerinde yürütülmüş olup, bazı toprak işleme makinalarındaki yapısal değişikliklerin makina iş başarısına olan etkilerini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Deneysel çalışmalar kapsamında, New Holland TD110 model traktöre monte edilen beş gövdeli sabit kulaklı pulluk (SKP) ve döner kulaklı pulluk (DKP) kullanılarak arazi denemeleri gerçekleştirilmiştir. Araştırmada öncelikle, toprak işleme makinalarındaki yapısal tasarım farklılıklarının, işlemlerdeki performans üzerindeki etkileri sistematik bir şekilde analiz edilmiştir. Bu kapsamda; çeki kuvveti gereksinimi, patinaj oranı, yakıt tüketim miktarı ve tarla etkinliği gibi toprak işleme parametreleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Elde edilen veriler, çeşitli ölçüm cihazları aracılığıyla sahadan doğrudan toplanmıştır. Özellikle, traktörün çeki gücünü belirlemek amacıyla dinamometre, toprağın fiziksel direncini ölçmek için toprak penetrometresi ve kulaklı pulluklar ile sürüm işleminde süre ölçümlerinde ise dijital kronometre kullanılmıştır. Bu ölçümler ışığında yapılan hesaplamalar ve analizler, tarla koşullarında kullanılan farklı tip pullukların iş başarısı ve enerji verimliliği açısından performanslarını ortaya koyarak, mekanizasyon stratejilerinin geliştirilmesine yönelik bilimsel bir temel sunmaktadır.

Araştırma bulguları, sabit kulaklı pulluk (SKP) ve döner kulaklı pulluk (DKP) kullanılarak gerçekleştirilen toprak işleme uygulamalarında, toplam işlem süresi içerisinde en fazla zamanın parsel uzunluğu boyunca yapılan ana sürüm işlemlerinde harcandığını ortaya koymuştur. Bu durum, tarla içi zaman kullanım etkinliği açısından parsel boyu işleminin, dönüş, ayar ve diğer yardımcı işlemlere kıyasla daha yüksek zaman gerektirdiğini ve dolayısıyla makina performans değerlendirmelerinde bu faktörün

dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Yapılan karşılaştırmalı analizler, SKP ve DKP arasında mevcut olan yapısal tasarım ve ağırlık farklılıklarının, söz konusu süreler üzerinde belirgin etkiler yarattığını ortaya koymuştur. Bu bağlamda, 9.0 da'lık deneme alanında SKP ile gerçekleştirilen toprak işleme süresi 3,752.0 s olarak ölçülürken, DKP ile yapılan uygulamalarda bu sürenin 4,997.0 s'ye kadar çıktığı belirlenmiştir.

Toprak işleme koşullarının değerlendirilmesinde önemli bir parametre olan toprak nem içeriği, ölçüm anında %21.78 olarak tespit edilmiştir. Bu değer, standart aralıkların üzerinde olup, işleme sırasında hem çeki kuvveti hem de enerji gereksinimini artırıcı yönde etki etmiştir. Nitekim SKP ile yapılan işlemlerde çeki kuvveti değeri 9.63 kN olarak belirlenirken, DKP için bu değer 15.82 kN'a ulaşmıştır. Patinaj oranları da benzer şekilde DKP'de (%19.34), SKP'ye (%18.33) kıyasla daha yüksek seyretmiştir. Bu durum, DKP'nin yapısal olarak daha ağır ve dirençli bir donanıma sahip olmasından kaynaklanmaktadır.

Yakıt tüketimi açısından değerlendirildiğinde, SKP ile yapılan işlemlerde saatlik ortalama tüketim 18.74 l olarak ölçülmüş; DKP ile yapılan uygulamalarda ise bu değer 22.06 l'ye kadar yükseldiği görülmüştür. Zaman etüdü sonuçlarına göre, tarla etkinliği SKP'de 0.75; DKP'de ise 0.80 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen oranlar, DKP'nin sürüm süresinin daha uzun olmasına rağmen, kesintisiz ve sürekli toprak işleme avantajı sunduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, makinaların efektif alan kapasitesi açısından yapılan değerlendirmede, SKP'nin 5.68 da/h, DKP'nin ise 6.06 da/h iş başarısına ulaştığı tespit edilmiştir. Tüm bu araştırma verilerine göre, SKP ve DKP'nin farklı uygulama koşulları için MS Excel yazılımında makina iş başarısı excel modeli geliştirilmiştir. Bu sonuçlar, kulaklı pulluk tiplerinin arazi koşulları, yapısal özellikleri ve enerji gereksinimleri doğrultusunda farklı iş başarıları sergileyebildiğini ve toprak işleme performansı üzerinde belirleyici parametreler oluşturduğunu ortaya koymaktadır.

Toprak işleme, tarımsal üretim sürecinin temel yapı taşlarından biri olup, üretim verimliliği ve sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Bu işlemlerin etkinliği; zaman etütleri, toprağın fiziksel özellikleri ve kullanılan tarım makinalarının iş başarısı gibi performans göstergeleriyle doğrudan ilişkilidir. Bu bağlamda, sürüm sırasında kullanılan kulaklı pullukların yapısal özellikleri, iş gücü gereksinimi, enerji tüketimi ve tarla içi zaman kullanımı gibi faktörler üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Araştırma kapsamında incelenen SKP ve DKP arasındaki yapısal tasarım farklılıklarının, toprak işleme performansı üzerinde önemli etkiler yarattığı gözlemlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELE: İş başarısı, Kulaklı pulluk, Tarla etkinliği, Zaman analizi

JÜRİ: Prof. Dr. İbrahim AKINCI

Prof. Dr. Murad ÇANAKCI

Prof. Dr. Mehmet TOPAKCI

Prof. Dr. Deniz YILMAZ

Doç. Dr. Sait M. SAY

ABSTRACT

RESEARCH ON DETERMINATION OF EFFECTS OF STRUCTURAL CHANGES IN SOME SOIL TILLAGE MACHINES ON MACHINE WORK SUCCESS: FIXED AND REVERSIBLE MOULDBOARD PLOUGH EXAMPLE

Adem COMART

PhD Thesis in Agricultural Machinery and Technologies Engineering

Supervisor: Prof. Dr. İbrahim AKINCI

July 2025; 89 pages

The agricultural sector holds strategic importance both nationally and globally, as it plays a fundamental role in meeting humanity's basic food needs and provides employment opportunities for a large segment of the population. With its multifaceted functions—ensuring food security, supporting rural development, and maintaining economic stability—agriculture assumes a critical role in achieving sustainable development goals. In this context, the primary objective of agricultural production is to achieve the highest possible yield in terms of both quality and quantity from the available arable land. Efforts to enhance agricultural productivity are supported through multidimensional strategies such as the implementation of modern production techniques, the optimization of input use, and the development of environmentally responsive production models.

This study was conducted on the agricultural fields of the Western Mediterranean Agricultural Research Institute Directorate and aimed to investigate the effects of structural variations in agricultural machinery on operational efficiency. Within the scope of the experimental work, field trials were carried out using a New Holland TD110 model tractor equipped with a five-furrow conventional moldboard plow (SKP) and a reversible moldboard plow (DKP). The research primarily focused on systematically analyzing the impact of structural design differences in soil tillage machinery on operational performance. In this context, key soil tillage parameters such as drawbar pull requirement, slippage rate, fuel consumption, and field efficiency were comparatively examined. The data were directly collected from the field using various measurement instruments. In particular, a dynamometer was employed to measure the tractor's draft force, while a soil penetrometer was used to assess the physical resistance of the soil. Based on these measurements, the subsequent calculations and analyses provided a scientific foundation for evaluating the performance of different plow types under field conditions in terms of operational success and energy efficiency, thereby contributing to the development of improved mechanization strategies.

The findings of the study revealed that, in soil tillage operations conducted using both the conventional moldboard plow (SKP) and the reversible moldboard plow (DKP), the majority of the total operation time was spent on the primary tillage process along the length of the field. This indicates that, in terms of field efficiency, the longitudinal tillage process requires significantly more time compared to turning, adjustment, and other auxiliary operations, and thus should be considered a critical factor in the evaluation of

machine performance. Comparative analyses demonstrated that structural design and weight differences between the SKP and DKP had a substantial impact on the duration of these operations. In this context, the time required for soil tillage using the SKP was measured at 3,752.0 seconds, whereas the same operation conducted with the DKP extended to 4,997.0 seconds.

Soil moisture content, a key parameter in the evaluation of tillage conditions, was measured at 21.78% at the time of the field study. This value exceeds standard ranges and contributed to increased drawbar force and energy requirements during the tillage process. Specifically, the drawbar force was recorded as 9.63 kN for operations conducted with the conventional moldboard plow (SKP), whereas it increased to 15.82 kN for the reversible moldboard plow (DKP). Similarly, slippage rates were higher with the DKP at 19.34%, compared to 18.33% with the SKP. This outcome can be attributed to the DKP's structurally heavier and more resistant configuration.

When evaluated in terms of fuel consumption, the hourly average consumption was measured as 18.74 liters in the operations carried out with SKP; this value increased to 22.06 liters in the applications carried out with DKP. According to the time study results, field efficiency was calculated as 0.75 in SKP and 0.80 in DKP. These ratios show that although the DKP has a longer working time, it has the advantage of uninterrupted and continuous processing. In addition, in the evaluation made in terms of the effective area capacity of the machines, it was determined that SKP reached a work success of 5.68 da/h and DKP reached a work success of 6.06 da/h, and a program was developed in MS Excel Software on field efficiency and work success. These results reveal that moldboard plow types can exhibit different work successes in line with the field conditions, structural features and energy requirements and constitute decisive parameters on soil processing performance.

Soil tillage operations represent one of the fundamental stages in the agricultural production process, and their efficiency is directly influenced by performance indicators such as time-motion studies, soil tillage parameters, and machine operational effectiveness. In this context, the structural characteristics of the machines used during tillage play a critical role in factors such as labor requirements, energy consumption, and in-field time utilization. The findings of the study revealed that the structural design differences between the SKP and DKP had significant effects on soil tillage performance.

KEYWORDS: Field capacity, Field efficiency, Mouldboard plough, Time study

COMMITTEE: Prof. Dr. İbrahim AKINCI

Prof. Dr. Murad ÇANAKCI

Prof. Dr. Mehmet TOPAKCI

Prof. Dr. Deniz YILMAZ

Assoc. Prof. Dr. Sait M. SAY

ÖNSÖZ

Tarımsal üretim, günümüzde yalnızca gıda arzının sürekliliğini sağlamakla kalmayıp aynı zamanda kırsal kalkınmanın desteklenmesi, ekonomik sürdürülebilirliğin sağlanması ve çevresel kaynakların etkin yönetimi açısından da stratejik bir önem taşımaktadır. Bu bağlamda, tarımsal mekanizasyon, modern tarımın temel yapı taşlarından biri haline gelmiştir. Traktörler ve tarım makinaları, tüm tarımsal işletmelerde üretimin verimli, sürdürülebilir ve ekonomik bir şekilde yürütülmesini sağlayan vazgeçilmez unsurlar olarak öne çıkmaktadır.

Son yıllarda hızla gelişen mekanizasyon teknolojileri, tarımsal üretim süreçlerini daha az iş gücüyle, daha kısa sürede ve daha düşük maliyetle gerçekleştirme imkânı sunmaktadır. Özellikle, toprak işleme gibi zaman alıcı ve enerji yoğun işlemlerde, gelişmiş tarım makinaları sayesinde önemli performans kazanımları elde edilmektedir. Bu gelişmeler, yalnızca üretim miktarının artırılmasıyla sınırlı kalmayıp, aynı zamanda ürün kalitesinin iyileştirilmesi, kaynakların daha etkin kullanılması ve çevresel etkilerin azaltılması açısından da önemli katkılar sağlamaktadır.

Bu tez çalışması, toprak işleme uygulamalarında kullanılan sabit kulaklı pulluk ve döner kulaklı pulluk gibi farklı tarım makinalarının yapısal özelliklerinin, iş başarısı ve performans parametreleri üzerindeki etkilerini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Çalışmada elde edilen bulguların, tarım makinalarının seçiminde bilimsel ve teknik açıdan yol gösterici olacağı düşünülmektedir. Aynı zamanda, sürdürülebilir tarım için mekanizasyon stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlayacağı da değerlendirilmektedir.

Bu çalışmanın her aşamasında bilgi ve deneyimiyle bana rehberlik eden, konu seçiminden sonuçlandırılmasına kadar geçen süreçte desteğini esirgemeyen, bilimsel düşünme biçimini ve akademik etik ilkelerini anlamamda katkı sağlayan değerli danışmanım Prof. Dr. İbrahim AKINCI'ya içten teşekkürlerimi sunarım.

Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölüm Başkanlığına, bölüm imkânlarından yararlanmamı sağladıkları için teşekkür ederim. Ayrıca bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım tüm bölüm öğretim üyelerine ve Tez İzleme Komitesi'nde yer alarak çalışmama katkıda bulunan değerli hocalarım Prof. Dr. Murad ÇANAKCI ve Prof. Dr. Deniz YILMAZ'a teşekkürlerimi sunarım. Bu çalışmanın deneysel uygulamalarının yürütülmesinde sağladığı altyapı ve teknik destekten dolayı Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (BATEM)'e teşekkür ederim.

Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne FDK-2023-6224 nolu projede sağladıkları maddi kaynak için teşekkür ederim.

Ayrıca, doktora eğitimim süresince göstermiş olduğu sabır, anlayış ve desteğiyle her daim yanımda olan sevgili eşim Sevtap COMART'a ve kıymetli oğlum Ayberk COMART'a gönülden teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	4
3. MATERYAL VE METOT	16
3.1. Materyal	16
3.1.1. Araştırma alanı özellikleri.....	16
3.1.2. İklim özellikleri.....	18
3.1.3. Toprak özellikleri	19
3.1.4. Ürün deseni	20
3.1.5. Deneme alanı geometrisi ve boyutları.....	21
3.1.6. Deneme alanı geometrisi.....	21
3.1.7. Deneme alanı boyutları	23
3.1.8. Traktör ve makinalara ait özellikler	23
3.1.9. Ölçme cihazlarına ait özellikler	27
3.2. Metot	29
3.2.1. Deneme alanı özellikleri	29
3.2.2. Toprak işleme özellikleri.....	30
3.2.3. Toprak işleme süreleri.....	33
3.2.4. Toprak işleme değişkenleri	36
3.2.5. Makina iş başarısı.....	37
3.2.6. İş başarısı excel modeli	38
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	39
4.1. Toprak işlemede fiziksel ve teknik özellikler	39
4.1.1. Deneme alanı fiziksel özellikleri.....	39
4.1.2. Toprak işleme teknik özellikleri	41

4.2.	Toprak işlemede aktif, pasif ve toplam süreler	43
4.2.1.	Aktif süreler	44
4.2.2.	Pasif süreler	45
4.2.3.	Toplam süreler, birim süreler ve tarla etkinliği.....	51
4.3.	Toprak işleme parametreleri ve makina iş başarısı	54
4.4.	Makina iş başarısı excel modeli	55
4.4.1.	Excel modeli deneme deseni	55
4.4.2.	Excel modeli eşitlikleri	55
4.4.3.	Excel modeli varsayımları.....	58
4.4.4.	Excel modeli arayüzü	60
4.4.5.	Excel modeli çıktıları	60
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	69
5.1.	Sonuçlar.....	69
5.2.	Öneriler	75
6.	KAYNAKLAR.....	77
7.	EKLER	81
ÖZGEÇMİŞ		

AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “Bazı toprak işleme makinalarındaki yapısal değişikliklerin makina iş başarısına etkilerinin belirlenmesi üzerinde araştırma: sabit ve döner kulaklı pulluk örneği” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

29/07/2025

Adem COMART

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

CO	: Karbon monoksit
CO ₂	: Karbondioksit
d/dk	: Devir/Dakika
da	: Dekar
dk	: Dakika
h	: Saat
ha	: Hektar
kgf	: Kilogram kuvvet
kN	: Kilo Newton
kPa	: Kilo Paskal
kW	: Kilo Watt
kWh	: Kilo Watt saat
l	: Litre
MPa	: Mega Paskal
Nm	: Newton metre
s	: Saniye

Kısaltmalar

ATMP	: Antalya Tarım Master Planı
ATOM	: Antalya Tarım ve Orman Müdürlüğü
BAP	: Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi
BATEM	: Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
BG	: Beygir Gücü
ÇH	: Çalışma hızı
ÇK	: Çeki kuvveti
DATEM	: Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
DKP	: Döner kulaklı pulluk
İPM	: İl Planlama Müdürlüğü
n_1	: Çalışma hızı sayısı
n_2	: Parsel boyu işleme sayısı
n_3	: Yastık boyu geri geliş sayısı
n_4	: Parsel başı dönüş sayısı
n_5	: Parsel ortası işleme sayısı
n_6	: Parsel kenarı işleme sayısı
n_7	: Makina kontrol/temizleme sayısı
n_8	: Yastık boyu geri geliş sayısı
n_9	: Yastık başı dönüş sayısı
PT	: Pulluk tipi
Pat	: Patinaj
SKP	: Sabit kulaklı pulluk
t_t	: Toplam süre
t_a	: Aktif süre

t_p : Pasif süre

TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu

USDA : United States Department of Agriculture (Amerika Birleşik Devletleri
Tarım Bakanlığı)



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Traktör-pulluk ikilisi için toprak işleme ve parsel başı dönüş sıralaması diyagramı.....	13
Şekil 3.1. Antalya bölgesinin coğrafik konumu ve ilçelerin dağılımı (Anonim 3).....	16
Şekil 3.2. Aksu ilçesi görünümü (Anonim 5)	18
Şekil 3.3. Deneme arazileri coğrafi konumu (Anonim 7).....	20
Şekil 3.4. Deneme parsellerindeki tanımlamalar (SKP)	22
Şekil 3.5. Deneme parsellerindeki tanımlamalar (DKP)	22
Şekil 3.6. Deneme alanının boyutları.....	23
Şekil 3.7. Tarım traktörü.....	24
Şekil 3.8. Sabit kulaklı pulluk.....	25
Şekil 3.9. Döner kulaklı pulluk.....	25
Şekil 3.10. Sabit kulaklı pulluk teknik özellikleri	26
Şekil 3.11. Döner kulaklı pulluk teknik özellikleri.....	26
Şekil 3.12. Çeki dinamometresi	27
Şekil 3.13. Toprak penetrometresi	28
Şekil 3.14. Pulluk tiplerine göre parsel boyu işleme yöntemi	31
Şekil 3.15. Pulluk tiplerine göre yastık boyu işleme yöntemi	32
Şekil 3.16. İki traktörlü ölçme yöntemi	36
Şekil 4.1. Örnek excel modeli arayüzü	60
Şekil 4.2. Makina iş genişliğine göre tarla etkinliği değerlerinin değişimi	61
Şekil 4.3. Makina iş genişliğine göre iş başarısı değerlerinin değişimi.....	62
Şekil 4.4. Çalışma hızına göre tarla etkinliği değerlerinin değişimi.....	63
Şekil 4.5. Çalışma hızına göre iş başarısı değerlerinin değişimi	64
Şekil 4.6. Arazi enine göre tarla etkinliği değerlerinin değişimi	65
Şekil 4.7. Arazi enine göre iş başarısı değerlerinin değişimi.....	66

Şekil 4.8. Arazi boyuna göre tarla etkinliği değerlerinin değişimi	67
Şekil 4.9. Arazi boyuna göre iş başarısı değerlerinin değişimi.....	68

Bu tezde ondalık yazımlarda ayraç olarak “.”, binlik yazımlarda ise “,” kullanılmıştır.



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Buğday (ayçiçeği yerine - %50) ve ayçiçeği (buğday yerine - %50) sahip ürün deseninde belirlenen güç ve tarım makinaları büyüklükleri (Darga 1989)	6
Çizelge 2.2. Vogel-Noot traktör pulluğu ile sürümde elde edilen sonuçlar (Yüksel 1991)	7
Çizelge 2.3. Kulaklı pulluk ve çizelin iş başarısı, yakıt tüketimi ve zamandan yararlanma katsayısı (Kayışoğlu ve Bayhan 1993).....	8
Çizelge 2.4. Bazı tarım makinalarına ait zamandan yararlanma katsayısı ve ilerleme hızı değerleri (ASAE 2001)	10
Çizelge 2.5. İşletmecilik verileri (Akıncı 2003)	11
Çizelge 3.1. Antalya ili topraklarının genel dağılımı (Anonim 4).....	17
Çizelge 3.2. Antalya ili tarım alanlarının kullanım amaçlarına göre dağılımı (TÜİK 2024)	17
Çizelge 3.3. Antalya İlinin uzun yıllar ortalamasına ait bazı iklim verileri (Anonim 6)	19
Çizelge 3.4. Antalya ili toprak gruplarının dağılımı (Anonim 2)	19
Çizelge 3.5. Aksu ilçesi tarım alanları dağılım oranları (TÜİK 2024)	21
Çizelge 3.6. Tarım traktörü teknik özellikleri.....	24
Çizelge 3.7. Dinamometre teknik özellikleri	28
Çizelge 3.8. Toprak penetrometresi teknik özellikleri.....	29
Çizelge 4.1. Toprak bünyesi/sınıfı ve hacim ağırlığı değeri	39
Çizelge 4.2. Toprak penetrasyon direnci değerleri	40
Çizelge 4.3. Toprak nem içeriği değerleri	40
Çizelge 4.4. Çeki kuvveti değerleri.....	41
Çizelge 4.5. Çalışma hızı değerleri	42
Çizelge 4.6. Patinaj değerleri	43
Çizelge 4.7. Yakıt tüketimi (YT) değerleri.....	43
Çizelge 4.8. Parsel boyu işleme süreleri (s)	44
Çizelge 4.9. Yastık boyu işleme süreleri (s)	45

Çizelge 4.10. Makina bağlama süreleri (s)	46
Çizelge 4.11. Makina ayarlama süreleri (s)	46
Çizelge 4.12. Parsel başı dönüş süreleri (s)	47
Çizelge 4.13. Parsel ortası işleme süreleri (s)	48
Çizelge 4.14. Parsel kenarı işleme süresi (s).....	49
Çizelge 4.15. Makina kontrol/temizleme süreleri (s).....	49
Çizelge 4.16. Yastık boyu geri geliş süreleri (s).....	50
Çizelge 4.17. Yastık başı dönüş süreleri (s).....	50
Çizelge 4.18. Makina sökme süreleri (s)	51
Çizelge 4.19. Pulluk tiplerine göre aktif, pasif ve toplam süreler	52
Çizelge 4.20. Pulluk tiplerine göre birim süreler ve tarla etkinliği değerleri	53
Çizelge 4.21. Toprak işleme parametreleri ve makina iş başarısı değerleri	54
Çizelge 4.22. Excel modeli deneme deseni	55
Çizelge 4.23. Excel modelinde kullanılan eşitlikler	56
Çizelge 4.24. Excel modeli eşitliklerine ait tanımlamalar	57
Çizelge 4.25. Excel modeli varsayımları	59
Çizelge 4.26. Makina iş genişliğine göre, tarla etkinliği ve iş başarısı değerleri	61
Çizelge 4.27. Çalışma hızına göre, tarla etkinliği ve iş başarısı değerleri	62
Çizelge 4.28. Arazi enine göre, tarla etkinliği ve iş başarısı değerleri	65
Çizelge 4.29. Arazi boyuna göre, tarla etkinliği ve iş başarısı değerleri	67

1. GİRİŞ

Tarım sektörü, insan yaşamı için temel besin maddelerinin üretimi ile doğrudan ilişkili olması ve önemli bir istihdam kaynağı oluşturması nedeniyle hem ülkemizde hem de dünya genelinde stratejik bir öneme sahiptir. Tarımsal üretimde temel hedef, birim alandan hem nitelik hem de nicelik açısından daha yüksek verim elde etmektir. Bu hedefe ulaşılabilmesi; sulama, gübreleme, zararlılarla mücadele, toprak ve su kaynaklarının korunması ve düzenlenmesi, üstün nitelikli damızlık materyallerin geliştirilmesi ile tarımsal mekanizasyon teknolojilerinin etkin kullanımı gibi çeşitli uygulamaların bir araya gelmesiyle mümkün olmaktadır (Akıncı vd. 2001).

Tarımsal üretim, doğanın kaynaklarını kullanarak toplumun barınma, beslenme ve giyim gibi temel ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik, tarım bilimi ve mühendislik alanındaki bilgi birikiminden yararlanılarak gerçekleştirilen birincil üretim faaliyetidir. Özellikle sürdürülebilir tarım ilkeleri doğrultusunda tarımsal üretimin yeniden düzenlenmesi, artan nüfusun gıda ihtiyacını karşılayabilmek, diğer sektörlerle gerekli kaynakları sağlayabilmek ve ulusal geliri artırmak açısından öncelikli bir hedef haline gelmelidir. (Say 2010).

Toprak işleme, tarımsal üretim süreçlerinin temel bileşenlerinden biri olup, toprak yüzeyinde veya altında gerçekleştirilen çeşitli mekanik müdahaleler aracılığıyla toprak yapısının iyileştirilmesini ve bitki gelişimi için uygun fiziksel koşulların oluşturulmasını amaçlayan bir uygulamalar bütünüdür. Toprak işleme faaliyetleri; tohum yatağının hazırlanması, yabancı otların baskılanması, bitki artıklarının toprağa karıştırılarak organik madde döngüsünün desteklenmesi, su infiltrasyonunun artırılması ve kök gelişimi için optimum ortamın sağlanması gibi birçok kritik tarımsal hedefi kapsamaktadır (Lal ve Dinkins 1979; Çelik 2016). Bu doğrultuda etkin şekilde yürütülen toprak işleme uygulamaları, su ve besin maddelerinin bitkiler tarafından daha verimli bir şekilde kullanılmasına imkân tanıyarak, tarımsal verimliliğin artırılmasına önemli katkılar sağlamaktadır. Öte yandan, aşırı veya hatalı toprak işleme uygulamaları, toprak yapısında fiziksel bozulmalara, erozyon riskinin artmasına, organik madde kaybına ve toprak sıkışmasına yol açarak uzun vadede tarım arazilerinin üretkenliğinin azalmasına neden olabilmektedir (Derpsch vd. 2010). Bu olumsuz etkileri azaltmak ve tarımda sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla, son yıllarda koruyucu toprak işleme sistemleri giderek daha fazla önem kazanmıştır. Söz konusu yöntemler, toprağın doğal yapısını koruyarak su erozyonunu azaltmakta, karbon tutulumunu desteklemekte ve genel ekosistem sağlığına olumlu katkılar sunmaktadır (Hobbs 2007). Tarım topraklarının verimli bir şekilde kullanılabilmesi ve uzun vadede üretkenliğinin korunabilmesi, toprak strüktürünün sürdürülebilirliği için uygun tarımsal mekanizasyon araçlarının seçimi ve doğru şekilde kullanımı önemli bir rol oynamaktadır.

Tarımsal mekanizasyon, doğrudan üretim miktarını artırmamakla birlikte, üretim süreçlerinin etkinliğinin ve verimliliğinin yükseltilmesinde kritik bir rol üstlenmektedir. Tarımsal üretimin her aşamasında, toprak işleme, ekim, bakım, hasat ve hasat sonrası işlemler gibi faaliyetlerin daha hızlı, daha düzenli ve daha az iş gücü ile gerçekleştirilmesi, tarımsal mekanizasyonun sağladığı imkânlar sayesinde mümkün olmaktadır. Bu bağlamda, tarımda kullanılan diğer üretim teknolojilerinin etkin bir şekilde uygulanabilmesi, üretim kalitesinin artırılması ve üretim süreçlerinin zamanında tamamlanabilmesi açısından tarımsal mekanizasyonun varlığı zorunlu bir unsur olarak

değerlendirilmektedir. Özellikle modern teknolojilerin tarımsal üretime entegrasyonu ile birim alandan elde edilen ürün miktarının ve kalitesinin artırılması, tarımsal mekanizasyonun sağladığı zaman ve iş gücü avantajları sayesinde daha etkili bir biçimde gerçekleştirilebilmektedir (Say 2010).

Tarımsal üretim süreçlerinde gerçekleştirilen çeşitli işlemlerde kullanılan alet ve makinaların büyük bir çoğunluğunun çalıştırılmasında güç kaynağı olarak traktörler tercih edilmektedir. Traktörler, tarımsal mekanizasyonun temel unsurlarından biri olup, iş gücü verimliliğini artırmanın ve üretim süreçlerini hızlandırmanın önemli araçları arasında yer almaktadır. Traktör ve bu traktörlere bağlanan makinaların performansları üzerinde; arazi yapısı, toprak tipi, iklim koşulları, makina ayarları ve sürücü becerisi gibi çok sayıda faktör etkili olmaktadır. Bu faktörlerden bazılarının nicel olarak ölçülmesi, temel işletmecilik verilerinin toplanmasına ve analiz edilmesine olanak sağlamaktadır. Elde edilen veriler doğrultusunda, traktör-makina kombinasyonlarının tarla koşullarındaki performansı daha objektif ve bilimsel temellere dayalı olarak değerlendirilebilmekte, böylece tarımsal işlemlerin planlanması ve yönetilmesi süreçlerinde daha doğru kararlar alınabilmektedir (Gülsoylu ve Günhan 2007).

Tarımsal mekanizasyon planlamasında, traktör ile tarım makinaları arasındaki enerji ilişkilerinin sağlıklı bir şekilde analiz edilebilmesi, çeşitli teknik ve işletmecilik verilerinin doğru bir şekilde belirlenmesine bağlıdır. Bu kapsamda, traktör-makina sistemlerinin performansını ve verimliliğini etkileyen başlıca parametreler arasında çeki kuvveti, ilerleme hızı, patinaj oranı, çeki gücü, yakıt tüketimi, kuyruk mili devri ve tork değerleri yer almaktadır. Söz konusu veriler, hem enerji aktarımının etkinliğini değerlendirmek hem de uygun traktör-makina eşleştirmesini sağlamak açısından büyük önem taşımaktadır. Belitilen teknik göstergeler, tarımsal üretimde mekanizasyon düzeyinin optimize edilmesi ve kaynak kullanımının rasyonelleştirilmesi amacıyla dikkate alınması gereken temel işletmecilik parametreleridir (Akıncı ve Sabancı 1991).

Toprak işleme, bitki gelişimi için uygun fiziksel koşulların oluşturulmasında temel bir aşama olup, bu sürecin etkin bir şekilde yürütülmesinde kullanılan tarım makinaları büyük önem taşımaktadır. Toprak işleme makinaları, işlevlerine ve toprağa uyguladıkları mekanik etkilerin niteliğine bağlı olarak birincil ve ikincil toprak işleme makinaları olmak üzere genel olarak iki ana grup altında sınıflandırılmaktadır. Birincil toprak işleme makinaları, işlenmemiş toprağın ilk kez parçalanmasını, kabartılmasını ve alt üst edilmesini sağlayarak tohum yatağı hazırlığına zemin oluştururken; ikincil toprak işleme makinaları ise toprağın daha ince parçalanması, keseklerin küçültülmesi ve yüzeyin düzleştirilmesi gibi işlemleri gerçekleştirerek ekim için ideal bir yapı kazandırmaktadır (Önal 2010). Bu makinaların yapısal tasarımları ve toprağa etki biçimleri dikkate alındığında, farklı işlevlere sahip alt gruplar ortaya çıkmaktadır. Örneğin; kulaklı pulluklar, toprağı keserek ters çevirme işlevi görürken; diskli pulluklar, taşlı ve ağır toprak koşullarında daha etkili çalışabilen döner disk yapıları ile dikkat çeker. Toprak frezeleri, dönen bıçaklar aracılığıyla toprağı hem yatay hem de düşey yönde parçalayarak daha homojen bir yapı elde edilmesini sağlar. Kültivatörler, tarımsal üretimde yüzeysel toprak işleme ve yabancı otların kontrol altına alınması amacıyla yaygın olarak kullanılan tarım makinalarıdır. Tırmık ve tapan gibi makinalar ise özellikle toprak yüzeyinde oluşan keseklerin parçalanması, toprak yapısının inceltilmesi ve yüzeyin düzleştirilerek ekime uygun hale getirilmesi süreçlerinde etkin rol oynamaktadır.

Ayrıca, merdane kullanımı toprak yüzeyinin sıkılaştırılmasını sağlayarak tohum ile toprak arasındaki temas yüzeyini artırmakta ve bu sayede topraktaki nem kaybını azaltarak çimlenme koşullarını iyileştirmektedir.

Birincil toprak işleme makinaları içerisinde yer alan sabit kulaklı pulluk (SKP) ve döner kulaklı pulluk (DKP), tarımsal üretim sistemlerinde toprağın devrilmesi, kesilmesi ve havalandırması gibi temel işlemlerin gerçekleştirilmesinde uzun yıllardır yaygın olarak kullanılan önemli makinalardandır. Bu pulluk tipleri, özellikle toprak yüzeyinde biriken bitki artıklarının toprağa karıştırılması, yabancı otların kontrol altına alınması ve tohum yatağı hazırlığında etkin rol oynamaktadır. Sabit kulaklı pulluklar, klasik yapılarıyla tek yönlü sürüm imkânı sunarken; döner kulaklı pulluklar, çift yönlü çalışabilme yetenekleri sayesinde tarlada açık çizi veya balıksırtı oluşumunu engellemekte ve tarla yüzeyinin düzgünlüğünü korumaktadır. Her iki makina tipi de tarla koşulları, traktör gücü ve işlenen arazinin büyüklüğüne göre farklı avantajlar sunmakla birlikte, teknolojik gelişmelerin etkisiyle daha verimli, zaman ve yakıt açısından daha tasarruflu sistemlerin geliştirilmesine zemin hazırlamıştır (Gülsoylu ve Günhan 2007).

Tarla koşullarında sabit kulaklı ve döner kulaklı pulluklar gibi birincil toprak işleme makinalarının performansının değerlendirilmesi amacıyla yürütülecek zaman etütleri, bu makinaların etkinliğinin ve verimliliğinin artırılması açısından büyük önem taşımaktadır. Zaman etüdü, makinanın iş başında geçirdiği süreleri ayrıntılı olarak analiz ederek; tarla içi aktif çalışma süresi, dönüş ve boş zamanlar ile duraklama sürelerini belirlemeye olanak tanımakta, böylece tarla içi işlemlerin rasyonelleştirilmesini sağlamaktadır (Hunt 1973; Say 2010). Bu tür teknik analizler, tarımsal mekanizasyon planlamasında karar verme sürecini desteklemekte ve makina-traktör kombinasyonlarının uygunluğunun değerlendirilmesine yardımcı olmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, toprak işleme makinalarındaki yapısal farklılıkların makina iş başarısı üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla, sabit kulaklı pulluk (SKP) ve döner kulaklı pulluk (DKP) tiplerini karşılaştırmalı olarak değerlendirmektir. Pulluk tiplerinin gövde özellikleri aynı teknik ölçülere sahiptir. Anılan iki farklı pulluk tipi ile dikdörtgen geometriye sahip bir arazide toprak işleme/sürüm işlemi yapılmıştır. Denemelerde makina iş genişliği, tarla çalışma hızı ve aktif-pasif süreler ölçülmüştür. Aktif ve pasif sürelerle göre tarla etkinliği değerleri hesaplanmıştır. Bu bağlamda, SKP ve DKP tipleri için ayrı ayrı iş başarıları belirlenmiştir. Ayrıca, bu araştırma verileri dikkate alınarak, farklı uygulama koşullarında SKP ve DKP için makina iş başarısı excel modeli geliştirilmiştir. Yapılan zaman analizleri ve alan kapasiteleri kıyaslamaları ile makinalardaki yapısal değişikliklerin, makina iş başarısına etkileri ortaya konulmuştur.

2. KAYNAK TARAMASI

Kadayıfçılar ve Yavuzcan (1969), “Ziraat Makinaları İşletmeciliği” konusunda yaptıkları çalışmada; tarım makinalarının tanımı ve sınıflandırılması, tarımsal üretim giderleri ve işletme giderleri, tarla iş başarıları, güç karakteristikleri ve alet makina seçimi konuları üzerinde durmuşlardır.

Dinçer (1970), mevcut işletme şartlarına göre optimum makina büyüklüklerinin seçilmesinde iş başarılarının önemli bir yeri olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışmada katsayılar yöntemiyle iş başarılarının nasıl hesaplanacağı incelenmiş ve hesaplamaların temelini oluşturan değerlerin büyüklükleri hakkında bilgi verilmiştir.

- İş başarısı; teknik, efektif, normal ve ziraat olmak üzere 4 esas grupta toplanmıştır.
- Belirli alanlar için çalışma zamanı, tarım makinalarının iş genişlikleri ve ilerleme hızlarına bağlı olduğu ifade edilmiştir.
- İş başarısı bir tarım makinasının çalışma başarısı olarak değerlendirmek mümkündür.

Hunt (1973), çalışmasında, tarımsal mekanizasyon işletmeciliği konuları ile ilgili ayrıntılı bilgiler ve eşitliklere yer vermiştir. Çalışmada ele alınan konular; ekonomik performans (makina, güç ve insan işgücü performansı), maliyetler, tarımsal işlemler (toprak işleme, tohum yatağı hazırlama, ara çapalama, ekim makinaları kalibrasyonu, taneli ürünlerin hasadı, yem bitkilerinin hasadı, ürün işleme, özel ürün işlemleri) ile güç ve mekanizasyon araçlarının seçimi (makina seçimi, güç, kullanılmış makina) başlıkları altında detaylı şekilde incelenmiştir. Çalışmada, optimum traktör gücü ve tarım makinaları büyüklüğü en düşük giderli seçim yöntemi ile belirlenmektedir.

Sungur (1974), “Tarım Makinaları İşletme Tekniği” isimli eserinde, tarımsal üretimde tarım makinaları ve traktör, traktörün işletme şartları altında çalışması, tarla işlemlerinde traktörün çeki özellikleri, makina ve traktör agregatının hareket tarzı, makina ve traktör agregatının tertibi, traktörün tarım makinaları iş organlarını çalıştırarak yaptığı iş, sabit tarım makinalarının traktörle çalıştırılması, traktör ve tarım makinaları agregatlarının tarladaki hareket tarzı, traktör ve makina agregatının iş verimi, zaman bilançosu, dışsal tanıtım işlerinin teknolojisi ve organizasyonu konuları incelenmiş, traktör ve tarım makinalarının tanıtımı ve çalıştırılmasına ilişkin genel bilgiler verilmiştir.

Bowers vd. (1981), tarafından yapılan çalışmada, makina iş başarısı, ölçme teknikleri, tarla etkinliğini artırma yöntemleri, uygun makina boyutlarının seçimi, güç gereksiniminin hesaplanma yöntemleri, sabit ve değişken makina giderleri ile makina ve güç boyutu seçimi gibi konular detaylı olarak ele alınmıştır. Makina güç gereksiniminin belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen araştırmada, farklı toprak özellikleri, çeşitli çalışma hızları ve uygun iş derinlikleri göz önünde bulundurularak, kulaklı pulluk, çizel ve tarla kültivatörüne ait birim çeki kuvveti ve çeki gücü değerleri tespit edilmiştir. Bu çalışmalar, tarımsal mekanizasyonun verimliliğini artırmayı hedeflemektedir.

Farklı toprak özellikleri ve çalışma hızları dikkate alındığında, makina güç gereksinimlerinin değiştiği ve bu gereksinimin ağır toprak koşulları ve yüksek çalışma hızlarında daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Işık (1988), tarafından sulu tarımda kullanılan mekanizasyon araçlarının optimum makina ve güç seçimine yönelik işletme değerlerinin belirlenmesi ve uygun seçim modellerinin oluşturulması üzerine yapılan bir araştırmada, bu seçimlere etki eden işletmecilik verileri detaylı olarak incelenmiştir. Çalışmada, sabit gider faktörleri, traktör ve makina birim satın alma fiyatları, çalışma hızları, çeki etkinliği değerleri, saatlik iş gücü maliyetleri, traktör sabit giderleri, zamanlılık giderleri, enerji gereksinimi değerleri ve traktör yüklenme oranı gibi çeşitli parametreler belirlenmiştir. Bu veriler, optimum makina ve güç seçimi süreçlerine rehberlik etmek amacıyla analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir.

Araştırmada, literatüre dayalı olarak sunulan bazı işletmecilik verileri ülkemiz koşullarına uygun şekilde elde edilmiş, farklı işletmeler için optimum makina ve güç boyutları belirlenmiş ve oluşturulan model sonuçları mevcut verilerle karşılaştırılmıştır.

Darga (1989), çalışmasında, işletme büyüklüğü, ürün deseni, tarla işlemlerinin başlama ve bitiş tarihleri, makinaların iş başarıları ve çalışılabilir gün olasılıklarına bağlı olarak işletmeye uygun bir tarım makinaları sistemi tasarımı ile haftalık çalışma programlarını hazırlayan bir model geliştirmiştir. Bu model, FORTRAN IV programlama dilinde bir bilgisayar programı olarak kodlanmış ve PC üzerinde çözümlenmiştir. Modelin çözümü, 10 farklı ekim nöbeti ve 5 işletme büyüklüğü için, 3 farklı tasarım olasılığı düzeyinde ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

Araştırma sonucunda, güç kaynakları ve tarım makinaları gereksinimlerinin ekim nöbetlerine ve işletme büyüklüğüne göre değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Çoklu üretim desenlerinde, işlemlerin yıl boyunca daha dengeli bir şekilde dağıldığı, bu durumun makinalardan yararlanma oranını artırdığı ve dolayısıyla mekanizasyon planlaması açısından çoklu üretim desenlerinin daha uygun olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, makina sistemi maliyetinin de ekim nöbeti ve işletme büyüklüğünden etkilendiği sonucuna ulaşılmıştır. Çizelge 2.1’de %50 buğday (ayçiçeği yerine) ve %50 ayçiçeği (buğday yerine) sahip ürün deseninde belirlenen optimum güç ve tarım makinaları büyüklükleri verilmiştir.

Çizelge 2.1. Buğday (ayçiçeği yerine - %50) ve ayçiçeği (buğday yerine - %50) sahip ürün deseninde belirlenen güç ve tarım makinaları büyüklükleri (Darga 1989)

Makina	Optimum Büyüklük				
	İşletme Büyüklüğü (ha)				
	10	20	50	100	300
Bıçerdöver	4.20 m	4.20 m	4.20 m	4.20 m	4.00 m
Büyük traktör	37.0 kW	37.0 kW	37.0 kW	37.0 kW	42.0 kW
Küçük traktör	18.0 kW	18.0 kW	18.0 kW	18.0 kW	23.0 kW
Kulaklı pulluk	0.90 m	0.90 m	0.90 m	0.90 m	2.70 m
Kültüvator	2.40 m	2.40 m	2.40 m	2.40 m	4.80 m
Goble diskaro	2.35 m	2.35 m	2.35 m	2.35 m	4.70 m
Diskli tırmık	2.50 m	2.50 m	2.50 m	2.50 m	5.00 m
Diskli tırmık+tapan	2.20 m	2.20 m	2.20 m	2.20 m	2.50 m
Pnömatik ekim mak.	2.80 m	2.80 m	2.80 m	2.80 m	5.60 m
Tahıl ekim mak.	2.55 m	2.55 m	2.55 m	2.55 m	5.60 m
Santr. güb. dağ. mak.	10.00 m	10.00 m	10.00 m	10.00 m	20.00 m
Merdane	2.50 m	2.50 m	2.50 m	2.50 m	2.50 m
Traktör çapası	2.80 m	2.80 m	2.80 m	2.80 m	5.60 m
Gübreli ara çapa mak.	2.10 m	2.10 m	2.10 m	2.10 m	4.20 m
Tarla pülverizatörü	6.00 m	6.00 m	6.00 m	6.00 m	24.00 m
Balya makinası	4.20 m	4.20 m	4.20 m	4.20 m	4.20 m

Evcim (1990), tarafından yapılan “Tarımsal Mekanizasyon İşletmeciliği ve Planlaması Veri Tabanı” adlı çalışma yapılmıştır. Çalışma kapsamında ele alınan konular; traktör performansları, tarım makinalarının güç gereksinimleri, mekanizasyon işlemlerinin üretim birimi başına kaynak gereksinimleri, makina performansları, maliyetler ve tarımsal maliyet özellikleri başlıkları altında detaylı bir şekilde incelenmiştir.

FAO (1990), tarafından “Ziraat Mühendisliğinin Gelişimi – Mekanizasyon Girdilerinin Belirlenmesi” isimli yayınında gelişmekte olan ülkelerde tarımsal mekanizasyon girdileri tanıtılmış ve ilgili eşitlikler verilmiştir. Kitapta konular; temel bilgiler, verilerin değerlendirilmesi ve açıklanması, tarımsal mekanizasyon giderleri, tarım makinaları ve el aletlerinin seçimi, ulusal planlamada özel durumlar başlıkları altında toplanmıştır.

Akıncı ve Sabancı (1991), Türkiye’de yaygın olarak kullanılan 4 firmaya ait 13 değişik tip traktörün deney değerlerine dayalı başarı verilerini teorik olarak incelemişlerdir. Deney raporlarından traktör ilerleme hızı, çeki kuvveti, patinaj ve çeki gücü değerleri kullanılarak, bunlara dayalı çeki etkinliği, dinamik oran özellikleri hesaplanmıştır.

- Güçlü traktörlerin kullanımının yaygınlaştırılması gerektiği ifade edilmiştir.
- Traktör gücüne uygun tarım makinalarının seçimi ve buna uygun uygulamaların önemli olduğu tespit edilmiştir.

- Çeki yeteneklerinden en üst düzeyde yararlanabilmek için traktörlerin optimum yüklenme koşullarında çalıştırılmaları gerektiği bulunmuştur.

Özmerzi ve Bereket (1991), çalışmalarında Antalya Yöresinde Pamuk Tarımında Kullanılan Tarım Alet-Makinalarının Zaman Tüketimleri Üzerine bir araştırma yapmışlardır. Antalya Bölgesinde sulu pamuk üretim mekanizasyonunun çiftçi bazında zamanlılık analizi yapılmış, üretim basamaklarının toplam zaman içerisindeki yüzde dağılımı, toplam işçi ve makina zamanları ve farklı boyutlardaki parsellerde makinaların çalışma etkinlikleri belirlenmiştir.

Pamuk üretiminde, en fazla işgücü zaman tüketimine sahip işlemin, toplam zaman tüketimlerinin %65'i olan hasat işlemi olduğu belirlenmiş, bu işlemi seyreltme, el çapası ve sulama işlemleri izlemiştir. Diğer yandan pamuk üretiminde kullanılan makinalar içerisinde kulaklı pulluğun, birim alan için en yüksek makina kullanım zamanına sahip makina olduğu, üretim döneminde kuvvet kaynağı olarak traktörün kullanıldığı, sulamada kuvvet kaynağı kullanılması nedeni ile sulamanın en fazla makina kullanım zamanına sahip işlem olduğu ve parsel boyutları büyüdükçe makinaların iş başarılarının arttığı saptanmıştır. Ayrıca pamuk üretiminde harcanan toplam makina kullanım zamanının 33.13 h/ha, işgücü zamanının ise 683.54 h/ha olduğu belirlenmiştir.

Yüksel (1991), tarafından yapılan bir çalışmada, tarımsal üretim girdileri içerisinde önemli bir yere sahip olan mekanizasyon unsurlarından biri olarak değerlendirilen Zirai Donatım Kurumu üretimi 3 gövdeli Vogel-Noot asma tip traktör pulluğu, Uludağ Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği'nde incelenmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen bulguların, işletme koşullarına uygun pulluk seçiminin yapılması, tarımsal üretim süreçlerinin planlanması ve mekanizasyon maliyetlerinin hesaplanması gibi konularda kullanılabilir nitelikte olduğu belirlenmiştir.

Deneme yapılan parsellerde ölçülen esas ve dönme zamanlarının ortalamalarının kullanılabilir olup olmadığını, homojenlik testleri ile belirlemiştir. Söz konusu zaman ölçümleri, "Kısım-zaman yöntemi" kullanılarak gerçekleştirilmiş; ölçülen zamanlar ise esas zaman, yardımcı zaman, hazırlık zamanı, yol zamanı ve kayıp zaman olmak üzere beş ana kategori altında sınıflandırılmıştır. Çalışmalarını dikdörtgen geometrik alana (66.67 m × 150 m) sahip 1 ha büyüklüğündeki parselde gerçekleştirmiştir. Çalışmada elde edilen veriler Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Vogel-Noot traktör pulluğu ile sürümde elde edilen sonuçlar (Yüksel 1991)

Efek. İş gen. (mm)	İş derin. (mm)	Zaman Ögesi	Göz. Sayısı	Ort. Zaman (dk)	Stand. sapma	Değ. Kat.	Çal. Hızı (km/h)	Net iş baş. (h/ha)	Effek. İş baş. (h/ha)	Tarla iş baş. (h/ha)	Top. İş baş. (h/ha)
899	21.9	Esas zaman	74	164.7	8.2	5.0	5.0	3.110	3.227	3.433	3.516
		Dönme zamanı	74	69.5	31.2	44.9					
		Yastık esas zamanı	7	105.7	4.9	4.6					
		Dönme zamanı	6	19.2	2.2	11.4					

Kayısoğlu ve Bayhan (1993) çalışmalarında, kulaklı pulluk ve çizelin toprağın fiziksel özellikleri olan penetrasyon direnci, porozite, hacim ağırlığı ve strüktür üzerine yaptıkları etkiler, iş başarıları ve yakıt tüketimleri açısından karşılaştırmışlardır.

Çizelge 2.3. Kulaklı pulluk ve çizelin iş başarısı, yakıt tüketimi ve zamandan yararlanma katsayısı (Kayısoğlu ve Bayhan 1993)

Makina	Yakıt tük. (l/da)	Çalışma hızı (km/h)	İş başarısı (da/h)	Zamandan yarar. katsayısı
Çizel	1.741	4.06	7.16	0.94
Kulaklı pulluk	1.378	4.22	2.71	0.89

Çalışmada aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır;

- Çizelin topraktaki nem tutumluluğu açısından kulaklı pulluktan üstün olması,
- Hacim ağırlığı, parçalanma ve havalandırma etkinliği açısından da kulaklı pulluğa göre çok büyük farklılıkları olmaması,
- Yakıt tüketimi ve iş başarısı yönünden de çizelin verilerinin daha iyi olması.

Akıncı vd. (1994) tarafından yapılan araştırmada, traktör-makina sisteminin temel işletmecilik verilerini ölçmek için taşınabilir ve evrensel bir bilgisayar destekli ölçme sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem, çeki kuvveti, tarla çalışma hızı, patinaj, çeki gücü ve yakıt tüketimi gibi verilerin ölçümüne olanak tanır. Ölçme sisteminde, çeki kuvveti için traktörün üç nokta bağlantı düzenine yerleştirilen kuvvet ölçme pimleri, hızı ve patinajı ölçmek için tekerleklerle yerleştirilen manyetik algılayıcılar, yakıt tüketimi için yakıt ölçer ile A/D-D/I dönüştürücü, PPC bilgisayar ve bağlantı çatısı bulunmaktadır.

Araştırma sonunda, traktör-makina sisteminde bilgisayar destekli ölçme seti kurulmuş ve geliştirilmiştir. Geliştirilen sistemin farklı uygulama koşullarında temel işletmecilik verilerinin ölçümünde kolay, çabuk ve güvenilir şekilde kullanılabileceği belirlenmiştir.

Bastaban (1994) tarafından, toprak işlemede farklı ilerleme hızlarının pulluk çeki kuvveti ve yakıt tüketimi üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla yapılan araştırmada, dört gövdeli kültürform tipi bir pulluk kullanılarak 18.0 cm iş derinliğinde toprak işleme gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, ilerleme hızları sırasıyla 3.5 km/h, 5.0 km/h, 6.5 km/h ve 7.5 km/h olarak belirlenmiş ve bu hızlarda pulluk çeki kuvveti ile yakıt tüketimi değerleri ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre, en yüksek çeki kuvveti 13.3 kN olarak 7.5 km/h ilerleme hızında kaydedilirken, en düşük çeki kuvveti ise 9.4 kN ile 3.5 km/h ilerleme hızında elde edilmiştir. Yakıt tüketimi açısından değerlendirildiğinde, en yüksek tüketim 35.3 l/ha olarak 3.5 km/h ilerleme hızında gerçekleşirken, en düşük yakıt tüketimi ise 26.0 l/ha ile 5.0 km/h ilerleme hızında tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, ilerleme hızının hem çeki kuvveti hem de yakıt tüketimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Kasap ve Erdem (1994), çalışmalarında, bir çiftlik gübresi dağıtma makinası kullanılarak gübreleme işleminde zaman gereksinimi ve makinanın iş başarısı değerlerini belirlemişlerdir. Bu amaçla, 60 m x 20 m boyutlarında üç parselden oluşan bir arazi üzerinde denemeler gerçekleştirilmiştir. Denemelerde, 4 ton kapasiteli yatay tamburlu çiftlik gübresi dağıtma makinası kullanılmış ve kuvvet kaynağı olarak MF 265 traktörü kullanılmıştır.

Çalışmada; efektif çalışma zamanı, ilerleme hızı, patinaj, zaman gereksinmesi, makinanın iş başarısı ve makinanın attığı gübre miktarı hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda; insan sağlığı ve zaman, maliyet ve iş gücü açısından ekonomik olmayan elle gübre dağıtma işleminin makina gücü ile yapılması daha uygun olacağı ifade edilmiştir.

Barut vd. (1995), sera topraklarının işlenmesinde toprak işleme kriterlerini belirlemişlerdir. Çalışmada günümüzde tarla mekanizasyonunda uygun tohum yatağı hazırlığı ve toprak işleme tekniklerinin saptanmasına yönelik çalışmaların oldukça yaygın olduğu belirtilmiştir. Ancak; kontrollü bitki yetiştiriciliğinin yapıldığı seralarda tarımsal mekanizasyon tekniklerine ait uygulamaların yer aldığı araştırmaların oldukça sınırlı düzeyde kaldığı vurgulanmıştır. Araştırmada, seralarda yetiştirilen tarımsal ürünlerin hasadından sonra sera topraklarında oluşan toprak sıkışıklığına bağlı olarak, birim sera alanında toprak işleme sırasında harcanan zaman ve enerji tüketimlerinin minimum düzeye indirilebilmesi için gerekli temel işletmecilik verileri belirlenmiştir. Denemeler; domates, biber ve çilek üretiminin yapıldığı, her biri 960 m² alana sahip 3 adet cam serada yürütülmüştür. Ürün hasadından sonra tek akslı bir bahçe traktörüne bağlı tek gövdeli dik kulaklı bir pulluk ile yapılan toprak işleme sırasında; yakıt tüketimi, zaman gereksinimi, toprak nemi ve toprak sıkışıklığı değerleri ölçülmüştür. Ölçümler sonucunda; her üç serada 20 cm derinliğe kadar olan toprak katmanlarında kuru ağırlık cinsinden nem değerleri %11-29, toprak işlemeden sonraki toprak sıkışıklığı değerleri 15.7-47.3 kPa, yakıt tüketimi 23-27 l/ha ve aktif zaman gereksinimi 22.3-24.8 h/ha olarak belirlenmiştir.

Yüksel ve Tekin (1995), Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırması ve Uygulama Çiftliğinde kullanılan kulaklı pulluk, diskaro, kültüvatör, diskli tırmık gibi toprak işleme makinaları ile farklı çalışma hızlarında çeki kuvveti, ilerleme hızı, patinaj gibi bazı işletmecilik verilerini ölçmüşlerdir. Araştırmada her bir toprak işleme aleti için gerekli çeki kuvvetinin hızın artışına bağlı olarak oransal şekilde arttığı belirlenmiştir.

ASAE (2001) standardında, işletmeci, planlamacı ve tasarımcılara yönelik tarım makinaları performanslarını tahminleyen, çalışma parametreleri yer almaktadır. Bu veriler; traktör performansı, makina güç gereksinimi, tamir-bakım giderleri, amortisman, yakıt-yağ kullanımı, işlemlerde güvenilirlik, çalışılabilir günler ve değerleri içermektedir. Çizelge 2.4'de bazı tarım makinalarına ait zamandan yararlanma katsayısı ve ilerleme hızı değerleri görülmektedir.

Çizelge 2.4. Bazı tarım makinalarına ait zamandan yararlanma katsayısı ve ilerleme hızı değerleri (ASAE 2001)

Makina adı	Tarla etkinliği (%)	İlerleme hızı (km/h)
Kulaklı pulluk	70-90	5.0-10.0
Çizel	70-90	6.5-10.5
Tarla kültüvatörü	70-90	8.0-13.0
Malç bastırma	70-90	6.5-11.0
Toprak frezesi	70-90	2.0-7.0
Tarla pülverizatörü	50-80	5.0-11.5
Hava yardımlı ilaçlama mak.	55-70	3.0-8.0
Tarım arabası	-	-

Akıncı (2003) çalışmasında, Antalya ilindeki sulu tarım yapılan tarla işletmelerine yönelik mekanizasyon planlaması amacıyla kapsamlı bir analiz gerçekleştirmiştir. Bu bağlamda, bölgede yetiştirilen tarımsal ürünler detaylı bir şekilde incelenmiş ve bu ürünlerin üretim süreçlerinde kullanılan makinalar ile bu makinaların her bir işlem için kullanım sayıları belirlenmiştir. Ayrıca, tarımsal üretim faaliyetlerini etkileyen iklim koşulları ve zamanlılık faktörleri dikkate alınarak üretim süreçlerindeki kritik dönemler tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında, tarım makinalarına ait teknik özellikler ve ekonomik değerler ayrıntılı olarak analiz edilmiş; bu makinaların işletmelerde kullanımına ilişkin maliyet ve performans verileri toplanmıştır. Bunun yanı sıra, tarım ürünleriyle ilgili temel işletmecilik verileri elde edilerek, mekanizasyon planlamasında bu bilgilerin nasıl değerlendirilebileceği üzerine çalışmalar yapılmıştır. Tüm bu veriler, tarımsal mekanizasyonun daha etkin ve verimli bir şekilde kullanılmasını sağlamak amacıyla bir araya getirilmiş ve bölgenin tarımsal üretim potansiyelini artıracak şekilde yorumlanmıştır.

Denemeler killi-tınlı toprak yapısında gerçekleştirilmiş, bölgede yaygın olarak kullanılan tarım makinaları kullanılmıştır. Güç kaynağı olarak Universal 650 ve Fiat 60- 56 traktörleri kullanılmıştır.

Tarımsal işletmelerde mekanizasyon planlamasına yönelik işletmecilik verilerinde eşitlikler kullanılarak değerler bulunmuştur. Araştırmada birçok temel işletmecilik verilerinden yararlanılmıştır. Bu veriler içerisindeki tarım makinalarına ait enerji ve efektif alan kapasite verileri Çizelge 2.5’de verilmiştir.

Çizelge 2.5. İşletmecilik verileri (Akıncı 2003)

Makinalar	Makine iş genişliği (m)	İlerleme hızı (km/h)	Tarla etkinliği (ondalık)	İş başarısı (ha/h)	Enerji tüketimi (kWh/ha)
Kulaklı pulluk	1.05	5.70	0.80	0.48	63.68
Goble diskaro	1.90	6.52	0.85	1.05	21.69
Diskli tırmık	2.35	7.85	0.80	1.48	15.46
Tapan	2.75	8.00	0.85	1.87	11.67
Sant. güb. dağ. mak.	10.00	7.50	0.70	5.25	1.96
Üniv. ekim mak.	1.40	5.70	0.70	0.56	13.27
Pnöm. ekim mak.	2.80	5.60	0.70	1.10	16.82
Araçapa kültüvatörü	2.10	5.14	0.80	0.86	26.58
Çizel (araçapa)	2.10	3.40	0.80	0.71	14.08
Çizel (lister)	2.80	4.50	0.80	1.01	12.42
Gübreli araçapa mak.	2.10	4.63	0.80	0.78	26.83
Taba makinası	8.40	4.90	0.80	3.29	5.58
Tarla pülverizatörü	8.00	7.30	0.65	3.80	3.21

Ulusoy (2005) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, 4857 sayılı İş Kanunu çerçevesinde işçilerin ara dinlenme hakları ele alınmıştır. Çalışmada, işçilerin günlük çalışma süresi yasal olarak 8 saat olarak belirlenmiş olsa da, özellikle tarımsal faaliyetlerin yoğunluğu nedeniyle bu sürenin uygulamada sıklıkla aşıldığı ifade edilmiştir. Tarımsal üretimin doğasında yer alan mevsimsel değişkenlik, iş yükü fazlalığı ve süreye duyarlılık, işçilerin dinlenme ihtiyaçlarını daha da önemli hale getirmektedir.

4857 sayılı İş Kanunu'nun 68. maddesi uyarınca, ara dinlenme süreleri, işçilerin günlük çalışma süresine bağlı olarak belirlenmekte olup, bu düzenleme önceki 1475 sayılı İş Kanunu'ndaki hükümleri aynen muhafaza etmektedir. Buna göre;

- 4 saat veya daha kısa süreli işlerde en az 15 dakika,
- 4 saatten fazla ve 7.5 saate kadar olan işlerde (7.5 saat dâhil) en az 30 dakika ve
- 7.5 saatten fazla süreli işlerde ise en az 60 dakika

ara dinlenmesi verilmesi yasal bir zorunluluktur (Anonim 1). Bu süreler asgari sınırları göstermekte olup, işverenler tarafından artırılabilir ancak azaltılamaz. Ayrıca, Kanun'un 10. maddesi gereği, işin sürekli ya da süreksiz nitelikte olması, ara dinlenme sürelerinin uygulanması bakımından herhangi bir farklılık teşkil etmemektedir.

Çelik vd. (2007) tarafından yapılan çalışmada üç farklı pulluk tipi kullanılarak enerji gereksinimleri karşılaştırılmıştır. Bu pulluk tipleri; kulaklı, diskli ve deneysel pulluklar olarak belirlenmiştir. Deneyler sırasında toprak işleme derinliğini 20 cm olarak belirlemişlerdir. Deneyin amacı, farklı pulluk tiplerinin enerji ihtiyaçlarını analiz etmek olduğundan, toprak işlemeyi traktörün 4.5 km/h, 5.4 km/h ve 6.3 km/h olarak üç farklı ilerleme hızında uygulama yapılarak deneyler gerçekleştirilmiştir. Her hızda ve her pulluk tipiyle yapılan işlemlerden elde edilen veriler, enerji gereksinimlerinin ve ekipman performanslarının daha detaylı bir şekilde değerlendirilmesini sağlamıştır. Bu kapsamlı yaklaşım, farklı tarım makinalarının verimliliğini ve enerji tüketimini karşılaştırmaya yönelik değerli bilgiler sunmaktadır.

Tarla denemelerinde, farklı traktör ilerleme hızlarında enerji gereksinimlerini değerlendirmek için üç farklı gövdeye sahip tam monteli pulluk tipleri kullanılmıştır. Bu pulluklar; kulaklı, diskli ve kombine şeklinde dizayn edilmiştir. Kombine pulluk üç ana parçadan oluşmaktadır: bir pay, bir kalıplı göğüs parçası ve pulluğun ana gövdesini oluşturan içbükey bir disktrir.

Sonuç olarak, pulluk tipleri ve traktör hızlarının özgül çekiye, çeki gücüne ve yakıt tüketimi üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur. En düşük çeki kuvveti ve çeki gücü, kulaklı pullukla yapılan denemelerde sırasıyla 5.73 kN ve 8.39 kW olarak ölçülmüştür. Kombine pullukta, 2.30 N/cm² ile en düşük özgül çeki değerini ve 14.96 l/ha ile en düşük yakıt tüketimi sağlamıştır. Diskli pullukta ise, 9.59 kN çeki kuvveti, 4.15 N/cm² özgül çeki, 14.43 kW çeki gücü ve 17.31 l/ha yakıt tüketimi ile en yüksek değerleri kaydetmiştir.

El Naim vd. (2014), geleneksel ve geniş kanatlı aletlerle modifiye edilmiş çizel pulluğu, killi toprak koşullarında karşılaştırmalı olarak test etmişlerdir. Bu çalışma, her iki tasarımın farklı performans parametreleri üzerindeki etkisini analiz etmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümlerde, toplam tarla zamanının her iki tasarım arasında, her bir lokasyonda 0.05 anlamlılık düzeyinde önemli bir fark göstermediği tespit edilmiştir. Ancak, geleneksel pulluk hem birinci hem de ikinci lokasyonda modifiye pulluktan daha yüksek bir hızla çalışmıştır. Bu durum, geleneksel pulluğun teorik tarla kapasitesinin modifiye pulluğa kıyasla daha yüksek olmasına neden olmuştur. Birinci lokasyonda geleneksel pulluk, modifiye pulluktan 0.11 ha/h, ikinci lokasyonda ise 0.18 ha/h daha yüksek bir teorik tarla kapasitesi kaydetmiştir.

Benzer şekilde, etkili tarla kapasitesi de geleneksel pulluk için daha yüksek bulunmuştur. Birinci lokasyonda geleneksel pulluk, modifiye pulluğa göre 0.064 ha/h, ikinci lokasyonda ise 0.137 ha/h daha yüksek bir efektif tarla kapasitesi sağlamıştır. Ancak, geleneksel pulluğun tarla verimliliği, modifiye pulluğa göre daha düşük bir performans sergilemiştir. Bu durum, geleneksel pulluğun modifiye pulluktan farklı bir tasarım yapısına sahip olmasından kaynaklanmış olabilir.

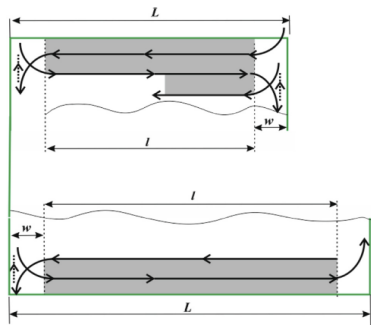
Yakıt tüketimi açısından yapılan değerlendirmelerde, birinci lokasyonda geleneksel pulluğun yakıt tüketim oranının modifiye pulluğa kıyasla 0.10 l/ha daha yüksek olduğu kaydedilmiştir. Bununla birlikte, ürün verimi açısından elde edilen sonuçlar, modifiye pulluğun üstün bir performans sergilediğini göstermiştir. Birinci lokasyonda, geleneksel pullukla işlenen araziden elde edilen ürün verimi, modifiye pulluğa kıyasla 47.7 kg/ha daha düşük bulunmuştur. Benzer şekilde, ikinci lokasyonda da geleneksel pulluk, modifiye pulluktan 50.1 kg/ha daha az ürün verimi elde etmiştir. Bu sonuçlar, geniş kanatlı aletlerle modifiye edilmiş çizel pulluğun daha yüksek tarla verimliliği ve ürün verimi sağlamada daha etkili bir seçenek olduğunu göstermektedir.

Bilgili vd. (2017), araştırmalarını Adana ili Yüreğir Ovası'nda bulunan Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (DATEM) deneme arazilerinde gerçekleştirmişlerdir. Çalışmadan, Çukurova yöresinde buğday üretiminin ardından yaygın olarak uygulanan ikinci ürün yetiştiriciliği kapsamında farklı toprak işleme yöntemlerinde yakıt ve zaman tüketimlerinin belirlenmesini amaçlamıştır. Bu doğrultuda, ekim öncesi kullanılan geleneksel toprak işleme yöntemleri ile koruyucu toprak işleme yöntemlerinden biri olan anıza direkt ekim yöntemlerini incelemiştir.

Çalışma ikinci ürün mısır üretiminde sulu tarla koşullarında yürütülmüştür. Tarla denemelerinde elde edilen sonuçlara göre; tarla iş başarıları geleneksel II. ürün yetiştirme yönteminde 44.79 dk/da ve alternatif II. ürün yetiştirme yönteminde ise 26.08 dk/da'dır. Ayrıca deneme aşamalarında harcanan yakıt tüketimi değerleri geleneksel yöntemde 5.50 l/da, alternatif yöntemde ise 3.56 l/da olarak tespit edilmiştir.

Gözübüyük vd. (2018), yaptıkları araştırmada, Erzurum yöresinin sulu ve kuru tarım koşullarında, dokuz yıl süren geleneksel münavebe periyodundaki fiğ üretiminde dört farklı toprak işleme ve ekim yönteminin bazı önemli işletme parametreleri üzerindeki etkileri incelemişlerdir. İncelenen toprak işleme ve ekim yöntemleri; geleneksel toprak işleme (kulaklı pulluk+diskli tırmık (sulu)/kültivatör (kuru)+kombikrüm+ekim makinası), azaltılmış toprak işleme-1 (kültivatör+kombikrüm+ekim makinası), azaltılmış toprak işleme-2 (dik rotovatör+ekim makinası) ve doğrudan ekim (doğrudan ekim makinası) olarak sınıflandırılmıştır. Kuru tarım koşullarında, özgül çeki kuvveti, özgül çeki gücü ve yakıt tüketiminin sulu tarım koşullarına göre daha yüksek, ancak makina ve insan iş gücü gereksinimlerinin daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Yöntemler arasında, en yüksek özgül çeki kuvvetinin geleneksel yöntemde, en düşük değerin ise doğrudan ekim yönteminde olduğu tespit edilmiştir. Özgül çeki gücü, tarla trafiği ile birlikte artmış ve geleneksel yöntem bu alanda en yüksek değerlere ulaşmıştır. Sulu ve kuru tarım koşullarında birim zamanda işlenen alan açısından, geleneksel yöntemde 0.13 ha/h işlenebilirken, doğrudan ekim yöntemiyle bu miktar 12 kat artarak 1.60 ha/h olmuştur. Ayrıca, makina iş gücü gereksinimi açısından, geleneksel yöntemin 8.17 h/ha süreye ihtiyaç duyduğu, doğrudan ekim yönteminin ise bu süreyi 5 kat azaltarak 1.63 h/ha indirdiği belirlenmiştir.

Janulevicius vd. (2019), farklı parsel uzunluklardaki tarlalarda sürüm yapıldığında traktör performansının tahmini ve karşılaştırılması için bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu çalışmada toprağı işlemek için 160 kW'lık Massey Ferguson (MF6499) traktöründen yararlanılmıştır. Çalışmada farklı tarla boyutlarının karakterizasyonu için toprak işleme zamanı (aktif süre) ile çalışma dışı zaman (boş süre) dâhil bütün toprak işlemenin zamanı arasındaki oran olarak ifade edilen zaman verimliliği faktörünü elde etmişlerdir. 200, 300, 500, 750 ve 1,000 m uzunluklarına sahip arazilerin işlenerek sırasıyla 0.56, 0.67, 0.78, 0.84 ve 0.88 zaman verimliliği değerleri elde etmişlerdir. Ayrıca bu çalışmada 5 arazi için traktör verimliliği, güç kullanım verimliliği, yakıt tüketimi, CO₂ ve CO emisyon değerleri hesaplanmıştır. Traktör-pulluk kombinasyonu için toprak işleme ve parsel başı dönüş sıralaması diyagramı Şekil 2.1'de olduğu gibi şekillendirmişlerdir.



Şekil 2.1. Traktör-pulluk ikilisi için toprak işleme ve parsel başı dönüş sıralaması diyagramı

Önerdikleri yöntemin, farklı genişlik-uzunluk oranlarına sahip arazilerde toprak işleme sırasında traktör performans göstergelerinin daha iyi tahmin edilmesine ve karşılaştırılmasına olanak sağladığını belirtmişlerdir.

Hamid ve Alsabbagh (2024), gerçekleştirdikleri araştırmada, ızgaralı pulluk ile genel amaçlı sabit kulaklı pullukların performanslarını arazi koşullarında karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Deneyler, 2022 yılında Bağdat Üniversitesi Tarım Mühendisliği Bilimleri Fakültesi'nin Jadaraye bölgesinde yürütülmüştür. Araştırmada kullanılan traktör, 75 BG'lük bir New Holland (NH) TD80 model traktördür. Çalışmada, toprak işleme sürecinde iki farklı pulluk tipi, yani ızgaralı pulluk ve sabit kulaklı pulluk, test edilmiştir. Araştırmada performans değerlendirmesi yapılırken patinaj oranı (kayma yüzdesi), efektif alan kapasitesi, tarla etkinliği ve yakıt tüketimi gibi önemli parametreler dikkate alınmıştır. Elde edilen sonuçlar, bu iki pulluk tipinin performanslarının kıyaslanması amacıyla analiz edilmiş ve sonuçlar detaylı bir şekilde karşılaştırılmıştır.

Patinaj değerinin hesaplanmasında aşağıdaki eşitliklerde yararlanılmışlardır.

$$S = \frac{(V_t - V_p)}{V_t} \times 100 \quad (2.1)$$

$$V_t = \frac{S_t}{T_t} \times 3.6 \quad (2.2)$$

$$V_p = \frac{S_p}{T_p} \times 3.6 \quad (2.3)$$

Eşitlikte; S : Patinaj (%), V_t : Teorik ilerleme hızı (km/h), V_p : Gerçek ilerleme hızı (km/h), S_t ve S_p : Uzunluk (20 m), T_t : Teorik zaman (s) ve T_p : Aktif zaman (s)'dir.

Efektif tarla kapasitesi, pulluğun arazideki gerçek performansını ifade eder. Bunun yanı sıra, toprak işleme sırasında dönme, ayar yapma ve vites değiştirme gibi durumlarda zaman kayıpları yaşanır.

$$EFC = 0.1 \times V_a \times W_p \times f_t \quad (2.4)$$

Eşitlikte; EFC : Efektif tarla kapasitesi (ha/h), V_a : Traktörün ilerleme hızı (km/h), W_p : Pulluğun çalışılan iş genişliği (m), f_t : tarla etkinliği (%).

Tarla etkinliği, efektif tarla kapasitesinin teorik tarla kapasitesine oranı olarak tanımlanmaktadır. Aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmaktadır (Hamid vd. 2024).

$$FE = \left(\frac{EFC}{TFC} \right) \times 100 \quad (2.5)$$

$$TFC = 0.1 \times V_t \times W_t \quad (2.6)$$

Eşitlikte; FE : Tarla etkinliği (%), TFC : Teorik tarla kapasitesi (ha/h), V_t : Traktörün ilerleme hızı (km/h).

Aşağıda eşitlik ile traktörün toprak işleme sırasında harcadığı akaryakıt miktarı hesaplanmıştır. Her işlemten önce traktörün akaryakıt deposu doldurulmuş ve işlem sonrasında da tekrar akaryakıt deposu doldurularak harcanan akaryakıt miktarı bulunmuştur.

$$Q_F = Q_d \times 10,000 - W_p \times D \times 1,000 \quad (2.7)$$

Eşitlikte; Q_F : Traktörün akaryakıt tüketim miktarı (l/ha), Q_d : Toprak işleme sırasında akaryakıt ölçümü (ml), D : İşlem uzunluğu (20 m), 10,000 ve 1,000 rakamları ise faktör dönüşümlerini ifade etmektedir.

Çalışmada 3 parametre kullanılmıştır. Bu parametrelerin birincisi 15 ve 25 cm'lik toprak işleme derinlikleri, ikincisi traktörün ilerleme hızı olarak 4.146 ve 7.224 km/h ve üçüncü parametre olarak da pulluk tipleri (ızgaralı ve normal kulaklı pulluk) ele alınmıştır. Iızgaralı kulaklı pulluğun tarımsal faaliyetlerde sağladığı performans verileriyle dikkat çekmektedir. Bu pulluk, %9.697'lik en düşük patinaj, 23.580 l/ha yakıt tüketimini ve 0.4239 ha/h etkili tarla kapasitesini kaydederken, %72.543'lük tarla verimliliği sağlamıştır. Bunun yanı sıra, 15 cm'lik toprak işleme derinliğinde %6.364'lük en düşük patinaj ile birlikte 20.182 l/ha yakıt tüketimi, 0.4402 ha/h etkili tarla kapasitesi ve %74.187'lik tarla verimliliği gibi olumlu sonuçlar sunmuştur. Diğer yandan, 7.224 km/h hız ile en düşük yakıt tüketimi olan 22.939 l/ha değerine ulaşırken, 0.5246 ha/h etkili tarla kapasitesiyle daha yüksek bir performans sergilemiştir. Bu sonuçlar, farklı koşullarda tarla işleme makinalarının performansını optimize etmek için değerli bilgiler sunmaktadır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma alanı özellikleri

3.1.1.1. Bölge özellikleri

Çalışmanın yürütüldüğü Antalya ili, Türkiye'nin Akdeniz kıyısında yer almakta olup, 29° 20' ile 32° 35' doğu boylamları ve 36° 07' ile 37° 2' kuzey enlemleri arasında konumlanmıştır. Bu coğrafi konum, Antalya'yı Türkiye'nin güney kesiminde, Akdeniz'e kıyısı olan önemli bir il haline getirmektedir. Antalya'nın toplam yüzölçümü 20,874 km² olup, bu değer, Türkiye'nin toplam yüzölçümünün yaklaşık %2.6'sını oluşturmaktadır. Geniş yüzölçümü ve stratejik konumu sayesinde Antalya, hem doğal zenginlikleri hem de ekonomik ve turistik potansiyeli ile ülke genelinde dikkat çeken illerden biri olma özelliği taşımaktadır.

Antalya ilinin coğrafi yapısının büyük bir kısmı, %77.8'lik oranla Toros Dağları tarafından kaplanmıştır. İlin güneyinde Akdeniz yer alırken, doğusunda İçel, Konya ve Karaman illeri, kuzeyinde Isparta ve Burdur illeri, batısında ise Muğla ili bulunmaktadır. Antalya'nın kıyı şeridi oldukça uzundur ve toplamda 640 km uzunluğundadır. Bu özellikleriyle Antalya, hem dağlık hem de kıyı coğrafyasının bir arada bulunduğu, zengin bir doğal yapıya sahiptir.

Antalya ilinin yüzölçümünün yaklaşık %77.8'i dağlık alanlardan, %10.2'si ovalardan ve %12'si engebeli arazilerden oluşmaktadır. İlin toplam yüzölçümünün yaklaşık dörtte üçünü kaplayan dağların yaklaşık 10 tepesi, deniz seviyesinden 2,500 m'nin üzerinde bir yüksekliğe sahipken, iki tepesi 3,000 m'nin üzerine çıkmaktadır. Ayrıca, ilin batısında yer alan Teke yöresi, geniş platolar ve havzalarla dikkat çekmektedir (Anonim 2).

Antalya Bölgesinin coğrafik konumu ve ilçelerin dağılımı Şekil 3.1'de, Antalya ili topraklarının genel dağılımı ise Çizelge 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Antalya bölgesinin coğrafik konumu ve ilçelerin dağılımı (Anonim 3)

Şekil 3.1'de de görüldüğü üzere, Antalya ili 19 ilçeden oluşmaktadır ve bu ilçelerden Muratpaşa, Konyaaltı, Kepez, Döşemealtı ve Aksu olmak üzere 5'i merkez ilçe statüsündedir. Antalya havzası, yükselti açısından oldukça çeşitlilik göstermektedir. Bu çeşitlilik, yüksekliği fazla olan dağlar ve tepeler ile farklı yüksekliklerde bulunan ovalardan kaynaklanmaktadır. Havzanın ovaları, güneyde Akdeniz'e açılan ve ortalama yüksekliği 100 m olan sahil ovaları ile batı ve kuzeyde yer alan ve ortalama yüksekliği 800 – 1,250 m arasında değişen yüksek ovalardan oluşmaktadır. Akarsuların oluşturduğu sahil ovaları, Toros Dağları'nın genellikle denize paralel olarak uzanması nedeniyle iç kısımlara kadar ulaşamamaktadır. Bunun yanı sıra, sahil ovalarında örtüaltı yetiştiriciliği yapılmaktadır ve bu ovalar doğuya doğru gidildikçe dar bir sahil şeridi halini almaktadır. Yüksek ovalar ise genellikle batıdaki yüksek dağlar arasında kapalı havzalar şeklinde bulunmaktadır (Anonim 2).

Çizelge 3.1. Antalya ili topraklarının genel dağılımı (Anonim 4)

Arazi Kullanımı	Yüzölçümü	
	(ha)	(%)
Tarım alanı	327,045.0	16.2
Çayır ve mera	239,684.0	11.9
Ormanlık alan	1,146,062.0	56.8
Yerleşim ve Diğer Alan	304,909.0	15.1
Toplam	2,017,700.0	100.0

Çizelge 3.1'de görüldüğü gibi Antalya'nın 2,017,700.0 ha'lık toplam yüzölçümünün %16.2'sini tarım alanları, %11.9'nu çayır-mera ve %71.9'nu da orman ve yerleşim ve diğer alanlar oluşturmaktadır.

Antalya ili tarım alanlarının kullanım amaçlarına göre dağılımı Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Antalya ili tarım alanlarının kullanım amaçlarına göre dağılımı (TÜİK 2024)

Üretim Kolları	Yüzölçümü	
	(ha)	(%)
Tarım alanı (ekilen)	155,027.0	47.40
Meyvelik	81,718.0	24.99
Sebze (açık, örtüaltı)	43,455.0	13.29
Süs bitkileri (açık, örtüaltı)	785.0	0.24
Nadas	46,060.0	14.08
TOPLAM	327,045.0	100.00

Çizelge 3.2'de görüldüğü gibi, Antalya ilinin %47.40'ını ekilen tarım alanları (tarla bitkileri) oluşturmaktadır. Bu değeri %24.99 ile ise meyve alanları izlemektedir. Sahil ve yayla işlemlerinde açık ve örtüaltı üretimi şeklinde yapılan sebze üretimi alanlarının payı %13.29'dur. Süs bitkileri yetiştiriciliği alanı %0.24 ve nadasa bırakılan alanlar ise %14.08 oranındadır.

3.1.1.2. Arazi özellikleri

Tarla denemenin gerçekleştirildiği Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne (BATEM) ait tarımsal alanların bulunduğu Aksu ilçesi, Antalya iline bağlı merkez ilçelerden biridir. Türkiye'nin Akdeniz kıyısında yer alan ilçe, $30^{\circ} 52' 11''$ ile $30^{\circ} 53' 38''$ doğu boylamları ve $36^{\circ} 56' 00''$ ile $36^{\circ} 56' 43''$ kuzey enlemleri arasında konumlanmaktadır.



Şekil 3.2. Aksu ilçesi görünümü (Anonim 5)

3.1.2. İklim özellikleri

Antalya ili, Türkiye'nin güney sahilinde yer alması nedeniyle genel olarak Akdeniz İklimi'nin belirgin etkisi altındadır. Bu iklim tipinde yaz mevsimleri sıcak ve kurak, kış mevsimleri ise ılık ve yağışlı geçmektedir. Özellikle sahil kesiminde tipik Akdeniz İklimi özellikleri hâkimken, deniz seviyesinden yükseldikçe karasal iklim özelliklerinin etkili olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum, il genelinde mikroklimatik farklılıkların oluşmasına neden olmaktadır. Yüksek rakımlı iç kesimlerde sıcaklık farkları daha belirgin olup, don olayları ve kar yağışı gibi karasal iklim karakteristikleri görülebilmektedir.

Antalya'da hâkim rüzgâr yönleri genellikle kuzey ve güney doğrultusundadır. Özellikle kış aylarında rüzgâr hızlarında artış gözlenmekte olup, bu dönemde zaman zaman yüksek şiddette rüzgârlar etkili olabilmektedir. Meteorolojik gözlemlere dayalı uzun yıllar ortalamasına göre, ilin yıllık ortalama sıcaklığı 18.5°C , ortalama nispi nem oranı ise %60.6 olarak kaydedilmiştir. Bu iklimsel özellikler, bölgedeki tarımsal faaliyetlerin planlanmasında, doğal kaynakların yönetiminde ve kentsel gelişim süreçlerinde önemli rol oynamaktadır. Antalya iline ilişkin uzun yıllar iklimsel ortalama veriler ise ayrıntılı olarak Çizelge 3.3'te sunulmaktadır.

Çizelge 3.3. Antalya İlinin uzun yıllar ortalamasına ait bazı iklim verileri (Anonim 6)

Antalya	Ortalama
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1930 – 2023)	
Ortalama sıcaklık (°C)	18.8
Ortalama en yüksek sıcaklık (°C)	24.2
Ortalama en düşük sıcaklık (°C)	13.8
Ortalama güneşlenme süresi (saat)	8.2
Ortalama yağışlı gün sayısı (adet)	73.5
Aylık toplam yağış miktarı ortalaması (mm)	1,053.4

Deneme çalışmalarının yapıldığı Antalya iline bağlı merkez ilçelerinden olan Aksu ilçesi de, Akdeniz iklim kuşağında olup Çizelge 3.3’de verilen iklim verileri Aksu ilçesi için de geçerlidir.

3.1.3. Toprak özellikleri

Antalya ili, tarımsal üretim açısından Türkiye'nin en önemli bölgeleri arasında yer almakta olup, sahip olduğu topoğrafik çeşitlilik sayesinde farklı iklim ve toprak koşullarına uygun çok sayıda tarım ürününün yetiştirilebilmesine olanak tanımaktadır.

Batıdaki Teke yöresinde geniş platolar ve havzalar yer alır. Çoğunlukla kireçtaşlarından oluşmuş bu dağlar ve platolarda, kireçtaşlarının erimesiyle oluşmuş mağaralar, düdenler, su çıkaranlar, dolinler, uvalalar ve daha geniş çukurluklar olan polyeler, büyüklü-küçüklü karst şekilleri çok yaygındır. İlin topoğrafik yönden gösterdiği değişkenlik gerek iklim, gerek tarımsal ve gerekse demografi ve yerleşme yönünden farklı ortamlar yaratmaktadır. Antalya ili sınırları içerisindeki farklı toprak gruplarının mekânsal dağılımı ise tarımsal uygunluk açısından belirleyici bir unsur olarak öne çıkmakta olup, bu dağılıma ilişkin veriler Çizelge 3.4’te görülmektedir.

Çizelge 3.4. Antalya ili toprak gruplarının dağılımı (Anonim 2)

Toprak Grubu Adı	Alan (ha)	Alan (%)
Kırmızı akdeniz toprağı	547,332.0	26.7
Kırmızı kahverengi akdeniz toprağı	294,291.0	14.4
Kahverengi orman toprağı	326,246.0	15.9
Kireçsiz kahverengi orman toprakları	222,087.0	10.8
Çıplak kaya ve molozlar	338,843.0	16.5
Diğer topraklar	320,078.0	15.7
TOPLAM	2,048,877.0	100.0

Çizelge 3.4’te sunulan verilere göre, Antalya ilinin toprak yapısı incelendiğinde, toprakların yaklaşık %27’sinin Kırmızı Akdeniz toprakları, diğer adıyla *Terra Rossa*, sınıfına ait olduğu tespit edilmiştir. Bu toprak tipi, genellikle kalkerli ana materyaller üzerinde oluşan ve demir oksit içeriği nedeniyle kırmızı renk alan bir yapı sergilemekte olup, Akdeniz ikliminin egemen olduğu bölgelerde yaygın olarak görülmektedir (Altunbaş ve Sarı 2009).



Şekil 3.3. Deneme arazileri coğrafi konumu (Anonim 7)

Denemeler, Antalya ilinin merkez ilçelerinden biri olan Aksu'nun Mandırlar bölgesinde, $36^{\circ}56'31''$ ile $30^{\circ}53'20''$ doğu boylamları ve $36^{\circ}56'36''$ ile $30^{\circ}53'30''$ kuzey enlemleri arasında kalan coğrafi koordinatlarda gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma sahası, bölgenin topoğrafik, ekolojik ve iklimsel özellikleri dikkate alınarak seçilmiş olup, araştırmanın kapsam ve hedeflerine uygun bir alan olarak belirlenmiştir (Şekil 3.3).

3.1.4. Ürün deseni

Ürün deseni, belirli bir coğrafi bölgede yürütülen bitkisel üretim faaliyetleri kapsamında, tarım arazilerinde yetiştirilen bitki türlerinin çeşitliliğini, bu türlerin alansal dağılımını ve birbirlerine göre oranlarını ifade etmektedir. Tarımsal üretim planlaması, kaynak kullanım verimliliği ve sürdürülebilir arazi yönetimi açısından ürün deseninin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Ürün deseninin şekillenmesinde; bölgenin iklimsel özellikleri, sulama olanakları, üreticilerin ekonomik tercihleri, pazar talebi ve destekleme politikaları gibi çok sayıda çevresel ve sosyoekonomik faktör etkili olmaktadır. Antalya ili Aksu ilçesinde yapılan çalışmada tarım alanlarının oransal dağılımı Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Aksu ilçesi tarım alanları dağılım oranları (TÜİK 2024)

Tarım alanları	Alan (ha)	Alan (%)
Sebze	64,052.0	37.0
Tahıllar ve diğer bitkisel ürünler	62,179.0	35.9
Meyveler, içecek ve baharat bitkileri	41,608.0	24.0
Nadas	4,373.0	2.5
Süs bitkileri	1,111.0	0.6
TOPLAM	173,323.0	100.0

Çizelge 3.5 verilerine göre Aksu ilçesindeki tarım arazilerinin %37.0'ını sebze üretim alanları oluşturmakta olup, bu oran ilçenin tarımsal yapısında sebzecilik faaliyetlerinin merkezi rolünü ortaya koymaktadır. Sebze üretiminde öne çıkan ürünler arasında domates, karpuz, biber ve kavun başlıca paya sahiptir. Tahıllar ve diğer bitkisel ürünler, toplam tarımsal üretim alanlarının %35.9'unu oluşturmaktadır. Bu kapsamda, özellikle buğday başta olmak üzere mısır ve pamuk, en önemli tarımsal ürünler arasında yer almaktadır. Aksu ilçesinde toplam tarımsal üretim değerinin %24.0'lık kısmını meyveler, içecek ve baharat kategori altında gerçekleştirmektedir. Bu ürün grupları içerisinde portakal, zeytin, nar, limon ve çilek gibi tarım ürünleri yoğun bir şekilde yetiştirilmekte ve ekonomik anlamda önemli bir katkı sağlamaktadır. İlçede tarımsal üretim alanlarının dağılımında toplam tarım arazisinin %2.5'lik kısmının nadasa bırakıldığı, %0.6'lık kısmının ise süs bitkileri yetiştiriciliğine ayrıldığı görülmektedir.

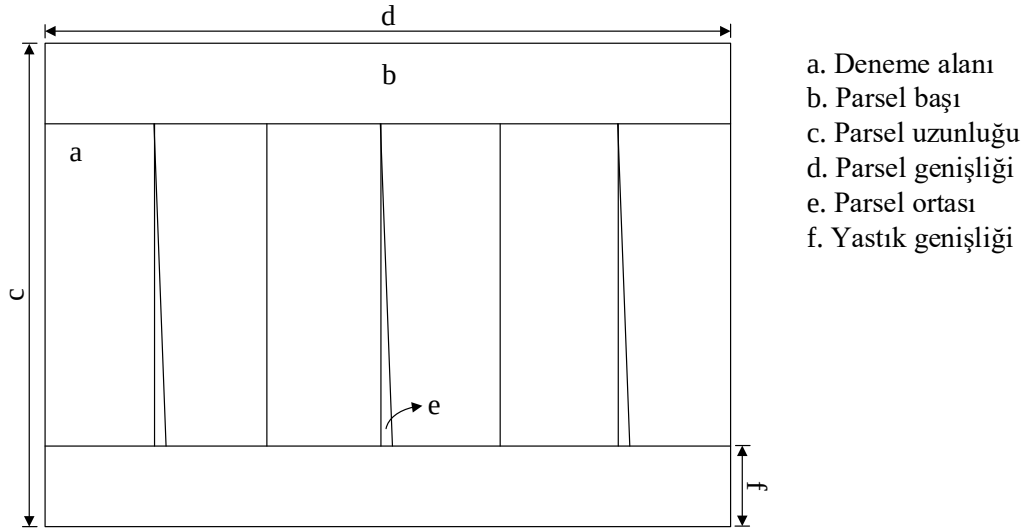
3.1.5. Deneme alanı geometrisi ve boyutları

Tarımsal alan geometrisi ve boyutları, tarım faaliyetlerinin planlanması ve yönetilmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Bu konunun doğru bir şekilde analiz edilmesi, tarımsal verimliliği artırmak, kaynak kullanımını optimize etmek ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını desteklemek açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada denemeler, dikdörtgen geometriye sahip bir arazide yürütülmüştür.

3.1.6. Deneme alanı geometrisi

Sabit kulaklı pulluk (SKP) ile gerçekleştirilen sürüm işlemlerinde, deneme parsellerinin tasarımı ve ölçümleri belirli parametrelere göre yapılmaktadır. Bu parametreler arasında parsel başı, parsel uzunluğu (boyu), parsel genişliği, parsel ortası ve yastık genişliği gibi ölçütler yer almaktadır. Bu ölçütler, sürüm işleminin etkinliğini ve verimliliğini değerlendirmek amacıyla kullanılmakta olup, sayısal verilerle ifade edilmektedir.

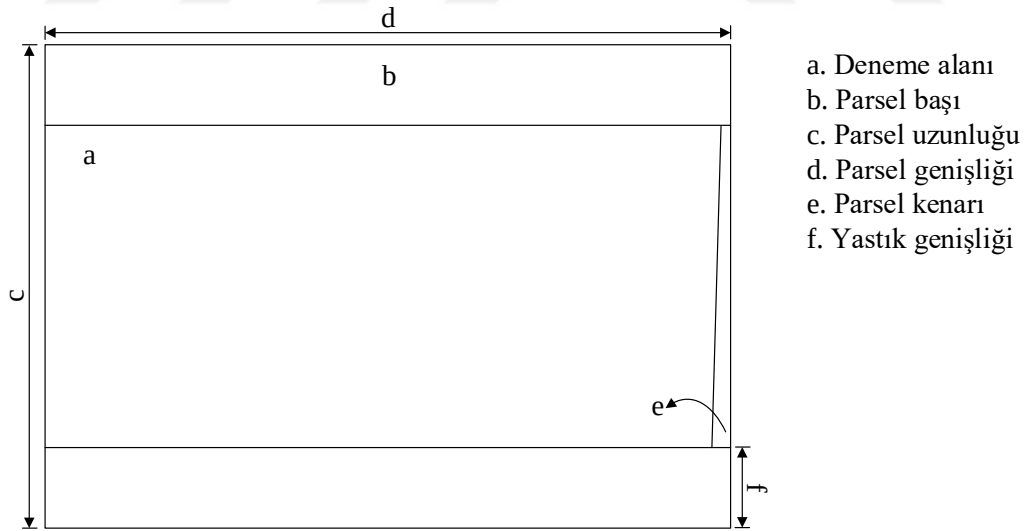
Denemelerde sabit kulaklı pulluk ile yapılan sürümde kullanılan dikdörtgen geometriye sahip parsellerdeki tanımlamalar Şekil 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.4. Deneme parsellerindeki tanımlamalar (SKP)

Şekil 3.4'te görüldüğü gibi, deneme alanı; sabit kulaklı pulluk ile yapılan sürme işleminde, üç eşit parsel ayrılmıştır. Bu bölümlenme ile denemeler daha sistematik ve kontrollü bir şekilde yürütülmüş ve bazı tekerrürler oluşturulmuştur.

Denemelerde döner kulaklı pulluk (DKP) ile yapılan sürümde kullanılan dikdörtgen geometriye sahip parsellerdeki tanımlamalar Şekil 3.5'te verilmiştir.

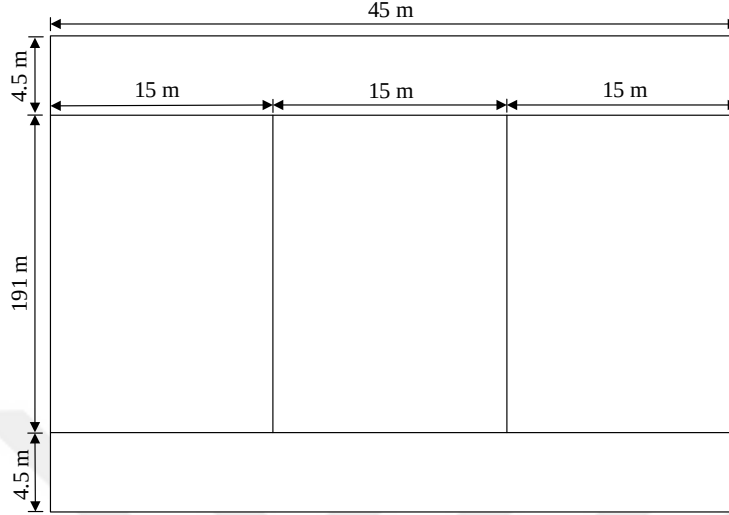


Şekil 3.5. Deneme parsellerindeki tanımlamalar (DKP)

Şekil 3.5'de görüldüğü gibi, deneme alanı döner kulaklı pulluk (DKP) ile yapılan sürme işleminde tek bir parsel olarak dikkate alınmıştır. Bu durum, döner kulaklı pulluk ile toprak işleme tekniğinin bir sonucudur.

3.1.7. Deneme alanı boyutları

Araştırma kapsamında yürütülen deneysel çalışmaların gerçekleştirildiği deneme alanının fiziksel boyutlarına ilişkin detaylı bilgiler, Şekil 3.6’da sunulmuştur.



Şekil 3.6. Deneme alanının boyutları

Şekil 3.6’da ayrıntılı biçimde gösterildiği üzere, deneysel çalışmaların yürütüldüğü deneme alanı, 45 m genişlik ve 200 m uzunluk ölçülerine sahip olup, dikdörtgen bir geometrik düzende yapılandırılmıştır. Söz konusu alanda, uygulama parsellerinin genişliği 15 m olarak belirlenmiş, parseller arasındaki geçiş ve manevra alanlarını oluşturan yastık bölgeleri ise 4,5 m genişliğinde tasarlanmıştır. Deneme parsellerinin uzunluğu ise 191 m olarak ölçülmüştür.

3.1.8. Traktör ve makinalara ait özellikler

Tarımsal faaliyetlerde mekanik güç kaynağı olarak görev yapan traktörler, modern tarımın temel araçlarından biri olarak kritik bir rol üstlenmektedir. Traktörler; yalnızca çeki gücü sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda çeşitli tarım makinalarının çalıştırılmasına da olanak tanıyarak toprak işleme, ekim, gübreleme, ilaçlama ve hasat gibi temel faaliyetlerin etkin bir şekilde yürütülmesini mümkün kılmaktadır. Traktör ve arazide kullanılan makinalara (kulaklı pulluklara) ait özellikler aşağıda açıklanmıştır.

3.1.8.1. Tarım traktörüne ait özellikler

Traktörler, tarımsal üretim süreçlerinde mekanik güç kaynağı olarak görev yapan ve toprak işleme, ekim, dikim, gübreleme, ilaçlama ile hasat gibi pek çok temel faaliyetin gerçekleştirilmesinde etkin biçimde kullanılan temel tarımsal makinalardır. Tarım makinalarının çalıştırılmasında ve çeşitli tarımsal işlemlerin sistematik, hızlı ve verimli bir şekilde yürütülmesinde önemli bir role sahip olan traktörler, modern tarımın vazgeçilmez unsurlarındandır. Bu çalışma kapsamında yürütülen arazi denemelerinde, performans ve güç aktarım kapasitesi bakımından tercih edilen araç, New Holland TD 110 marka ve tipindeki traktördür. Söz konusu traktör, toprak işleme makinalarıyla

uyumlu yapısı ve yeterli motor gücüyle, araştırmanın deneysel ihtiyaçlarını karşılayacak niteliktedir.



Şekil 3.7. Tarım traktörü

Bu çalışmada kullanılan traktörün teknik donanım özellikleri, yürütülen tarımsal faaliyetlerin uygulanabilirliği ve deneysel verilerin doğru biçimde yorumlanabilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Traktörün sahip olduğu motor gücü, çeki kapasitesi, yakıt tüketim düzeyi, transmisyon tipi, hidrolik sistem performansı ve benzeri teknik göstergeler, tarla koşullarında ortaya çıkan performans verilerinin değerlendirilmesinde temel parametreler olarak ele alınmaktadır. Bu bağlamda, traktöre ait teknik niteliklerin ayrıntılı biçimde tanımlanması, hem araştırma yönteminin şeffaflığına katkı sağlamakta hem de elde edilen bulguların karşılaştırmalı analizlerinde sağlam bir temel oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında kullanılan New Holland TD 110 model traktöre ait teknik özellikler Çizelge 3.6’da verilmiştir.

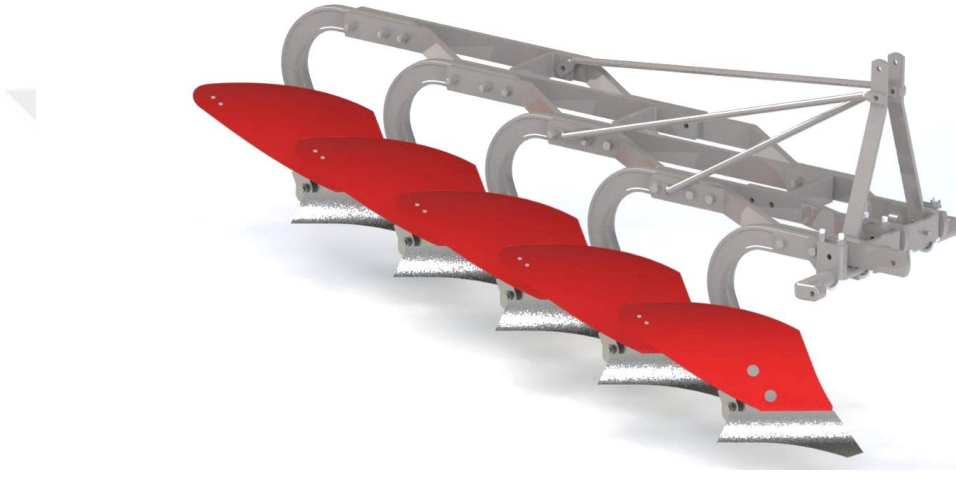
Çizelge 3.6. Tarım traktörü teknik özellikleri

Teknik özellikler	
Motor	
Maksimum güç (BG) [kW]	110 [81]
Maksimum tork (Nm)	430
Maksimum torkun elde edildiği motor devri (d/d)	1,400
Yakıt deposu (l)	105
Ölçüler	
Akslar arası uzaklık (4WD) (mm)	2,422
Toplam uzunluk (4WD) (mm)	4,202
Ön iz genişliği (4WD) (mm)	1,981
Arka iz genişliği (mm)	1,819
Ağırlıklar	
Toplam ön çanta ağırlık (adet x kg)	12x40
Toplam traktör ağırlığı (kg) (4WD, ek ağırlıksız, kabinli)	3,900
Lastik boyutları (4WD)	
Ön	14.9 R24
Arka	R34

3.1.8.2. Kulaklı pulluklara ait özellikler

Toprak işleme makinaları, tarımsal üretim sürecinde toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirmek amacıyla kullanılan mekanik aletlerdir. Bu makinalar, toprağı işleyerek bitki yetiştiriciliği için uygun bir ortam hazırlamakta ve tarımsal verimliliği arttırmaktadır. Toprak işleme makinaları tarımın mekanizasyonunda önemli bir rol oynamakta ve modern tarım uygulamalarının vazgeçilmez bir parçasını oluşturmaktadır (Kepner et al. 1978).

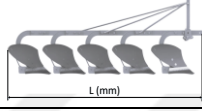
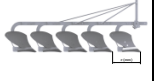
Denemelerde kullanılan toprak işleme makinalarından, sabit kulaklı pulluk ile döner kulaklı pulluk Şekil 3.8 ve 3.9’da verilmiştir.



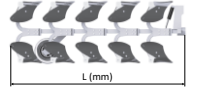
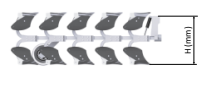
Şekil 3.8. Sabit kulaklı pulluk



Şekil 3.9. Döner kulaklı pulluk

Model	Gövde Sayısı (adet)	Toplam Uzunluk (mm)	Toplam Genişlik (mm)	Toplam Yükseklik (mm)	İş Derinliği (mm)	Bir Gövde İş Genişliği (mm)	Gövde Aralığı (mm)	Ort. Güç (BG)	Toplam Ağırlık (kg)
-	-								
12 inç	5	4,500	1,500	700	250	300	750	110	825

Şekil 3.10. Sabit kulaklı pulluk teknik özellikleri

Model	Gövde Sayısı (adet)	Toplam Uzunluk (mm)	Toplam Genişlik (mm)	Toplam Yükseklik (mm)	İş Derinliği (mm)	Bir Gövde İş Genişliği (mm)	Gövde Aralığı (mm)	Ort. Güç (BG)	Toplam Ağırlık (kg)
-	-								
12 inç	5	4,500	1,500	730	250	300	750	110	2,300

Şekil 3.11. Döner kulaklı pulluk teknik özellikleri

Şekil 3.10 ve 3.11’de, bu çalışmada karşılaştırmalı olarak kullanılan SKP ve DKP modellerine ait temel yapısal özellikler ayrıntılı biçimde sunulmaktadır. Söz konusu şekil aracılığıyla, her iki pulluk tipine ilişkin tasarımsal unsurlar, gövde yapısı, kulak geometrisi, bağlama düzenekleri ve işlevsel parçalar gibi teknik bileşenler görsel olarak tanımlanmış; bu donanımların tarımsal işlevleri açısından nasıl bir farklılık gösterdiği açıklığa kavuşturulmuştur. Böylece, kullanılan aletlerin yapısal tasarım farklarının, toprak işleme performansı üzerindeki olası etkilerinin değerlendirilmesine bilimsel bir zemin hazırlanmıştır.

3.1.9. Ölçme cihazlarına ait özellikler

Ölçme cihazları, fiziksel büyüklüklerin (uzunluk, ağırlık, sıcaklık, basınç, akış hızı, elektriksel direnç, süre vb.) nicel olarak belirlenmesi amacıyla tasarlanmış ve standardize edilmiş araçlardır. Bu cihazlar tarımsal faaliyetlerde mekanizasyon ve çevre koşullarının izlenmesinde, endüstriyel üretim süreçlerinin kalite kontrolünde, tıbbi uygulamalarda tanı ve izlem amaçlı değerlendirmelerde ve günlük yaşamda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada tarla denemelerinde kullanılan tarım makinelerinin performansının izlenmesi, makina-toprak etkileşimlerinin değerlendirilmesi ve traktör-makina kombinasyonu ile toprak işleme sırasında sürelerin ölçülmesi amacıyla çeşitli ölçme cihazlarından yararlanılmıştır. Traktör ile makina arasındaki çeki ilişkisini değerlendirmek üzere çeki kuvveti ölçümünde çeki dinamometresi kullanılmış; bu sayede makinanın toprağa uyguladığı kuvvetin anlık ve sürekli biçimde kaydedilmesi sağlanmıştır. Ayrıca, toprağın sıkışma durumunu belirlemek amacıyla toprak penetrometresi kullanılmıştır. Penetrometre ile yapılan ölçümler, toprağın farklı derinliklerdeki penetrasyon direncini ortaya koymakta ve böylece makina-toprak etkileşimlerinin fiziksel zeminini değerlendirmeye olanak tanımaktadır. Kullanılan bu ölçüm cihazları, deneysel verilerin doğruluğunu artırmak ve çalışma bulgularının güvenilirliğini sağlamak açısından büyük önem taşımaktadır.

3.1.9.1. Çeki dinamometresi

Çeki dinamometresi; traktör makina ikilisinde çeki kuvveti değerlerinin ölçmek için kullanılan bir cihazdır. Bu cihaz, özellikle motorların, makinelerin ve mekanik sistemlerin performans analizinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Dinamometreler, uygulanan kuvveti ölçerek, sistemin mekanik verimliliği, güç çıkışı ve performans karakteristikleri hakkında ayrıntılı bilgiler vermektedir (Hunt 1973).



Şekil 3.12. Çeki dinamometresi

Çalışmada kapsamında, traktörün çeki kuvvetini ölçmek amacıyla kullanılan dinamometrenin teknik özellikleri, çalışmanın amacını desteklemek ve elde edilen verilerin güvenilirliğini sağlamak açısından büyük önem taşımaktadır. Dinamometre, traktörün çeki performansını değerlendirmek için kullanılan hassas bir ölçüm cihazı olup, uygulanan kuvveti elektriksel sinyallere dönüştürerek ölçüm yapmaktadır. Çizelge 3.7’de dinamometrenin teknik özellikleri görülmektedir.

Çizelge 3.7. Dinamometre teknik özellikleri

Teknik özellikleri	Açıklama
Ölçüm aralığı	0.....50,000 N
Çözünürlük	1 N
Hassasiyet	Ölçüm aralığının $\pm$ %0.5
Ölçüm birimleri	N, kg, lb, kPa
Ekran	2.8" TFT grafik ekran
Alarm modu	İçeride, dışarıda, çatlak, kapatma
Hafıza	100 ölçüm verisi
Güç kaynağı	NiMh akü 6 V / 1600 mA
Şarj kullanım süresi	10 saat
Çıkış	Arayüz: USB Kontak çıkışı: 12 V / 50 mA
Koruma sınıfı	IP 54
Çevresel ve depolama koşulları	-10...50 °C sıcaklık ve 5...95% nem oranı
Ayarlama noktası	Toleranslı alarm
Boyut	200 x 97 x 42 mm
Ağırlık	540 g

3.1.9.2. Toprak penetrometresi

Penetrometreler, toprağın sıkışıklık durumu, yoğunluğu ve penetrasyon direnci gibi temel fiziksel özelliklerini ölçmek amacıyla geliştirilen cihazlardır. Bu cihazlar, özellikle tarım, inşaat ve jeoteknik mühendisliği gibi alanlarda, toprak yapısının çeşitli süreçler üzerindeki etkisini değerlendirmek için kullanılmaktadır. Toprak penetrasyon direnci; toprak işleme etkinliği, bitki kök gelişimi, su hareketi ve zemin taşıma kapasitesi gibi kritik parametreleri doğrudan etkileyen bir faktördür. Dolayısıyla, penetrasyon direncine ilişkin yapılan ölçümler, hem tarımsal üretimde uygun toprak işleme yöntemlerinin seçimi hem de mühendislik uygulamalarında doğru zemin analizi yapılması açısından büyük önem taşımaktadır.



Şekil 3.13. Toprak penetrometresi

Penetrometre, belirli bir çapa sahip bir uç (prob) ile toprağa belirli bir hızda ve kuvvetle bastırılmaktadır. Bu sırada, toprağın proba gösterdiği direnç ölçülmektedir. Ölçülen direnç genellikle kgf veya MPa cinsinden ifade edilmektedir. Penetrasyon direnci, toprağın derinliğine ve yapısına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Kepner et al. 1978). Tarlada denemelere başlamadan önce penetrometre ölçüm cihazı üzerinde yer alan 2 adet farklı çap ölçülerine (13 ve 19 mm) sahip prob uçlarından 19 mm olanı ile 20-25 cm aralıkları arasında ölçümleri yapılmıştır. Penetrometre cihazının teknik özellikleri Çizelge 3.8’de görülmektedir.

Çizelge 3.8. Toprak penetrometresi teknik özellikleri

Teknik özellikleri	Açıklama
Ölçüm aralığı	0.....2,068.42 kN/m ²
Toplam uzunluk	93.0 cm
Prob uçları	Cihazın yanında 2 adet farklı ölçülerde prob ucu bulunmaktadır (13 ve 19 mm çap).
Ağırlık	1,245 g
Cihazın prob uzunluğu	Uçları takılı olmadan prob uzunluğu 70 cm’dir. Küçük prob ucunun uzunluğu 2.5 cm, büyük prob uzunluğu 3.5 cm’dir.
Gösterge katranı çapı	55 mm

3.1.9.3. Dijital kronometre

Dijital kronometre, zaman ölçümü için tasarlanmış bir cihaz olup, zaman verilerini sayısal bir biçimde, genellikle dijital bir ekran aracılığıyla kullanıcıya sunar. Mekanik zaman ölçüm cihazlarının aksine, dijital kronometreler, elektronik bileşenler kullanarak çok daha hassas ve doğru ölçümler yapabilme kapasitesine sahiptir.

3.2. Metot

3.2.1. Deneme alanı özellikleri

Toprak işleme, tarımsal üretimde bitki gelişimine elverişli fiziksel, kimyasal ve biyolojik ortamın oluşturulması amacıyla, toprağın çeşitli makineler yardımıyla parçalanması, gevşetilmesi, yüzeyinin düzeltilmesi ve istenilen özelliklere kavuşturulması sürecidir. Bu işlemler, kapsamlarına göre birincil, ikincil ve koruyucu olmak üzere farklı kategorilere ayrılır ve her biri toprak verimliliği ile bitki gelişimi üzerinde belirleyici rol oynar (Derpsch vd. 2010).

3.2.1.1. Arazi koordinatları

Denemeler, Antalya ilinin merkez ilçelerinden biri olan Aksu'nun Mandırlar bölgesinde, 36°56'31" ile 30°53'20" doğu boylamları ve 36°56'36" ile 30°53'30" kuzey enlemleri arasında kalan coğrafi koordinatlarda gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma alanının

seçiminde, bölgenin topoğrafik, ekolojik ve iklimsel özellikleri dikkate alınmıştır. Seçilen alan, araştırmanın kapsam ve hedeflerine uygundur (şekil 3.3).

3.2.1.2. Toprak bünyesi

Deneme arazisinden alınan toprak örnekleri, laboratuvar ortamında gerçekleştirilen analizler sonucunda değerlendirilmiş ve toprak bünyesi karakterizasyonu yapılmıştır. Bu analizler kapsamında, toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenerek, toprak bünyesinin bileşenleri (kum, silt, kil) ve bunların oransal dağılımları tespit edilmiştir.

3.2.1.3. Toprak nemi

Deneme arazisinin farklı noktalarından alınan 30 adet toprak rneği, laboratuvar koşullarında gravimetrik yöntemle nem içeriği analizi yapılmıştır. Alınan toprak örnekleri hassas terazide yaş ağırlığı tartılmış ve 105°C ve 24 saat süreyle sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar ETÜV fırınında kurutulmuştur. Kurutma sonrası örnekler tekrar tartılarak kuru ağırlıklar belirlenmiştir. Yaş ve kuru ağırlık farkından nem içeriği gravimetrik olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada, elde edilen analizler sonucunda toprağın gravimetrik nem içeriği yüzde (%) olarak ifade edilmiştir.

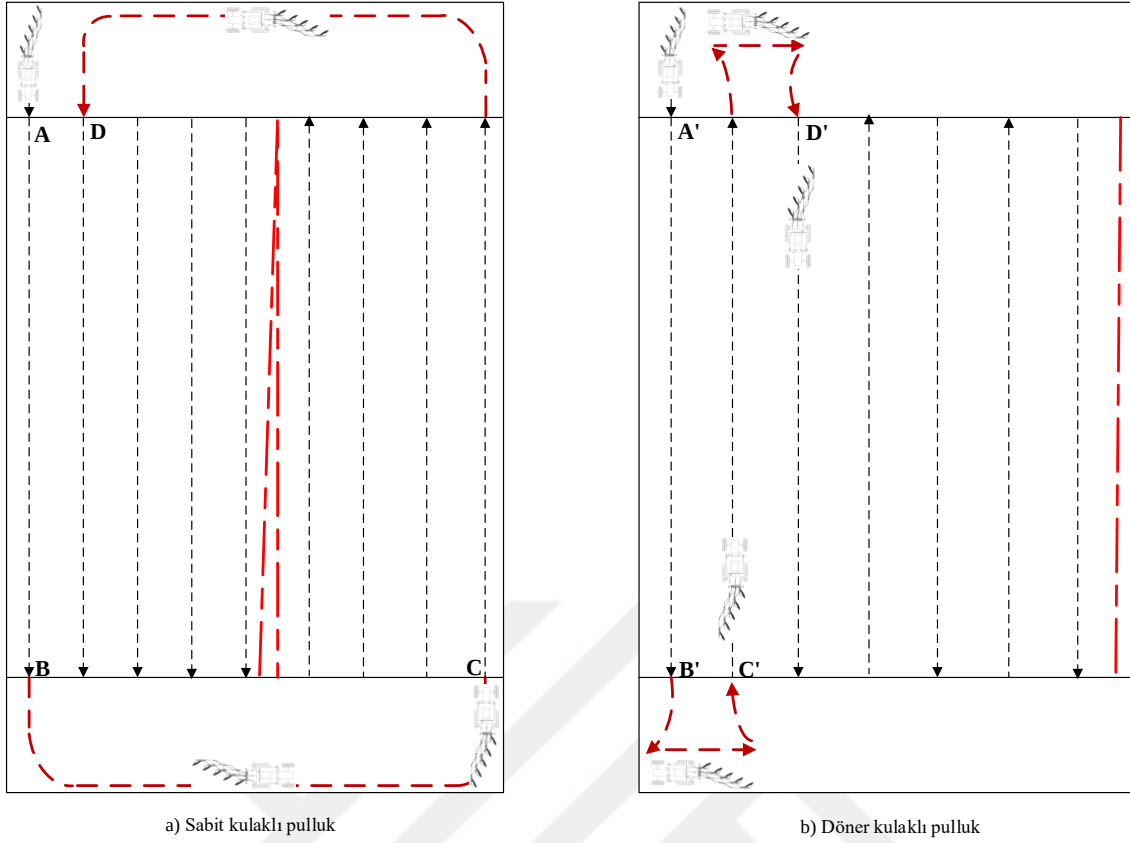
3.2.1.4. Penetrasyon direnci

Toprak işlenebilirliğinin değerlendirilmesi amacıyla, deneme arazisindeki farklı lokasyonlarda penetrometre cihazı kullanılarak toprak penetrasyon direnci ölçümleri gerçekleştirilmiştir. lm noktaları rastgele seçilmiştir. Ölçümler 10 tekrarlı olarak yapılmıştır. Penetrasyon direnci birimi MPa'dır.

3.2.2. Toprak işleme zellikleri

3.2.2.1. Parsel boyu işleme yöntemi

Kulaklı pulluklarla yapılan toprak işlemede, pulluk tiplerine göre farklı işleme yöntemleri kullanılmaktadır. Sabit kulaklı pulluklarda arazi parsellere bölünerek işlenmekte, döner kulaklı pulluklarda ise arazi tek parsel olarak işlenmektedir. şekil 3.14'de pulluk tiplerine göre parsel boyu işleme yöntemleri verilmiştir.



Şekil 3.14. Pulluk tiplerine göre parsel boyu işleme yöntemi

Sabit kulaklı pullukla sürüme, A noktasından başlanmıştır. Parsel başlarına gelindiğinde, yastık boyu dönüşlerinden sonra C ve D noktalarından tekrar çizilere girilmiştir (Şekil 3.14a). Bu işlem tekrarlanarak parsel boyu sürümü tamamlanmıştır.

Döner kulaklı pullukla sürüme, A' noktasından başlanmıştır. Parsel başlarına gelindiğinde, ileri-geri hareketle dönüş yapılarak C' ve D' noktalarından tekrar çizilere girilmiştir (Şekil 3.14b). Bu işlem tekrarlanarak parsel boyu sürümü tamamlanmıştır.

3.2.2.2. Parsel ortası işleme yöntemi

Sabit kulaklı pulluklarda tahtavari sürüm yöntemi uygulanmaktadır. Bu yöntemde; sürüme parsel kenarından başlanıldığında parsel ortasında bir çukurluk/açık çizi, parsel ortasından başlanıldığında ise parsel ortasında bir yükseklik/balıksırtı oluşmaktadır. Bu çalışmada sürüme parsel kenarından başlanılmıştır (Şekil 3.14a).

Sabit kulaklı pulluklarla sürümde, makinanın tam iş genişliğinde kullanılamaması ve parsel enlerinin tam eşitlenememesi nedenleriyle parsel ortalarında işlenmemiş bir alan oluşmaktadır. Bu alan tekrarlı olarak ileri geri uygulamalarla işlenmektedir. Bu çalışmada parsel ortası alan genişliği, makina iş genişliğinden küçük/dar olduğu için bir geçişte işlenmiştir.

3.2.2.3. Parsel kenarı işleme yöntemi

Döner kulaklı pulluklarda düz sürüm yöntemi kullanılmaktadır. Bu çalışmada sürüme parsel kenarından başlanılmıştır (Şekil 3.14b).

Döner kulaklı pulluklarla gerçekleştirilen sürüm işleminde, makinanın tam iş genişliğinde kullanılamaması ve parsel enlerinin tam olarak eşitlenememesi gibi nedenlerle, parsel kenarında işlenmemiş bir alan oluşmaktadır. Bu işlenmemiş alan, tekrarlı geçişler yapılarak işlenmektedir. Bu çalışmada ise, parsel kenarındaki alan genişliği, makinanın iş genişliğinden daha dar olduğu için tek bir geçişte tamamen işlenmiştir.

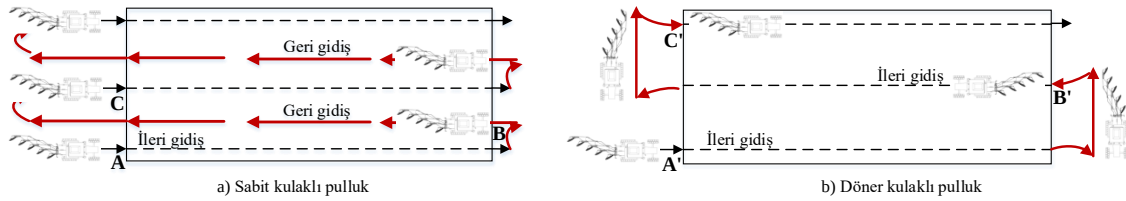
3.2.2.4. Parsel başı dönüş yöntemi

Kulaklı pulluklarda yapılan parsel başı dönüşlerinde, pulluk tiplerine göre farklı işleme yöntemleri kullanılmaktadır. Denemelerde, sabit kulaklı pullukla sürüme A noktasından başlanmıştır. Parsel başı dönüşü; arazinin her iki ucunda bırakılan boş alanda parsel başı/yastık boyunca ilerleyerek C ve D noktalarından tekrar çizilere girilmiştir (Şekil 3.14a). Bu işlemler tekrarlanarak parsel başı dönüşler gerçekleştirilmiştir.

Döner kulaklı pullukla sürüme A' noktasından başlanmıştır. Parsel başı dönüşünde ise, her parsel başına gelindiğinde pulluk askıya alınmış, ileri-geri hareketle dönüş yapılarak C' ve D' noktalarından tekrar çizilere girilmiştir (Şekil 3.14b). Bu işlemler tekrarlanarak parsel başı dönüşler gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.5. Yastık boyu işleme yöntemi

Kulaklı pulluklarla yapılan toprak işlemede, pulluk tiplerine göre parsel başları/yastık boyu için farklı işleme yöntemleri uygulanmaktadır. Şekil 3.15'de sabit ve döner kulaklı pulluklar ile yastık boyu işleme yöntemleri verilmiştir.



Şekil 3.15. Pulluk tiplerine göre yastık boyu işleme yöntemi

Sabit kulaklı pullukla sürüme A noktasından başlanmıştır. B noktasına gelindiğinde ise pulluk askıya alınmış ve geri-geri gidilerek C noktasından tekrar çiziyeye girilmiştir (Şekil 3.15a). Bu işlem tekrarlanarak yastık boyu sürümü tamamlanmıştır.

Döner kulaklı pullukla sürüme A' noktasından başlanmıştır. Yastık başı dönüşünde ise, her yastık başına gelindiğinde pulluk askıya alınmış, ileri-geri hareket

yapılarak B' ve C' noktalarından çizilere tekrar girilmiştir (Şekil 3.15b). Bu işlem tekrarlanarak yastık boyu sürümü tamamlanmıştır.

3.2.2.6. Yastık başı dönüş yöntemi

Yastık alanı işlenirken kulaklı pulluklar ile yapılan yastık başı dönüşlerinde, pulluk tiplerine göre farklı dönüş yöntemleri uygulanmaktadır (Şekil 3.15).

Sabit kulaklı pullukla sürüme A noktasından başlanmıştır. B noktasına gelindiğinde pulluk askıya alınmış ve geri-geri gidilerek C noktasından tekrar çiziyeye girilmiştir (Şekil 3.15a). Bu işlem tekrarlanarak yastık boyu sürümü tamamlanmıştır.

Döner kulaklı pullukla sürüme A' noktasından başlanmıştır. Her yastık başına gelindiğinde pulluk askıya alınmış, ileri-geri hareketle yastık başı dönüşleri gerçekleştirilmiş ve B' ve C' noktalarından tekrar çizilere girilmiştir (Şekil 3.15b). Bu işlem tekrarlanarak yastık boyu sürümü tamamlanmıştır.

3.2.3. Toprak işleme süreleri

Toprak işlemede doğrudan sürümün yapıldığı anlardaki süreler aktif süreler, sürümün yapılmadığı boşta geçen süreler de pasif süreler olarak adlandırılmaktadır. Aktif süreler; parsel boyu işleme süresi ve yastık boyu işleme süresinden, pasif süreler ise makina bağlama, makina ayarlama, parsel başı dönüş, parsel ortası işleme, parsel kenarı işleme, makina tamir/onarım, makina kontrol/temizleme, yastık başı geri geliş, yastık başı dönüş, sürücü dinlenme ve makina sökme sürelerinden oluşmaktadır. Toplam süre arazinin tamamının sürümü için geçen süredir. Bir başka deyişle aktif ve pasif sürelerin toplamından oluşmaktadır. Bu sürelerle ilişkin açıklamalar aşağıda verilmiştir.

3.2.3.1. Aktif süreler

▪ *Parsel boyu işleme süresi*

Parsel boyu işleme süresi, parsel boyunca yapılan sürüm için geçen süredir. Bu çalışmada her parsel boyu için işleme süresi dijital kronometre ile ölçülmüş ve bu sürelerin toplanmasıyla, toplam parsel boyu işleme süresi belirlenmiştir.

▪ *Yastık boyu işleme süresi*

Yastık boyu işleme süresi, yastık boyunca yapılan sürüm için geçen süredir. Bu çalışmada her yastık boyu için işleme süresi dijital kronometre ile ölçülmüş ve bu sürelerin toplanmasıyla, toplam yastık boyu işleme süresi belirlenmiştir.

3.2.3.2. Pasif süreler

▪ *Makina bağlama süresi*

Makina bağlama süresi, herhangi bir tarım makinasının traktöre bağlantısı için geçen süreyi ifade etmektedir. Bu çalışmada makina bağlama süresi; kulaklı pullukların

traktör üç nokta bağlantı düzenine bağlantısı için geçen süre olarak değerlendirilmiş ve bu süre dijital kronometre ile ölçülerek belirlenmiştir.

▪ ***Makina ayarlama süresi***

Makina ayarlama süresi, bir tarım makinasının belirli bir görevi yerine getirebilmesi için işleme başlamadan önce veya işlem anında gerekli olan ayarların ve düzenlemelerin yapılması sırasında harcanan zamanı ifade etmektedir. Bu çalışmada makina ayarlama süresi; kulaklı pullukların traktöre bağlantısından sonra bağlantı kollarında yapılan ayarlar için geçen süre olarak değerlendirilmiş ve bu süre dijital kronometre ile ölçülmüştür.

▪ ***Parsel başı dönüş süresi***

Parsel başı dönüş süresi, traktör-tarım makinası ikilisinin parsel başlarında dönüşü için geçen süreyi ifade etmektedir. Bu çalışmada her parsel başı dönüş süresi dijital kronometre ile ölçülmüş ve bu sürelerin toplanmasıyla, toplam parsel başı dönüş süresi belirlenmiştir.

▪ ***Parsel ortası işleme süresi***

Parsel ortası işleme süresi, sabit kulaklı pulluklarla sürümde parsel ortalarında oluşan işlenmemiş alanın sürümü için geçen süre olarak ifade edilmektedir. Bu çalışmada parsel ortası işleme süresi, her parsel için 1 adet olmak üzere dijital kronometre ile ölçülmüş ve bu sürelerin toplanmasıyla, toplam parsel ortası işleme süresi belirlenmiştir.

▪ ***Parsel kenarı işleme süresi***

Parsel kenarı işleme süresi, döner kulaklı pulluklarla sürümde arazi kenarında oluşan işlenmemiş alanın sürümü için geçen süre olarak ifade edilmektedir. Bu çalışmada parsel kenarı işleme süresi, toplam arazi için 1 adet olmak üzere dijital kronometre ile ölçülerek belirlenmiştir.

▪ ***Makina tamir/onarım süresi***

Tarımsal faaliyetler sırasında kullanılan makinaların arızalanması veya performans düşüklüğü yaşaması durumunda, bu makinaların yeniden çalışır duruma getirilmesi için harcanan zamanı ifade etmektedir. Bu çalışmada, toprak işleme sırasında makinalarda herhangi bir tamir/onarım gerektirecek durum meydana gelmemiş ve bu nedenle makina tamir/onarım süresi dikkate alınmamıştır.

▪ ***Makina kontrol/temizleme süresi***

Toprak işleme sırasında, makinanın düzenli çalışmasının sağlanması için yapılan kontroller ile makinaya takılan toprak, taş, ürün sapı, yabancı ot vb. maddelerin temizlenmesi için geçen süreyi ifade etmektedir. Bu çalışmada kontrol ve temizleme süreleri dijital kronometre ile ölçülmüş ve bu sürelerin toplanmasıyla, makina kontrol/temizleme süresi belirlenmiştir.

▪ *Yastık boyu geri geliş süresi*

Yastık boyu geri geliş süresi, sabit kulaklı pulluklarla toprak işlemede oluşmaktadır. Yastık genişliğinin dar olması nedeniyle geri-geri gidiş uygulamasıyla sürüm başlangıç noktasına gelinmek zorundadır. Bu işlem tekrarlanarak yastık alanı sürümü tamamlanmaktadır. Bu çalışmada yastık boyu geri geliş süresi dijital kronometre ile ölçülmüş ve bu sürelerin toplanmasıyla, toplam yastık boyu geri geliş süresi belirlenmiştir.

▪ *Yastık başı dönüş süresi*

Yastık başı dönüş süresi, döner kulaklı pulluklarla toprak işlemede oluşmaktadır. Döner kulaklı pulluklar toprak işlemede yastık başlarında makina askıya alınmakta ve ileri-geri hareketle dönüş gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada yastık başı dönüş süresi dijital kronometre ile ölçülmüş ve bu sürelerin toplanmasıyla, toplam yastık başı dönüş süresi belirlenmiştir.

▪ *Sürücü dinlenme süresi*

Tarla çalışmaları veya uzun süreli tarımsal faaliyetler sırasında, sürücünün fiziksel ve zihinsel yorgunluğunu gidermek amacıyla işine ara vererek dinlenmek için harcadığı zamanı ifade etmektedir. Bu süre, iş verimliliğini artırmak, hata riskini azaltmak ve iş güvenliğini sağlamak açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmada deneme parsel boyutları küçük olduğu için sürücü dinlenme ihtiyacı oluşmamış ve bu nedenle sürücü dinlenme süresi dikkate alınmamıştır.

▪ *Makina sökme süresi*

Makina sökme süresi, herhangi bir tarım makinasının traktörden sökülmesi/ayrılması için geçen süreyi ifade etmektedir. Bu çalışmada makina sökme süresi; kulaklı pullukların traktör üç nokta bağlantı düzeninden ayrılması için geçen süre olarak değerlendirilmiş ve bu süre dijital kronometre ile ölçülerek belirlenmiştir.

▪ *Diğer süreler*

Çalışmada diğer süreler, temel parametrelerinin ölçümü kapsamına girmeyen ancak işlemsel sürekliliği etkileyen çeşitli yardımcı işlemler için harcanan zaman dilimini ifade etmektedir. Bu süreler; parsel başı arasında geçiş, SKP için parsel arası geçişler, sürücünün çiziye girmeden önce yaptığı kısa hazırlıklar vb. gibi parametrelerdir.

3.2.3.3. Toplam süre

Toplam çalışma/sürüm süresi, aktif ve pasif sürelerin toplamına eşdeğer olarak tanımlanmaktadır. Bu araştırmada, her bir işlem için harcanan süreler ayrı ayrı ölçülmüş ve bu ölçümler, dijital kronometre yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Toplam süre aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$t_t = t_a + t_p \quad (3.1)$$

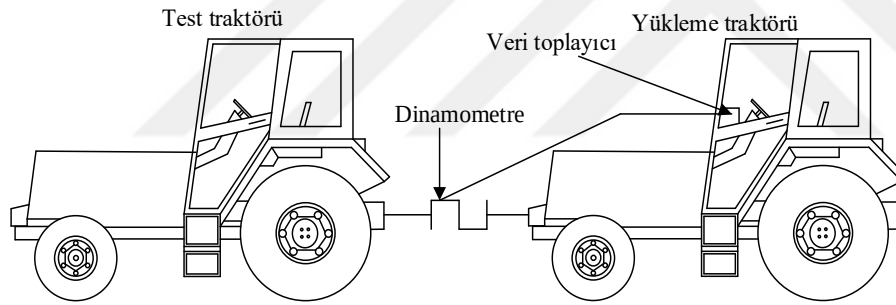
Eşitlikte; t_t : Toplam süre (s), t_a : Aktif süre (s), t_p : Pasif süre (s) olarak tanımlanır.

3.2.4. Toprak işleme değişkenleri

3.2.4.1. Çeki kuvveti

Tarım makinalarının çalışma sürecinde çeki kuvveti, makinanın toprak üzerinde hareket etmesi için gerekli olan yatay yönlü kuvvet olarak tanımlanmaktadır. Bu kuvvet, temel olarak toprak-makina etkileşiminden kaynaklanan çekme direnci ile traktör ve makinanın ağırlığının oluşturduğu yuvarlanma direncinin aşılmasını sağlar (Çalışkan ve Kara 2010).

Çeki kuvvetinin tarla koşullarında ölçülmesi, tarım makinaları performansının değerlendirilmesi ve enerji verimliliğinin belirlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu ölçümler, uygulamada genellikle iki traktörlü ölçme yöntemi (çeki dinamometresi) veya bir traktörlü ölçme yöntemi (çeki pimleri) olmak üzere iki yöntemle gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada iki traktörlü ölçme yöntemi kullanılmıştır. İki traktörlü ölçme yöntemi Şekil 3.17’de verilmiştir.



Şekil 3.16. İki traktörlü ölçme yöntemi

Şekil 3.16’da görüldüğü gibi, iki traktör yönteminde çeki kuvvetini ölçmek için traktörler arasına bir çeki dinamometresi yerleştirilmektedir. Yüklem traktörünün arkasına ise tarım iş makinası bağlanmaktadır. Tarım makinası ile çalışılırken ölçülen değer toplam çeki kuvveti (ÇK_T), tarım makinası askıda iken ölçülen değer ise yuvarlanma direnci (YD) değeridir. Bu iki ölçüm değeri arasındaki fark ise makinanın çekilmesi için gerekli olan net çeki kuvveti (ÇK_{net})’dir. Bu değişkenlere ait eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\text{ÇK}_{\text{net}} = \text{ÇK}_T - YD \quad (3.2)$$

Eşitlikte; ÇK_{net} : Net çeki kuvveti (N), ÇK_T : Toplam çeki kuvveti (N), YD : Yuvarlanma direnci (N) olarak tanımlanır.

3.2.4.2. Çalışma hızı

Bir tarım makinasının çalışma hızı, makinanın tarımsal işlemi yerine getirirken birim zaman diliminde aldığı mesafeyi ifade etmektedir. Bu hız, genellikle m/s veya km/h birimlerinde tanımlanır.

Bu çalışmada ilerleme hızı; traktörün 191 m'lik bir mesafeyi tamamlaması için harcadığı sürenin dijital kronometre ile ölçülmesiyle belirlenmiştir.

3.2.4.3. Patinaj

Traktör ile çalışmada, değişik oranda yüklenmeler nedeniyle kuvvet tekerleklerinin boşa dönmesi sonucu oluşan yol ve hız kayıp oranına patinaj denir. Bu çalışmada, tarım makinası askıda iken ölçülen hız değeri patinajsız ilerleme hızı (V_0), makinalar ile çalışırken ölçülen hız değeri ise patinajlı çalışma hızı (V) olarak tanımlanmıştır. Bu değişkenler ile hesaplanan patinaj eşitliği aşağıda verilmiştir.

$$\delta = \frac{(V_0 - V)}{V_0} \times 100 \quad (3.3)$$

Eşitlikte; δ : Patinaj (%), V_0 : Patinajsız ilerleme hızı (m/s), V : Patinajlı ilerleme hızı (m/s) olarak tanımlanır.

3.2.4.4. Yakıt tüketimi

Yakıt tüketimi, bir motorlu aracın belirli bir mesafe veya iş süresi boyunca harcadığı yakıt miktarını ifade etmektedir. Yakıt tüketimi genellikle zaman (l/h), mesafe (l/km) veya alan (l/da) oranlı birimlerle tanımlanmaktadır. Bu çalışmada, her bir deneme öncesi motorun yakıt deposu tamamen doldurulmuştur. Deneme sonrasında deponun tekrar doldurulması için gereken yakıt miktarı 1 litrelik dereceli ölçekli kap ile belirlenerek deneme sırasında tüketilen yakıt miktarı ölçülmüştür (Kalsirisilp and Singh 2001; Akıncı vd 2001).

3.2.5. Makina iş başarısı

Tarım makinalarında iş başarısı, birim zamanda gerçekleştirilen iş miktarı olarak tanımlanır. Makina iş başarısı; kullanılan makina çeşitlerine göre alan kapasitesi, materyal kapasitesi veya ürün kapasitesi şeklinde ifade edilir. Alan kapasitesi daha çok toprak işleme, ekim-dikim, gübreleme ve ilaçlama makinaları, materyal ve ürün kapasitesi ise hasat harman ve ürün işleme makinaları için kullanılmaktadır.

3.2.5.1. Efektif alan kapasitesi

Toprak işleme makinalarında iş başarısı, efektif alan kapasitesi (AK_e) ile ifade edilir. Efektif alan kapasitesi aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$AK_e = B \times v \times e \quad (3.4)$$

Eşitlikte; AK_e : Efektif alan kapasitesi (da/h), B : Makinanın iş genişliği (m), v : Makinanın çalışma hızı (km/h) ve e : Tarla etkinliği (ondalık) olarak tanımlanır.

3.2.5.2. Tarla etkinliği (e)

Tarla etkinliği; aktif çalışma süresinin, toplam çalışma süresine oranı olarak tanımlanır. Zamandan yararlanma katsayısı olarak da ifade edilmektedir. Tarımsal işlerde zaman analizi ve tarım makinaları iş başarısında oldukça önemli bir ölçüttür. Tarla etkinliği değişkeni aşağıda verilen eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$e = \frac{T_a}{T_t} \quad (3.5)$$

Eşitlikte; e : Tarla etkinliği (ondalık), T_a : Aktif çalışma süresi (h/da) ve T_t : Toplam çalışma süresi (h/da) olarak tanımlanır.

3.2.6. İş başarısı excel modeli

Toprak işleme faaliyetleri kapsamında gerçekleştirilen işlemlere ait zaman verileri Microsoft Excel yazılımına aktarılmış ve bu veriler doğrultusunda analiz ve değerlendirme süreçlerine temel oluşturulacak bir makina iş başarısı hesaplama excel modeli geliştirilmiştir. Excel modeli ile farklı uygulama koşullarında, SKP ve DKP için tarla etkinliği ve iş başarısı değerleri elde edilmiştir. Daha sonra bu veriler analiz edilmiş ve her uygulama koşulu için regresyon eşitlikleri ve belirleme katsayıları oluşturulmuştur.

$$y = ax + b \quad R^2 \quad (3.6)$$

Eşitlikte; y : Bağımlı değişken, x : Bağımsız değişken, a : Regresyon katsayısı, b : Regresyon sabiti, R^2 : Belirleme katsayısı olarak tanımlanmıştır.

Geliştirilen excel modeli, kullanıcıya kapsamlı bir veri işleme ve analiz imkânı sunacak şekilde yapılandırılmış olup; excel model verileri, deneme verileri, katsayılar ve hesaplamalar olmak üzere dört temel bileşenden oluşmaktadır. Her bir bölüm, sistematik veri girişine olanak tanıyacak şekilde düzenlenmiş ve analiz sürecinin doğruluğunu artırmak amacıyla birbirleriyle entegre çalışacak şekilde tasarlanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Toprak işlemede fiziksel ve teknik özellikler

4.1.1. Deneme alanı fiziksel özellikleri

Toprağın fiziksel özellikleri, toprak bünyesi, toprak penetrasyon direnci ve toprak nemi gibi parametreler üzerinden değerlendirilmektedir. Bu parametreler; toprağın yapısını, işlenebilirliğini ve verimliliğini etkileyen en önemli değişkenlerdendir.

4.1.1.1. Toprak bünyesi

Toprak bünyesi, toprağın fiziksel yapısını ve bileşimini tanımlayan temel bir kavram olup, toprağı oluşturan katı parçacıkların (kum, silt ve kil) oransal dağılımını ve bu parçacıklar arasındaki etkileşimleri içermektedir. Bu bileşenlerin oranları, toprağın tekstürünü ve fiziksel özelliklerini belirlemektedir. Deneme alanına ait toprak bünyesini oluşturan kum, silt ve kil gibi bileşenlerin oransal içerikleri ve hacim ağırlığı değeri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Toprak bünyesi/sınıfı ve hacim ağırlığı değeri

Mineral içeriği (%)	Kum	15.80
	Kil	35.00
	Silt	41.80
Toprak bünyesi	Killi Tın	
Hacim ağırlığı (g/cm³)	1.60	

Çizelge 4.1'de sunulan verilere göre, toprak bünyesinde bulunan mineral içeriklerinin en yüksek oranı %41.80 ile silt mineraline aittir. Bu oranı, sırasıyla kil (%35.00) ve kum (%15.80) mineralleri izlemektedir. Bu değerler doğrultusunda, deneme yapılan arazinin toprak bünyesi "killi tın" olarak belirlenmiştir. Bu toprak bünyesi, toprağın su tutma kapasitesi, havalanma özellikleri ve tarımsal kullanım potansiyeli açısından önemli bilgiler sağlamaktadır.

4.1.1.2. Toprak penetrasyon direnci

Toprak penetrasyon direnci, toprak sıkışıklığını tanımlayan bir değişkendir. Bitkisel toprak katmanında; bitkilerin sağlıklı gelişmesi, suyun etkin kullanımı, toprak verimliliğinin artması, toprak işleme başarısı gibi nedenlerle izin verilebilir maksimum penetrasyon direnci değeri 2.0 MPa olarak ifade edilmektedir (Bengough and Mullins 1990). Bu çalışmada deneme alanı penetrasyon direnci değerleri Çizelge 4.2'de verilmiştir. Buna göre ortalama değer 1.66 MPa olarak belirlenmiştir. Bu değer, izin verilebilir maksimum penetrasyon direnci değerinden düşüktür. Bir başka deyişle; deneme alanının, toprak işleme açısından uygun olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.2. Toprak penetrasyon direnci değerleri

Tekerrür	Penetrasyon direnci (MPa)
1	1.30
2	1.50
3	2.00
4	1.80
5	2.20
6	1.70
7	1.90
8	1.60
9	1.40
10	1.20
Ortalama	1.66
SS (±)	0.32
VK (%)	19.30

4.1.1.3. Toprak nemi

Toprağın uygun tavrda olması, bazı tarımsal işlemlerin verimli bir şekilde gerçekleştirilmesi açısından önemlidir. Literatürde, toprağın optimum işlenebilirlik koşullarında bulunması için nem içeriğinin maksimum %20 civarında olması gerektiği belirtilmektedir (Bekele 2021). Bu nem seviyesinde, sürüm işleminin daha kolay ve etkin bir şekilde gerçekleştirilebildiği ifade edilmektedir. Bu çalışma için deneme alanı toprak nemi değerleri Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Toprak nem içeriği değerleri

Tekerrür	Nem içeriği (%)
1	20.37
2	21.63
3	23.33
Ortalama	21.78
SS (±)	1.21
VK (%)	5.57

Bu çalışmada, toprak işleminin yapılacağı deneme alanında mısır bitkisi yetiştirilmiş olup, hasat işlemi gerçekleştirilmeden önce sulama yapılmıştır. Sulamanın etkisiyle toprakta belirli bir nem oranı korunmuş ve yapılan ölçümler sonucunda ortalama nem içeriği %21.78 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Bu değer, toprak işleme için izin verilebilir maksimum nem içeriği değerinden az fazladır. Bir başka deyişle, deneme alanı toprak nem içeriğinin fazla olması; yüklenme, patinaj, yakıt tüketimi gibi teknik verilerde bazı olumsuzluklara neden olabileceği söylenebilir.

4.1.2. Toprak işleme teknik özellikleri

Traktör ve tarım makinası kombinasyonu kullanılarak gerçekleştirilen toprak işleme sürecinde, toprak işleme teknik özellikleri olarak çeki kuvveti, ilerleme hızı, patinaj ve yakıt tüketimi parametreleri oldukça önemli değişkenlerdir. Tarla denemeleri kapsamında toprak, ortalama 20 cm derinliğe kadar işlenmiştir. Bu değişkenler ile toprak işleme koşulları yeterince açıklanabilmektedir.

4.1.2.1. Çeki kuvveti

Çeki kuvveti; traktör-makina ikilisinde, makinanın çekilmesi için gerekli olan bir değişkendir. Bu değişken; makina iş başarısı, yakıt tüketimi, patinaj vb. parametreleri de önemli düzeyde etkilemektedir.

Çizelge 4.4. Çeki kuvveti değerleri

Pulluk tipi		SKP			DKP		
-		$*\dot{C}K_T$	YD	$\dot{C}K_{net}$	$\dot{C}K_T$	YD	$\dot{C}K_{net}$
Tekerrür	1	11.54	2.14	9.40	18.99	2.38	16.61
	2	12.39	2.31	10.08	17.77	2.36	15.41
	3	11.89	2.47	9.42	17.87	2.42	15.45
Ortalama (kN)		11.94	2.31	9.63	18.21	2.39	15.82
SS ($\pm$)		0.43	0.17	0.39	0.68	0.03	0.68
VK (%)		3.58	7.15	4.02	3.72	1.28	4.31

* $\dot{C}K_T$: Toplam çeki kuvveti, YD: Yuvarlanma direnci, $\dot{C}K_{net}$: Net çeki kuvveti.

Çizelge 4.4'te görüldüğü gibi; SKP ile gerçekleştirilen sürümde ortalama net çeki kuvveti 9.63 kN, DKP ile yapılan sürümde ise 15.82 kN olarak tespit edilmiştir. SKP ve DKP toprak işleme makinalarının ağırlıklarının farklı olması, çeki kuvveti değerlerinde de farklılıkların oluşmasına neden olmuştur. Bu farklılık, kullanılan makinaların teknik özelliklerinden ve toprakla etkileşim biçimlerinden kaynaklanmaktadır.

4.1.2.2. Çalışma hızı

Çalışma hızı; traktör-makina ikilisi ile yapılan işlerde, birim zamanda alınan mesafeyi ifade eden bir değişkendir. Bu değişken; makina iş başarısı, toprak bitki direnci, güç tüketimi vb. parametreleri de önemli düzeyde etkilemektedir. Bu çalışmada, SKP ve DKP toprak işleme makinaları ile gerçekleştirilen sürüm işlemlerinde ortalama çalışma hızının 5.04 km/h olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.5.). SKP'ye kıyasla DKP'nin çalışma hızı değerleri, daha ağır bir kütleye sahip olmasında dolayı daha düşüktür.

Çizelge 4.5. Çalışma hızı değerleri

Pulluk tipi		SKP	DKP
n ₁	1	5.54	4.36
	2	5.67	4.65
	3	5.81	4.62
	4	5.58	4.50
	5	5.54	4.36
	6	5.71	4.34
	7	5.67	4.44
	8	5.63	4.34
	9	5.76	4.29
	10	5.81	4.39
	11	5.71	4.31
	12	5.95	4.29
	13	5.90	4.34
	14	5.67	4.26
	15	5.67	4.36
	16	5.45	4.24
	17	5.76	4.39
	18	6.67	4.29
	19	5.81	4.31
	20	5.76	4.26
	21	5.85	4.19
	22	5.85	4.47
	23	5.67	4.36
	24	5.81	4.39
	25	5.76	4.26
	26	5.63	4.16
	27	5.63	4.19
	28	5.58	4.29
	29	5.63	4.26
	30	6.05	4.14
Ortalama (km/h)		5.75	4.33
Genel Ortalama (km/h)		5.04	
SS (±)		0.22	0.12
VK (%)		3.77	2.71

4.1.2.3. Patinaj

Patinaj; herhangi bir tarım iş makinası ile çalışırken, traktör tekerleklerinde oluşan hız kayıp oranı olarak ifade edilmektedir. Tarımsal işlerde, ağır yüklenme koşullarındaki çalışmalarda bu değer %15-20 arasında değişmektedir (Brixius 1987). Bu çalışmada, SKP ve DKP toprak işleme makinaları kullanılarak gerçekleştirilen sürüm işlemleri sırasında oluşan patinaj değerleri Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Patinaj değerleri

Pulluk tipi		SKP	DKP
Tekerrür	1	17.65	18.15
	2	18.23	20.52
	3	19.12	19.35
Ortalama (%)		18.33	19.34
SS (±)		0.74	1.19
VK (%)		4.04	6.13

Elde edilen sonuçlara göre, sabit kulaklı pulluk ile çalışma durumunda patinaj ortalaması %18.33 olarak belirlenirken, döner kulaklı pulluk kullanımında bu değer %19.34'e yükselmiştir (Çizelge 4.6). Bu farklılık, makina tasarımının çeki performansı üzerindeki etkisini açıkça yansıtmaktadır. Özellikle SKP ve DKP gibi farklı toprak işleme makinalarının ağırlık dağılımları, patinaj değerlerindeki bu sapmanın temel nedeni olarak değerlendirilebilir.

4.1.2.4. Yakıt tüketimi

Yakıt tüketimi; herhangi bir tarım iş makinası ile çalışırken, traktörün birim zamanda tükettiği yakıt miktarı olarak ifade edilmektedir. Bu çalışmada, SKP ve DKP toprak işleme makinaları kullanılarak gerçekleştirilen sürüm işlemleri sırasında tüketilen yakıt miktarı değerleri Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Yakıt tüketimi (YT) değerleri

Pulluk Tipi	SKP	DKP
YT (l/9.0 da)	29.68	32.74
YT (l/da)	3.30	3.64
YT (l/h)	18.74	22.06

Çizelge 4.7'de görüldüğü gibi; deneme alanının kulaklı pulluklarla işlenmesi sırasında, SKP ile yapılan sürüm işleminde toplam yakıt tüketimi 29.68 l/9.0 da olarak belirlenirken, DKP'de bu değer 32.74 l/9.0 da olarak ölçülmüştür. SKP kullanımında birim alanda 3.30 l/da yakıt tüketilirken, DKP ile yapılan işlemde bu değer 3.64 l/da olarak hesaplanmıştır. SKP ile yapılan sürüm işleminde saatlik yakıt tüketimi 18.74 l/h iken, DKP'de bu değer 22.06 l/h olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.7). Tarımsal işlerde yakıt tüketiminin ortalama olarak 10-20 l/h arasında değişmektedir (Anonim 8). SKP ile yapılan sürüm işlemindeki yakıt tüketiminin tarımsal mekanizasyonda kabul gören ortalama sınırlar dâhilinde kaldığını, DKP ile gerçekleştirilen işlemlerdeki yakıt tüketimi ise standartlarının üzerinde bir değere ulaştığı görülmüştür. Yapılan ölçümlerde, pulluk tipinin yakıt tüketimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

4.2. Toprak işlemede aktif, pasif ve toplam süreler

Toprak işleme makinaları ile çalışmada aktif, pasif ve toplam süreler tarla etkinliği ve makina iş başarısı açısından oldukça önemlidir. Yapılan işlemler sırasında toplam süre içerisinde kayıp süre olarak ifade eden pasif sürelerin oldukça az olması istenir. Bu

durum, tarla etkinliği ve makina iş başarısı değerlerinin artışı sağlamaktadır. Bu çalışmada toprak işleme sırasında aktif, pasif ve toplam süreler ölçülerek, tarla etkinliği ve makina iş başarısı/efektif alan kapasitesi değerleri belirlenmiştir.

4.2.1. Aktif süreler

Aktif süre, parsel boyunun işlenmesi ve yastık boyunun işlenmesi gibi iki temel parametreden oluşmaktadır. Bu parametreler, işlem sürelerinin analiz edilmesi ve optimizasyonu açısından büyük önem taşımaktadır.

4.2.1.1. Parsel boyu işleme süresi

Parsel boyu işleme süresi, aktif süreler içerisinde en büyük paya sahiptir. Bu çalışmada, her biri 9 da büyüklüğündeki deneme alanlarında parsel boyunca 30 adet gidiş gelişlerle yapılan toprak işleme çalışmaları sırasında süre ölçümleri kaydedilmiştir. Çizelge 4.8'de parsel boyu işleme süreleri verilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda, sabit kulaklı pulluk ile ortalama parsel boyu işleme süresi 125.37 ± 4.34 s, döner kulaklı pulluk ile ortalama parsel boyu işleme süresi ise 166.23 ± 4.42 s olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.8. Parsel boyu işleme süreleri (s)

Pulluk tipi	SKP	DKP
n ₂	1	130.00
	2	127.00
	3	124.00
	4	129.00
	5	130.00
	6	126.00
	7	127.00
	8	128.00
	9	125.00
	10	124.00
	11	126.00
	12	121.00
	13	122.00
	14	127.00
	15	127.00
	16	132.00
	17	125.00
	18	108.00
	19	124.00
	20	125.00
	21	123.00
	22	123.00
	23	127.00
	24	124.00
	25	125.00

Çizelge 4.8'in Devamı

PT		SKP	DKP
n ₂	26	128.00	173.00
	27	128.00	172.00
	28	129.00	168.00
	29	128.00	169.00
	30	119.00	174.00
Toplam (s)		3,761.00	4,987.00
Ortalama (s)		125.37	166.23
SS (±)		4.34	4.42
VK (%)		3.46	2.66

4.2.1.2. Yastık boyu işleme süresi

Bu çalışmada, parselin her iki başında bulunan iki adet dönme alanı (Yastık 1 ve Yastık 2) boşluğu bırakılmıştır. Her bir yastık başlangıç noktasında 3 tekerrürlü olarak yastık boyu işleme süreleri dijital kronometre ile ölçülmüştür. Elde edilen toplam veriler Çizelge 4.9'da sunulmuştur.

Çizelge 4.9. Yastık boyu işleme süreleri (s)

Pulluk tipi			SKP	DKP
n ₃	Yastık 1	1	43.00	39.00
		2	55.00	42.00
		3	48.00	40.00
	Yastık 2	1	42.00	41.00
		2	40.00	44.00
		3	45.00	43.00
Toplam (s)			273.00	249.00
Ortalama (s)			45.50	41.50
SS (±)			5.39	1.87
VK (%)			11.86	4.51

Yapılan çalışmada, SKP ve DKP yöntemleriyle gerçekleştirilen yastık boyu işleme sürelerinde belirgin farklılıklar olduğunu ortaya koymaktadır. Çizelge 4.9'da sunulan verilere göre, SKP ile yapılan yastık boyu sürme işleminde toplam süre 273.0 s olarak ölçülürken, bu yöntemde birim başına düşen ortalama sürüm süresi 45.50 s olarak kaydedilmiştir. Buna karşılık, DKP kullanıldığında toplam işlem süresinin 249.0 s, ortalama sürüm süresinin ise 41.50 s olduğu görülmektedir. Bu bulgular, DKP'nin SKP'ye kıyasla yaklaşık %8.8 daha kısa toplam süre ve %8.8 daha düşük ortalama sürüm süresi sağladığını göstermektedir.

4.2.2. Pasif süreler

Pasif süreler; makinanın traktöre bağlanması, ayarlanması, parsel başı dönüş, parsel ortası, parsel kenarı, tamir/onarım, yastık boyu geri geliş, yastık başı dönüş, sürücü

dinlenme ve makina sökme dönüş sürelerinden oluşmaktadır. Bu sürelere ait veriler ve açıklamalar aşağıda verilmiştir.

4.2.2.1. Makina bağlama süresi

Kulaklı pulluklarla yapılan sürüm işlemlerinde SKP ve DKP makinaları traktör üç nokta düzenine bağlanmaktadır. Bu makinaların traktöre bağlanması için belirli bir süre harcanmaktadır. Bu çalışmada anılan tarım makinalarının traktöre bağlama süreleri Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Makina bağlama süreleri (s)

Pulluk tipi		SKP	DKP
Tekerrür	1	125.00	205.00
	2	115.00	190.00
	3	117.00	195.00
Ortalama (s)		119.00	196.67
SS (±)		5.29	7.64
VK (%)		4.45	3.88

Ölçüm sonuçlarına göre, SKP makinasında ortalama bağlama süresi 119.0 ± 5.29 s olarak belirlenirken, DKP makinasında bu sürenin 196.67 ± 7.64 s'ye kadar çıktığı gözlemlenmiştir. Bu bulgular, SKP tarım makinasının DKP'ye kıyasla yaklaşık %39.5 daha hızlı bağlanma performansı sergilediğini göstermektedir. Süre farkının temel nedenleri arasında; bağlantı mekanizmalarının ergonomik tasarımı, kullanılan bağlama elemanlarının standardizasyonu, montaj kolaylığı ve kullanılan tarım makinalarının toplam ağırlıkları gibi faktörlerin etkili olduğu değerlendirilmektedir.

4.2.2.2. Makina ayarlama süresi

Kulaklı pulluklarla yapılan sürüm işlemlerinde kullanılan SKP ve DKP makinaları traktör üç nokta düzenine bağlanmaktadır. Makinaların amacına uygun şekilde çalışabilmesi için üç nokta bağlantı düzeninde iş derinliği, salınım etkisi ve bağlantı kolları ayarları yapılmaktadır. Bu ayarların yapılmasında belirli süreler harcanmaktadır. Bu çalışmada, anılan makinaların ayarlama süreleri Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Makina ayarlama süreleri (s)

Pulluk tipi		SKP	DKP
Tekerrür	1	71.00	81.00
	2	78.00	86.00
	3	64.00	76.00
Ortalama (s)		71.00	81.00
SS (±)		7.00	5.00
VK (%)		9.86	6.17

Çizelge 4.11'deki verilere göre, sabit kulaklı pullukta orta kol ve yan kollarının ayarlama süresinin ortalaması 71.0 ± 7.0 s'de gerçekleşmesine karşın döner kulaklı

pullukta ise bu süre 81.0 ± 5.0 s olarak ölçülmüştür. Kulaklı pulluklar arasındaki 10 s'lik süre farkı, temel olarak yapısal tasarımındaki fonksiyonel farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Sabit kulaklı pulluklarda ayarlama tamamen mekanik olması, döner kulaklı pulluklarda ise ayar mekanizmasının hidrolik sisteme bağımlı olarak çalışmasından dolayı ek kurulum süresi gerektirmektedir.

4.2.2.3. Parsel başı dönüş süresi

Pulluklarla toprak işlemede en önemli kayıp sürelerden biri, parsel başı dönüş süresidir. Uygulamada, farklı dönüş yöntemleri kullanılarak bu süreler azaltılmaya çalışılmaktadır. Bu çalışmada SKP ve DKP için parsel başı dönüş süreleri Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Parsel başı dönüş süreleri (s)

Pulluk tipi			SKP	DKP
n ₄	Yastık 1	1	33.00	20.00
		2	31.00	19.00
		3	30.00	22.00
		4	28.00	20.00
		5	27.00	21.00
		6	25.00	18.00
		7	23.00	15.00
		8	21.00	19.00
		9	20.00	22.00
		10	18.00	19.00
		11	17.00	22.00
		12	14.00	25.00
		13	12.00	21.00
		14	9.00	19.00
		15	7.00	20.00
	Yastık 2	16	32.00	19.00
		17	31.00	17.00
		18	29.00	14.00
		19	27.00	11.00
		20	26.00	13.00
		21	24.00	35.00
		22	22.00	33.00
		23	20.00	29.00
		24	19.00	25.00
		25	17.00	22.00
		26	16.00	18.00
		27	13.00	15.00
		28	11.00	12.00
		29	8.00	16.00
		30	-	-
Toplam (s)			610.00	581.00
Ortalama (s)			21.03	20.03
SS (±)			7.70	5.55
VK (%)			36.62	27.68

Sabit kulaklı pulluk kullanılarak gerçekleştirilen sürüm işlemlerinde toplam parsel başı dönüş süresi 610.00 s olarak kaydedilmiştir. Buna karşılık, döner kulaklı pullukla yapılan sürümde bu süre 581.00 s'ye düşmüştür (Çizelge 4.12). Ortalama parsel başı dönüş süreleri değerlendirildiğinde, sabit kulaklı pullukta dönüş başına yaklaşık 21.03 s harcandığı, döner kulaklı pullukta ise bu sürenin ortalama 20.03 s ile daha kısa olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu veriler, döner kulaklı pullukların manevra kabiliyeti açısından sabit kulaklı pulluklara göre daha avantajlı olduğunu ortaya koymaktadır. Bu farkın temel nedeni, her iki pulluk tipinin dönüş yöntemlerinin birbirinden farklı olmasıdır. Ayrıca; her iki yöntemde de toplam 30 adet çiziden oluşan bir sürüm gerçekleştirilmiş olmasına rağmen, parsel başı dönüş sayısı 29 adettir. Bu durum, ilk çiziden sonraki her çizide bir dönüş yapılmasından kaynaklanmaktadır.

4.2.2.4. Parsel ortası işleme süresi

Sabit kulaklı pulluk ile toprak işlemede, parsel kenarından sürüme başlandığı zaman parsel ortasında, gerek parsel geometrisinin boyutundan gerekse sürücü ve traktör-makina kombinasyonundan kaynaklanan nedenlerle işlenmeyen bir alan oluşmaktadır. Bu alanın işlenmesi için tanımlanan süre, parsel ortası işleme süresidir.

Bu çalışmada, toplam 9 da büyüklüğündeki deneme alanı eşit büyüklükte olacak şekilde üç parsel ayrılmıştır. Bu parsellerde toprak işleme yapıldıktan sonra, her bir parselin orta kısmında yer alan bu bölgelerin sürülmesi işlemine geçilmiştir. Çizelge 4.13'de SKP için parsel ortası işleme süreleri verilmiştir. Parsel ortalarında oluşan bu alanların sürülme işlemi ortalama 93.67 s olarak kaydedilmiştir.

Çizelge 4.13. Parsel ortası işleme süreleri (s)

Pulluk tipi		SKP	DKP
n ₅	1. Parsel	77.00	-
	2. Parsel	135.00	-
	3. Parsel	69.00	-
Toplam (s)		281.00	-
Ortalama (s)		93.67	-
SS (±)		36.02	-
VK (%)		38.45	-

4.2.2.5. Parsel kenarı işleme süresi

Döner kulaklı pulluklarla yapılan sürüm işlemlerinde, sürüme parsel/arazi kenarından başlandığı için diğer kenarda işlenmemiş alan oluşmaktadır. Bu durum, döner kulaklı pullukların kullanımı sırasında son çizide meydana gelmektedir. Bu yöntem sayesinde, SKP ile toprak işlemede meydana gelen parsel ortalarında işlenmemiş alanların kalması durumu ortadan kalkmaktadır.

Bu çalışmada döner kulaklı pulluk kullanılarak gerçekleştirilen toprak işleme sürecinde, 9 dekarlık deneme alanı herhangi bir parsel bölünmeksizin, tek seferde sürülmüştür. Buna göre Çizelge 4.14'te DKP için parsel kenarı işleme süresi verilmiştir. DKP için parsel kenarı işleme süresi 175.0 s olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.14. Parsel kenarı işleme süresi (s)

Pulluk tipi		SKP	DKP
n ₆	1 parsel/arazi	-	175.0

4.2.2.6. Makina tamir/onarım süresi

Çalışma kapsamında kullanılan deneme alanının sınırlı boyutları ve kısa işlem süreleri nedeniyle, deneme süresince traktör ve tarım makinalarında kritik arıza sınıfına girebilecek herhangi bir mekanik hasar veya fonksiyonel bozukluk gözlemlenmemiştir. Buna göre makina tamir bakım süresi oluşmamıştır.

Önceki çalışmalarla tutarlı olarak (Zhang et al. 2022), küçük ölçekli deneme parsellerinde (<1 ha) makina arıza oranının 0.17 ± 0.03 olay/100 çalışma saati, büyük ölçekli uygulamalara (≥ 10 ha) kıyasla 0.42 ± 0.07 olay/100 çalışma saati istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük ($p < 0.01$) bulunmuştur. Bu bulgu, çalışmamızda arıza gözlemlenmemesi sonucuyla uyumludur.

4.2.2.7. Makina kontrol/temizleme süresi

Mısır hasat sonrası arazi koşullarında gerçekleştirilen sürüm denemelerinde, toprak yüzeyinde kalan bitki artıklarının sabit kulaklı pulluk performansı üzerinde önemli etkiler gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmada, artık sap varlığı nedeniyle pulluk gövdesinde iki farklı zaman diliminde tıkanma olumsuzlukları meydana gelmiştir.

Bu çalışmada ölçülen makina kontrol/temizleme süreleri Çizelge 4.15’de verilmiştir. Buna göre toplam makina kontrol/temizleme süreleri SKP de 89.0 s, döner kulaklı pullukta ise 101 s’de olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.15. Makina kontrol/temizleme süreleri (s)

Pulluk tipi		SKP	DKP
n ₇	1	48.00	68.00
	2	41.00	33.00
Toplam (s)		89.00	101.00
Ortalama (s)		44.50	50.50
SS ($\pm$)		4.95	24.75
VK (%)		11.12	49.01

4.2.2.8. Yastık boyu geri geliş süresi

Pulluklarla toprak işlemede parsel alanı/boyu işlendikten sonra, geri dönüşler için bırakılan tarla başı/yastık alanlarının boyuna işlenmesi gerekmektedir. SKP ile yastık alanlarının işlenmesi için, yastık genişliklerinin azlığı nedeniyle tek yönlü işleme zorunluluğu oluşmaktadır. Bu durumda, her yastık boyu sonunda makina yukarı kaldırılmakta ve traktör ile yastık başına kadar geri geri gelerek çiziye tekrar girilmektedir. Bu işlem yastık alanlarının tamamı işleninceye kadar tekrarlanmaktadır. Böylece SKP ile toprak işlemede yastık boyu geri geliş süreleri oluşmaktadır. DKP ile işlemede ise makinanın döndürülebilme özelliği ile anılan kayıp/pasif süre

oluşmamaktadır. Ayrıca, SKP ile yastık alanı sürümünde parsel bölünmesi dikkate alınmamış, yastık alanı tek parsel/arazi olarak işlenmiştir. Bu çalışmada SKP ile yastık alanı sürümünde oluşan yastık boyu geri geliş süreleri toplamda 45.67 s olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16. Yastık boyu geri geliş süreleri (s)

Pulluk tipi			SKP	DKP
n ₈	Yastık 1	1	11.00	-
		2	11.67	-
	Yastık 2	1	11.33	-
		2	11.67	-
Toplam (s)			45.67	-
Ortalama (s)			11.42	-
SS (±)			0.32	-
VK (%)			2.81	-

4.2.2.9. Yastık başı dönüş süresi

DKP ile yastık alanlarının işlenmesinde, makinanın döndürülebilme özelliği ile yastık başlarında ileri geri yöntemiyle dönüşler gerçekleştirilmiş ve çizilere tekrar girilmiştir. Bu işlem yastık alanlarının tamamı işleninceye kadar tekrarlanmıştır. SKP ile yastık alanı sürümünde ise yukarıda açıklanan (Çizelge 4.16) yastık başı geri geliş süreleri dikkate alınmıştır. Bu çalışmada DKP ile yastık alanı sürümünde oluşan yastık başı dönüş süreleri toplamda 26.00 s olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17. Yastık başı dönüş süreleri (s)

Pulluk tipi			SKP	DKP
n ₉	Yastık 1	1	-	8.00
		2	-	6.00
	Yastık 2	1	-	7.00
		2	-	5.00
Toplam (s)			-	26.00
Ortalama (s)			-	6.50
SS (±)			-	1.29
VK (%)			-	19.86

4.2.2.10. Sürücü dinlenme süresi

Büyük alanlarda toprak işleme yapılırken, uzun süreli çalışmalar nedeniyle sürücü dinlenme ihtiyacı oluşmaktadır. Sürücü dinlenme ihtiyacı, yapılan işin etkinliği ve olası iş kazalarının önlenmesi açısından oldukça önemlidir (Ulusoy 2005). Bu çalışmada, kullanılan deneme alanlarının küçük olması ve kısa işlem süreleri nedeniyle sürücü dinlenme ihtiyacı oluşmamıştır.

4.2.2.11. Makina sökme süresi

Bu çalışmada; toprak işleme için kullanılan SKP ve DKP makinaları, sürüm işlemi tamamlandıktan sonra traktör üç nokta düzeninden sökülmetedir. Bu makinaların traktör

üç nokta düzeninden sökülmesi için belirli bir süre harcanmaktadır. Anılan makinalarının traktörden sökülme süreleri Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Makina sökme süreleri (s)

Pulluk tipi		SKP	DKP
Tekerrür	1	119.00	130.00
	2	115.00	125.00
	3	117.00	126.00
Ortalama (s)		117.00	127.00
SS (±)		2.00	2.65
VK (%)		1.71	2.08

Çizelge 4.18’de görüldüğü gibi; sabit kulaklı pulluğun söküm işlemi ortalama 117.00 s’de tamamlanırken, döner kulaklı pullukta bu sürenin ortalama 127.00 s olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılık, her iki aletin yapısal tasarımı ve sökme esnasındaki ergonomik özelliklerinden kaynaklanmaktadır.

4.2.3. Toplam süreler, birim süreler ve tarla etkinliği

4.2.3.1. Pulluk tiplerine göre aktif, pasif ve toplam süreler

Tarımsal işlerde kullanılan makinaların iş başarısının belirlenmesinde aktif, pasif ve toplam süreler oldukça önemlidir. Toplam çalışma süresi içerisinde aktif çalışma süresinin fazlalığı veya pasif sürenin azlığı, makina iş başarısını doğrudan artırmaktadır. Bu çalışmada ele alınan pulluk tiplerine göre ölçülen aktif, pasif ve toplam süreler Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.19. Pulluk tiplerine göre aktif, pasif ve toplam süreler

Pulluk tipi		SKP		DKP	
İşlem süresi ve oranı		Süre (s)	Oran (%)	Süre (s)	Oran (%)
Aktif süreler	Parsel boyu işleme süresi	3,752.00	69.46	4,997.00	75.98
	Yastık boyu işleme süresi	273.00	5.05	249.00	3.79
	TOPLAM (s/9.0 da)	4,025.00	74.51	5,246.00	79.77
Pasif süreler	Makina bağlama süresi	119.00	2.20	196.67	2.99
	Makina ayarlama süresi	71.00	1.31	81.00	1.23
	Parsel başı dönüş süresi	610.00	11.29	581.00	8.83
	Parsel ortası işleme süresi	281.00	5.20	-	-
	Parsel kenarı işleme süresi	-	-	175.00	2.66
	Makina tamir/onarım süresi	-	-	-	-
	Makina kontrol/temizleme süresi	89.00	1.65	101.00	1.54
	Yastık boyu geri geliş süresi	45.67	0.85	-	-
	Yastık başı dönüş süresi	-	-	26.00	0.40
	Sürücü dinlenme süresi	-	-	-	-
	Makina sökme süresi	117.00	2.17	127.00	1.93
	Diğer süreler	44.00	0.81	43.00	0.65
	TOPLAM (s/9.0 da)	1,376.67	25.49	1,330.67	20.23
GENEL TOPLAM (s/9.0 da)		5,401.67	100.00	6,576.67	100.00

Çizelge 4.19’da görüldüğü gibi, aktif süreler incelendiğinde, döner kulaklı pulluk kullanımında bu süreler için en yüksek oran %79.77 olarak belirlenmiştir. Bu oran, sabit kulaklı pullukta %74.51 düzeyindedir. Bu durum, döner kulaklı pulluğun çalışma süresinin daha büyük bir kısmını etkili işleme faaliyetlerine ayırabildiğini göstermektedir. Aktif süre bileşenleri içerisinde, her iki pulluk tipi için de en yüksek paya sahip olan parametre, parsel boyu işleme süresi olmuştur. Sabit kulaklı pullukta bu sürenin aktif süre içindeki oranı %69.46 iken, döner kulaklı pullukta söz konusu oran %75.98 olarak gerçekleşmiştir. Bu veriler, döner kulaklı pullukların parsel boyunca daha etkin ve sürekli bir işleme imkânı sunduğunu, dolayısıyla iş verimliliği olumlu yönde etkilediğini ortaya koymaktadır.

Pasif süreler kapsamında yapılan değerlendirmelerde, en yüksek zaman kullanımının parsel başı dönüş sürelerinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu süreler, iş verimliliğini doğrudan etkileyen ve özellikle tarımsal mekanizasyon süreçlerinde dikkate alınması gereken önemli bir pasif zaman dilimini oluşturmaktadır. Elde edilen bulgulara göre, sabit kulaklı pullukla yapılan uygulamalarda parsel başı dönüş sürelerinin toplam pasif süreler içerisindeki oransal payı %11.29 olarak belirlenmiştir. Döner kulaklı pullukta ise bu oranın daha düşük olduğu ve %8.83 seviyesinde kaldığı gözlemlenmiştir. Bu fark, döner kulaklı pullukların manevra kolaylığı ve daha etkin dönüş kabiliyeti sayesinde zaman kayıplarını azalttığını göstermektedir.

Pasif süreler içerisinde oransal olarak ikinci en önemli süre SKP için parsel ortası işleme süresi (%5.20), DKP için ise parsel kenarı işleme süresidir (%2.66). SKP ile büyük alanlarda toprak işleme söz konusu olduğunda her parsel için bir parsel ortası işleme

süresi oluşacaktır. DKP ile sürümde ise alan büyüklüğü ne kadar artarsa artsın, arazi tek parsel olarak işleneceği için sadece 1 adet parsel kenarı işleme süresi olacaktır. Bu durumda, SKP ile sürümde pasif sürenin artacağı, tarla etkinliğinin daha da azalacağı ve makina iş başarısının düşeceği söylenebilir. Bir başka deyişle; büyük alanlarda DKP ile sürümdeki makina iş başarısı, SKP'ye kıyasla her zaman daha fazla olacaktır.

Pasif süreler içerisinde oransal olarak üçüncü en önemli süre ise yastık alanı işleme süreleridir. Yapılan ölçümlerde, SKP işlemlerinde yastık boyu geri geliş süresinin toplam sürenin %0.85'ini oluşturduğu, DKP işleminde ise yastık başı dönüş sürelerinin %0.40 oranında zaman kaybına neden olduğu tespit edilmiştir. Tarımsal mekanizasyon uygulamalarında güvenli dönüşlerin sağlanması, zaman kayıplarının minimize edilmesi ve tarla kenarlarında homojen işleme imkânı sunması açısından yastık başı genişliğinin 10-20 m aralığında olması önerilmektedir (Çınar 2005). Bu çalışmada, oluşturulan deneme alanlarının yastık başlarının genişliklerini olması gereken değerden düşük bırakılmıştır.

Yürütülen çalışma kapsamında elde edilen bulgulara göre, aktif ve pasif sürelerin toplamı sabit kulaklı pulluk için 5,401.67 s, döner kulaklı pulluk için ise 6,576.67 s olarak hesaplanmıştır. Bu farklılıklar, tarımsal mekanizasyonda uygun makina ve ekipman seçiminin, yalnızca işlem kalitesi değil, aynı zamanda zaman ve kaynak verimliliği açısından da belirleyici olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, tarla koşulları, parsel geometrisi ve işletme hedefleri doğrultusunda yapılacak doğru makina tercihi, tarımsal faaliyetlerin genel etkinliğini doğrudan etkileyebilecek niteliktedir.

4.2.3.2. Pulluk tiplerine göre birim süreler ve tarla etkinliği

Çalışma kapsamında yürütülen sürüm denemeleri, 9 da büyüklüğünde ve dikdörtgen geometrisine sahip bir deneme alanında gerçekleştirilmiştir. Tüm zaman ölçümleri, bu belirli alan üzerinde yapılan işlemler süresince kaydedilmiştir. Elde edilen süreler, birim alana düşen zaman kullanımı açısından analiz edilmiş ve bu doğrultuda birim süreler hesaplanmıştır. Ayrıca, zaman verimliliğini değerlendirmek amacıyla tarla etkinliği değerleri de hesaplanarak analiz edilmiştir. Bu değerlendirmelere ilişkin birim süre ve tarla etkinliği oranları ayrıntılı olarak Çizelge 4.20'de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Pulluk tiplerine göre birim süreler ve tarla etkinliği değerleri

Pulluk tipi	SKP		DKP	
	Birim süre (s/da)	Oran (%)	Birim süre (s/da)	Oran (%)
İşlem süresi ve oranı				
Aktif süre	447.22	74.55	582.89	79.77
Pasif süre	152.69	25.45	147.85	20.23
Toplam süre	599.91	100.00	730.74	100.00
Tarla etkinliği (ond.)	0.75	-	0.80	-

Çizelge 4.20'de görüldüğü gibi, sabit kulaklı pulluk ile gerçekleştirilen sürüm işlemlerinde, aktif ve pasif sürelerin toplamı esas alınarak hesaplanan toplam birim süre değeri 599.91 s olarak ölçülmüştür. Öte yandan, döner kulaklı pulluk ile yapılan aynı

alandaki işlemde, toplam birim süre 730.74 s olarak kaydedilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda, DKP ile gerçekleştirilen sürüm işlemlerinin toplam süresinin, SKP ile yapılan işlemlere kıyasla 130.84 s daha uzun olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 4.20'deki aktif sürelerinin karşılaştırılmasında ise, DKP'nin 582.89 s, SKP'nin ise 447.22 s değerleriyle önemli bir farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu fark; yapısal tasarım farklılıklarından, ağırlık dağılımından ve direncin artması gibi parametrelerin süre farkı üzerinde belirleyici rol oynadığı değerlendirilmektedir.

Tarla etkinliği, gerçek çalışma süresinin toplam süreye oranlanmasıyla elde edilen ve tarımsal işlemlerin zaman açısından ne ölçüde verimli gerçekleştirildiğini gösteren önemli bir performans göstergesidir. Çizelge 4.20'de sunulan verilere göre, sabit kulaklı pullukla yapılan işlemlerde tarla etkinliği %75 olarak hesaplanmıştır. Öte yandan, döner kulaklı pullukla gerçekleştirilen sürüm işlemlerinde tarla etkinliği %80 olarak belirlenmiştir. Bu sonuç, döner kulaklı pulluğun zamanın daha büyük bir bölümünü aktif işlemlere ayırabildiğini ve dolayısıyla daha etkin bir kullanım sunduğunu ortaya koymaktadır. Tarla etkinliğinin yüksek olması, hem yakıt tüketimini azaltmakta hem de işgücü ve zaman kaynaklarının daha rasyonel kullanımını mümkün kılmaktadır.

4.3. Toprak işleme parametreleri ve makina iş başarısı

Toprak işleme makinaları ile çalışmada en önemli teknik parametreler toprak bünyesi/sınıfı, penetrasyon direnci, nem içeriği, makina iş genişliği, çalışma hızı, çeki kuvveti, patinaj ve yakıt tüketimi değişkenleridir. Bu çalışmada, toprak işleme sırasında elde edilen çeşitli teknik parametreler ile makina iş başarısı değerleri, Çizelge 4.21'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.21. Toprak işleme parametreleri ve makina iş başarısı değerleri

Pulluk tipi	SKP	DKP
Toprak bünyesi/sınıfı	Killi Tın	
Penetrasyon direnci (MPa)	1.66	
Nem içeriği (%)	21.78	
Makina iş genişliği (m)	1.50	
Çalışma hızı (km/h)	5.04	
Çeki kuvveti (kN)	9.63	15.82
Patinaj (%)	18.33	19.34
Yakıt tüketimi (L/h)	18.74	22.06
Tarla etkinliği (%)	75.0	80.0
Efektif alan kapasitesi (da/h)	5.68	6.06

Araştırma sürecinde, sabit ve döner kulaklı pulluklarla gerçekleştirilen toprak işleme uygulamaları sırasında ölçülen bazı teknik parametreler aynı değerlerde kaydedilmiştir. Çalışma hızı, toprak nem içeriği ve penetrasyon direnci gibi temel teknik göstergeler, sabit ve döner kulaklı pulluklar için aynı düzeyde ölçülmüştür. Elde edilen verilere göre, çalışma hızı ortalama 5.04 km/h, toprak nem içeriği %21.78 ve penetrasyon direnci 1.66 MPa olarak belirlenmiştir.

Yapılan ölçümler sonucunda, sabit ve döner kulaklı pulluklarla gerçekleştirilen sürüm işlemlerinde birim zamanda işlenen alan miktarları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Kulaklı pulluklarla yapılan toprak işleme uygulamalarındaki makina iş başarısı/effektif alan kapasitesi sabit kulaklı pulluklarda 5.68 da/h, döner kulaklı pulluklarda ise 6.06 da/h olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu veriler, döner kulaklı pulluğun sabit kulaklı pulluğa kıyasla birim zamanda daha fazla alanı işleyebilme kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum DKP'nin tarla etkinliğinin SKP'den daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

4.4. Makina iş başarısı excel modeli

Bu çalışma kapsamında sabit ve döner kulaklı pulluklar için bir iş başarısı/effektif alan kapasitesi (AK_e) excel modeli geliştirilmiştir. İş başarısı excel modeli, MS Excel tablolama programında hazırlanmıştır. Excel modelinde makina iş genişliği (MIG -m), çalışma hızı (V_1 -km/h), arazi eni (A_rE_n -m) ve arazi boyu (A_rB_o -m) değişkenleri girilerek farklı uygulamalar için tarla etkinliği (e - ond.) ve iş başarısı (AK_e -da/h) değerleri elde edilmektedir. Tarla etkinliği değeri; çalışma sırasındaki aktif, pasif ve toplam süre esasına dayalı olarak hesaplanmaktadır. Excel modelinde kullanılan deneme deseni, hesaplama eşitlikleri, model varsayımları, model arayüzü ve model çıktıları aşağıda verilmiştir.

4.4.1. Excel modeli deneme deseni

Sabit ve döner kulaklı pulluklarla yapılan arazi sürümlerinde, makina iş başarısı excel modeli için oluşturulan deneme deseni Çizelge 4.22'de verilmiştir. Deneme deseninde, toprak işleme faaliyetlerinin performansını etkileyen temel tarımsal mekanizasyon parametreleri dikkate alınmıştır. Makina iş başarısı excel modelindeki bu parametreler; makina iş genişliği (m), makinanın çalışma hızı (km/saat), arazi eni (m) ve arazi boyu (m) değişkenleridir.

Çizelge 4.22. Excel modeli deneme deseni

Makina iş genişliği (m)	0.9	1.2	1.5	1.8
Makina çalışma hızı (km/h)	4.0	5.0	6.0	7.0
Arazi eni (m)	30	60	90	120
Arazi boyu (m)	200	400	600	800

4.4.2. Excel modeli eşitlikleri

Makina iş başarısı excel modeli için kullanılan eşitlikler Çizelge 4.23'de ve bu eşitliklere ait tanımlamalar ise Çizelge 4.24'de verilmiştir.

Çizelge 4.23. Excel modelinde kullanılan eşitlikler

1. Aktif Süreler ($A_k S_{\bar{u}}$) $A_k S_{\bar{u}} = T_o P_a B_o \dot{I}_s S_{\bar{u}} + T_o Y_a B_o \dot{I}_s S_{\bar{u}}$ 1.1. Toplam Parsel Boyu İşleme Süresi ($T_o P_a B_o \dot{I}_s S_{\bar{u}}$)-SKP, DKP $T_o P_a B_o \dot{I}_s S_{\bar{u}} = T_o P_a S_t S_a \times B_r P_a S_t \dot{I}_s S_{\bar{u}} \times P_a B_o$ $T_o P_a S_t S_a = \left(\frac{P_a G_e}{MIG} \right) \times P_a S_a$ $P_a G_e = 3.3333 \times M\dot{I}G + 4$ $P_a S_a (SKP) = \frac{A_r E_n}{P_a G_e}$ $P_a S_a (DKP) = \frac{A_r E_n}{A_r E_n}$ $B_r P_a S_t \dot{I}_s S_{\bar{u}} = \frac{1}{V_1}$ $P_a B_o = A_r B_o - (Y_a G_e \times 2)$ 1.2. Toplam Yastık Boyu İşleme Süresi ($T_o Y_a B_o \dot{I}_s S_{\bar{u}}$)-SKP, DKP $T_o Y_a B_o \dot{I}_s S_{\bar{u}} = Y_a B_o \dot{I}_s S_{\bar{u}} \times Y_a S_a$ $Y_a B_o \dot{I}_s S_{\bar{u}} = T_o Y_a S_t S_a \times B_r Y_a S_t \dot{I}_s S_{\bar{u}} \times Y_a B_o$ $T_o Y_a S_t S_a = \frac{Y_a G_e}{MIG}$ $B_r Y_a S_t \dot{I}_s S_{\bar{u}} = \frac{1}{V_2}$ $V_2 = V_1 \times 0.80$ $Y_a B_o = A_r E_n$ $Y_a S_a = 2 \text{ adet}$ 2. Pasif Süreler ($P_a S_{\bar{u}}$) $P_a S_{\bar{u}} = T_o M_a B_a S_{\bar{u}} + T_o M_a A_y S_{\bar{u}} + T_o P_a B_a D_o S_{\bar{u}} + T_o P_a O_r \dot{I}_s S_{\bar{u}} + T_o P_a K_e \dot{I}_s S_{\bar{u}} + T_o M_a K_o T_e S_{\bar{u}} + T_o Y_a B_o G_e G_e S_{\bar{u}} + T_o Y_a B_a D_o S_{\bar{u}} + T_o M_a S_o S_{\bar{u}}$ 2.1. Toplam Makina Bağlama Süresi ($T_o M_a B_a S_{\bar{u}}$)-SKP, DKP Arazi denemelerinde kullanılan SKP ve DKP'nin, traktöre toplam bağlanma süreleri dikkate alınmıştır. 2.2. Toplam Makina Ayarlama Süresi ($T_o M_a A_y S_{\bar{u}}$)-SKP, DKP Arazi denemelerinde kullanılan SKP ve DKP'nin, toplam ayarlama süreleri dikkate alınmıştır. 2.3. Toplam Parsel Başı Dönme Süresi ($T_o P_a B_a D_o S_{\bar{u}}$)-SKP $T_o P_a B_a D_o S_{\bar{u}} = P_a B_a D_o S_{\bar{u}} \times P_a B_a D_o S_a$ $P_a B_a D_o S_{\bar{u}} = B_r P_a B_a D_o S_{\bar{u}} \times Y_a B_o$ $B_r P_a B_a D_o S_{\bar{u}} = \frac{1}{V_2}$ $V_2 = V_1 \times 0.80$ $Y_a B_o = A_r E_n$ $P_a B_a D_o S_a = \left(\frac{Y_a B_o}{MIG} \right) - 1$ 2.4. Toplam Parsel Başı Dönme Süresi ($T_o P_a B_a D_o S_{\bar{u}}$)-DKP $T_o P_a B_a D_o S_{\bar{u}} = P_a B_a D_o S_{\bar{u}} \times P_a B_a D_o S_a$ $P_a B_a D_o S_a = \left(\frac{Y_a B_o}{MIG} \right) - 1$	2.5. Toplam Parsel Ortası İşleme Süresi ($T_o P_a O_r \dot{I}_s S_{\bar{u}}$)-SKP $T_o P_a O_r \dot{I}_s S_{\bar{u}} = P_a O_r \dot{I}_s S_{\bar{u}} \times P_a S_a$ $P_a O_r \dot{I}_s S_{\bar{u}} = B_r P_a S_t \dot{I}_s S_{\bar{u}} \times P_a B_o$ $B_r P_a S_t \dot{I}_s S_{\bar{u}} = \frac{1}{V_1}$ $P_a B_o = A_r B_o - (Y_a G_e \times 2)$ $P_a S_a = \frac{A_r E_n}{P_a G_e}$ 2.6. Toplam Parsel Kenarı İşleme Süresi ($T_o P_a K_e \dot{I}_s S_{\bar{u}}$)-DKP $T_o P_a K_e \dot{I}_s S_{\bar{u}} = P_a K_e \dot{I}_s S_{\bar{u}} \times P_a S_a$ $P_a K_e \dot{I}_s S_{\bar{u}} = B_r P_a S_t \dot{I}_s S_{\bar{u}} \times P_a B_o$ $B_r P_a S_t \dot{I}_s S_{\bar{u}} = \frac{1}{V_1}$ $P_a B_o = A_r B_o - (Y_a G_e \times 2)$ $P_a S_a = \frac{A_r E_n}{A_r E_n}$ 2.7. Toplam Makina-Kontrol/Temizleme Süresi ($T_o M_a K_o T_e S_{\bar{u}}$)-SKP, DKP Arazi denemelerinde kullanılan SKP ve DKP'nin, toplam kontrol temizleme süreleri dikkate alınmıştır. 2.8. Toplam Yastık Boyu Geri Geliş Süresi ($T_o Y_a B_o G_e G_e S_{\bar{u}}$)-SKP $T_o Y_a B_o G_e G_e S_{\bar{u}} = Y_a B_o G_e G_e S_{\bar{u}} \times Y_a B_o G_e G_e S_a \times Y_a S_a$ $Y_a B_o G_e G_e S_{\bar{u}} = B_r Y_a B_o G_e G_e S_{\bar{u}} \times Y_a B_o$ $B_r Y_a B_o G_e G_e S_{\bar{u}} = \frac{1}{V_2}$ $V_2 = V_1 \times 0.80$ $Y_a B_o = A_r E_n$ $Y_a B_o G_e G_e S_a = \left(\frac{Y_a G_e}{MIG} \right) - 1$ $Y_a S_a = 2 \text{ adet}$ 2.9. Toplam Yastık Başı Dönüş Süresi ($T_o Y_a B_a D_o S_{\bar{u}}$)-DKP $T_o Y_a B_a D_o S_{\bar{u}} = B_r Y_a B_a D_o S_{\bar{u}} \times Y_a B_a D_o S_a \times Y_a S_a$ $B_r Y_a B_a D_o S_{\bar{u}} = 5 s$ $Y_a B_a D_o S_a = \left(\frac{Y_a G_e}{MIG} \right) - 1$ $Y_a S_a = 2 \text{ adet}$ 2.10. Toplam Makina Sökme Süresi ($T_o M_a S_o S_{\bar{u}}$)-SKP, DKP Arazi denemelerinde kullanılan SKP ve DKP'nin, traktörden toplam sökme süreleri dikkate alınmıştır.
---	---

Çizelge 4.24. Excel modeli eşitliklerine ait tanımlamalar

$A_k S_{ii}$	: Aktif Süreler (s)
$T_o P_a B_o I_{\dot{S}} S_{ii}$	: Toplam Parsel Boyu İşleme Süresi (s)
$T_o P_a S_i S_a$	: Toplam Parsel Sıra Sayısı (adet)
$B_r P_a S_i I_{\dot{S}} S_{ii}$	: Birim Parsel Sıra İşleme Süresi (s)
$P_a B_o$	: Parsel boyu (m)
$P_a G_e$	: Parsel Genişliği (m)
$M I \dot{G}$	: Makina İş Genişliği (m)
$P_a S_a$	: Parsel Sayısı (adet)
$A_r E_n$	: Arazi Eni (m)
V_1	: Parselde Traktörün Çalışma Hızı (km/h)
$A_r B_o$	: Arazi Boyu (m)
$Y_a G_e$	: Yastık Genişliği (m)
$T_o Y_a B_o I_{\dot{S}} S_{ii}$	: Toplam Yastık Boyu İşleme Süresi (s)
$Y_a B_o I_{\dot{S}} S_{ii}$	: Yastık Boyu İşleme Süresi (s)
$Y_a S_a$	: Yastık Sayısı (adet)
$T_o Y_a S_i S_a$	: Toplam Yastık Sıra Sayısı (adet)
$B_r Y_a S_i I_{\dot{S}} S_{ii}$	: Birim Yastık Sıra İşleme Süresi (s)
$Y_a B_o$	: Yastık Boyu (m)
V_2	: Parsel Başında Traktörün Çalışma Hızı (km/h)
$P_a S_{ii}$	: Pasif Süreler (s)
$T_o M_a B_a S_{ii}$	: Toplam Makina Bağlama Süresi (s)
$T_o M_a A_y S_{ii}$	: Toplam Makina Ayarlama Süresi (s)
$T_o P_a B_a D_{\ddot{o}} S_{ii}$	: Toplam Parsel Başı Dönüş Süresi (s)
$P_a B_a D_{\ddot{o}} S_{ii}$	: Parsel Başı Dönüş Süresi (s)
$P_a B_a D_{\ddot{o}} S_a$	: Parsel Başı Dönüş Sayısı (adet)
$B_r P_a B_a D_{\ddot{o}} S_{ii}$	: Birim Parsel Başı Dönüş Süresi (adet)
$T_o P_a O_r I_{\dot{S}} S_{ii}$	: Toplam Parsel Ortası İşleme Süresi (s)
$P_a O_r I_{\dot{S}} S_{ii}$	: Parsel Başı Dönüş Süresi (s)
$T_o P_a K_e I_{\dot{S}} S_{ii}$	: Toplam Parsel Kenarı İşleme Süresi (s)
$T_o M_a K_o T_e S_{ii}$	: Toplam Makina Kontrol/Temizleme Süresi (s)
$T_o Y_a B_o G_r G_e S_{ii}$	: Toplam Yastık Boyu Geri Geliş Süresi (s)
$Y_a B_o G_e G_e S_{ii}$	: Yastık Boyu Geri Geliş Süresi (s)
$Y_a B_o G_e G_e S_a$	: Yastık Boyu Geri Geliş Sayısı (adet)
$B_r Y_a B_o G_e G_e S$	: Yastık Boyu Geri Geliş Süresi (s)
$T_o Y_a B_a D_{\ddot{o}} S_{ii}$	: Toplam Yastık Başı Dönüş Süresi (s)
$B_r Y_a B_a D_{\ddot{o}} S_{ii}$	: Birim Yastık Başı Dönüş Süresi (s/m)
$Y_a B_a D_{\ddot{o}} S_a$	: Yastık Başı Dönüş Sayısı (adet)
$T_o M_a S_{\ddot{o}} S_{ii}$	: Toplam Makina sökme süresi (s)

4.4.3. Excel modeli varsayımları

Makina iş başarısı excel modelinin geliştirilmesi sürecinde, sisteme etkili değişkenlerin çok fazla olması nedeniyle, hesaplamaların tutarlılığını sağlamak için bazı varsayımlarda bulunulmuştur. Bu varsayımlar, Çizelge 4.25’de verilmiştir.



Çizelge 4.25. Excel modeli varsayımları

1. Traktör tipi 4 çekerdir.
2. Traktör motor gücü, farklı toprak işleme uygulamaları için yeterli büyüklükte seçilmiştir.
3. Toprak bünyesi killi-tın (orta ağır)'dır.
4. Toprak nemi %15-20'dir.
5. Pulluk tipi sabit kulaklı (SKP) ve döner kulaklı (DPK)'dir.
6. SKP ve DPK'nin teknik ölçüleri aynıdır.
7. Makina boyutu tanımlamasında iş genişliği dikkate alınmıştır.
8. Pulluklarda her bir gövde iş genişliği 12 inç (0.3 m)'dir.
9. Makina boyutları 0.9-1.2-1.5-1.8 m olarak alınmıştır.
10. Çalışma hızları 4-5-6-7 km/h olarak alınmıştır.
11. Parsel genişlikleri 30-60-90-120 m olarak alınmıştır.
12. Parsel boyları 200-400-600-800 m olarak alınmıştır.
13. Arazi geometrisi dikdörtgendir.
14. Yastık genişliği, makina iş genişliği 0.9 m için 7.0 m olarak dikkate alınmıştır. Daha sonra bu değer, her 0.3 m genişlik (1 gövde) artışı için 1.0 m artırılmıştır.
15. SKP'de parsel başı dönüşler, parsel genişliği boyunca düz gidiş şeklindedir.
16. DPK'de parsel başı dönüşler, her sıra için dairesel hareket şeklindedir.
17. SKP ile çok parselli sürümelerde, her bir parsel genişliği 30 m olarak dikkate alınmıştır.
18. SKP ile sürümde parsel ortası işlenmemiş alan, her parsel için 1 adet olarak dikkate alınmıştır.
19. DPK ile sürümde arazi, tek parsel olarak dikkate alınmıştır.
20. DPK ile sürümde parsel ortası işlenmemiş alan yoktur. Her bir arazi için 1 adet parsel kenarı işleme alanı dikkate alınmıştır.
21. SKP'de yastık alanı sürümü, her sıra için sürerek gidiş ve sürmeden/boşta geri geliş şeklindedir.
22. DPK'de yastık alanı sürümü, her sıra için sürerek gidiş ve yastık başı dönüşü ile sürerek geliş şeklindedir.
23. Parsel başları sürümündeki çalışma hızı değeri, parsel boyu sürüm hızının %80'i olarak alınmıştır.
24. Büyük boyutlu arazilerde, 4.0 saati aşan sürümelerde, sürücü değişimi ile işlem tamamlanmıştır.

4.4.4. Excel modeli arayüzü

Sabit ve döner kulaklı pulluklarla yapılan arazi sürümlemlerinde, makina iş başarısı için geliştirilen excel modeli arayüzü Şekil 4.1’de verilmiştir. Makina iş başarısı hesaplama ara yüzünde, excel modeli verileri olarak makina iş genişliği (MİG-m), makina çalışma hızı (V_1 - km/h), arazi eni (A_{rEn} -m) ve arazi boyu (A_{rBo} -m) değerleri girilmektedir. Bu değerlere göre; makina iş başarısı (AK_e) değişkenleri olan aktif süreler, pasif süreler, toplam süre ve tarla etkinliği değerleri hesaplanmakta ve sonuç olarak, farklı uygulama koşulları için makina iş başarısı (AK_e) değerleri elde edilmektedir.

Excel model verileri		Pulluk tipi	SKP	DKP
Arazi eni (A_{rEn} -m)	30	Arazi eni (m)	30.00	30.00
Arazi boyu (A_{rBo} -m)	200	Arazi boyu (m)	200.00	200.00
Makina iş genişliği (MİG-m)	1.2	İşleme alanı (da)	6.00	6.00
Çalışma hızı (V_1 -km/h)	5.0	Parsel sayısı (adet)	1.00	1.00
		Yastık genişliği (m)	8.00	8.00
		Makina iş genişliği (m)	1.20	1.20
		Makina çalışma hızı (km/h)	5.00	5.00
		Aktif süre (s)	3,672.00	6,984.00
		Pasif süre (s)	2,566.48	2,359.15
		Toplam süre (s)	6,238.48	9,343.15
		Tarla etkinliği (ond.)	0.59	0.75
		İş başarısı- AK_e (da/h)	3.53	4.48

Şekil 4.1. Örnek excel modeli arayüzü

4.4.5. Excel modeli çıktıları

Makina iş başarısı excel modelinde; makina iş genişliği, çalışma hızı, arazi eni ve arazi boyu değerleri girilerek, farklı uygulamalar için elde edilen tüm tarla etkinliği ve iş başarısı (AK_e) değerleri EK-1’de, bu değerlerin grafiklerinden oluşan regresyon eşitlikleri ($y=ax+b$) ve belirleme katsayısı (R^2) değerleri ise EK-2’de verilmiştir. Bu çıktıları göre makina iş genişliği, çalışma hızı, arazi eni ve arazi boyu değişkenlerinin; tarla etkinliği ve makina iş başarısı üzerine etkileri ayrı ayrı incelenmiştir. Bu etkiler incelenirken anılan 4 değişkenden 3 adedi, örnek bir değerle sabit tutulmuş, kalan diğer değişkenin ise tüm değerleri dikkate alınmıştır. Değişkenlerin sabit değerleri; makina iş genişliğinde 1.5 m, çalışma hızında 5.0 km/h, arazi eninde 30 m ve arazi boyunda 200 m olarak seçilmiştir.

4.4.5.1. Makina iş genişliğinin tarla etkinliği ve iş başarısına etkisi

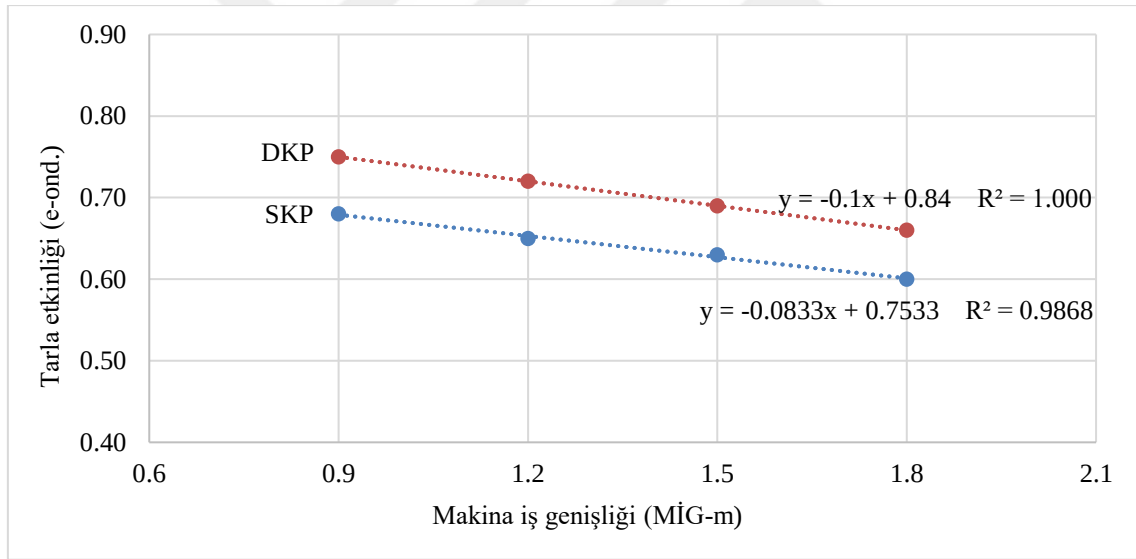
Tarım makinalarının mühendislik tasarımında dikkate alınan en önemli parametrelerden biri makina iş genişliğidir. Makina iş genişliği hem makinanın teorik kapasitesini hem de gerçek arazi uygulamalarındaki etkinliğini doğrudan etkilemektedir. Bu özelliğin artırılması, birim zamanda daha fazla alanın işlenmesini mümkün kılmakta; böylece tarımsal faaliyetlerde zaman yönetimi, yakıt verimliliği ve iş gücü tasarrufu gibi kritik üretim faktörleri üzerinde olumlu etkiler yaratmaktadır. Makina iş genişliğine göre,

tarla etkinliği ve iş başarısı değerleri Çizelge 4.26'da, tarla etkinliğinin değişimi Şekil 4.2'de, iş başarısının değişimi ise Şekil 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.26. Makina iş genişliğine göre, tarla etkinliği ve iş başarısı değerleri

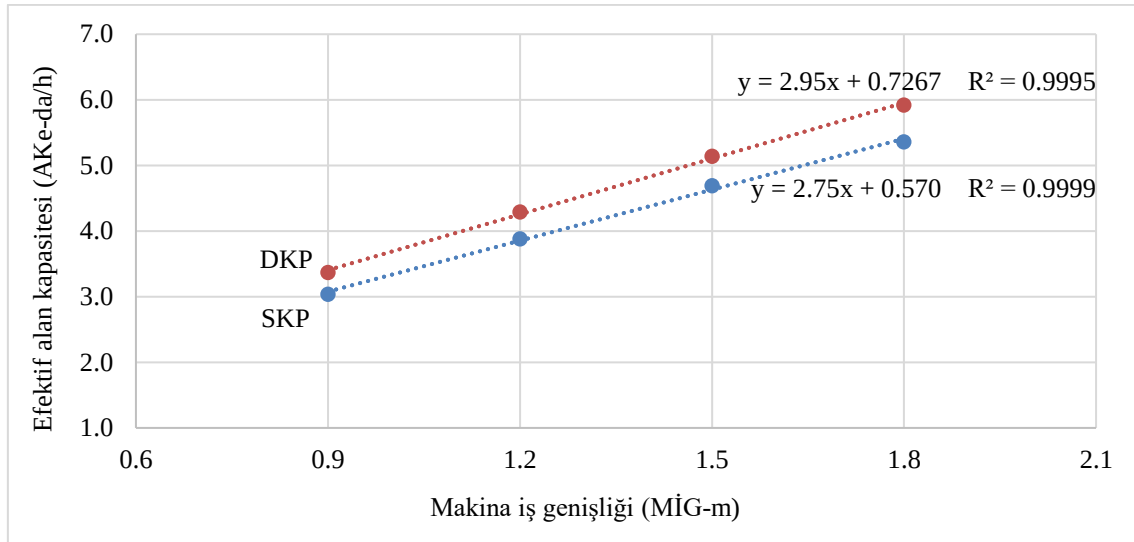
MİG (m)	V ₁ (km/h)	En (m)	Boy (m)	SKP		DKP	
				e (ond.)	AK _e (da/h)	e (ond.)	AK _e (da/h)
0.9	5.0	30	200	0.68	3.04	0.75	3.37
1.2	5.0	30	200	0.65	3.88	0.72	4.29
1.5	5.0	30	200	0.63	4.69	0.69	5.14
1.8	5.0	30	200	0.60	5.36	0.66	5.92
Ortalama				0.64	4.24	0.71	4.68

Çizelge 4.26'da görüldüğü gibi, 5.0 km/h çalışma hızı ve 30x200 boyutlarındaki bir alanda kulaklı pulluklarla sürüm yapılırken, makina iş genişliğine bağlı olarak tarla etkinliği değerleri SKP'de 0.60-0.68, DKP'de 0.66-0.75 arasında, iş başarısı değerleri ise SKP'de 3.04-5.36 da/h, DKP'de 3.37-5.92 da/h arasında değişmektedir. Ortalama değerlere göre de, hem tarla etkinliğinde hem de iş başarısında SKP'ye kıyasla DKP daha büyük değerlere sahiptir.



Şekil 4.2. Makina iş genişliğine göre tarla etkinliği değerlerinin değişimi

Şekil 4.2'de, farklı makina iş genişliklerinin tarla etkinliği üzerindeki etkisi incelenmiştir. Elde edilen bulgular, her iki kulaklı pulluk tipinde de iş genişliğinin artmasıyla birlikte tarla etkinliğinde doğrusal bir azalma eğilimi olduğu görülmektedir. Bu durum, özellikle daha geniş iş genişliğine sahip makinalarda manevra kabiliyetinin azalması, dönüş sürelerinin uzaması ve tarlada oluşabilecek örtme veya boşluk gibi işlemlerde kayıpların artmasına bağlı olarak tarla etkinliğinin olumsuz yönde etkilendiğini göstermektedir.



Şekil 4.3. Makina iş genişliğine göre iş başarısı değerlerinin değişimi

Şekil 4.3’de makina iş genişliğinin iş başarısı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Her iki kulaklı pulluk tipinde de makina iş genişliği arttıkça iş başarısının belirgin şekilde doğrusal olarak yükseldiği gözlemlenmiştir. DKP’de artış eğilimi, SKP’ye kıyasla daha yüksek olup, bu farkın makinaların yapısal farklılıklardan kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Elde edilen sonuçlar, geniş iş genişliğine sahip makinaların birim zamanda daha fazla alanı işleyerek toplam iş başarısını artırdığını göstermektedir.

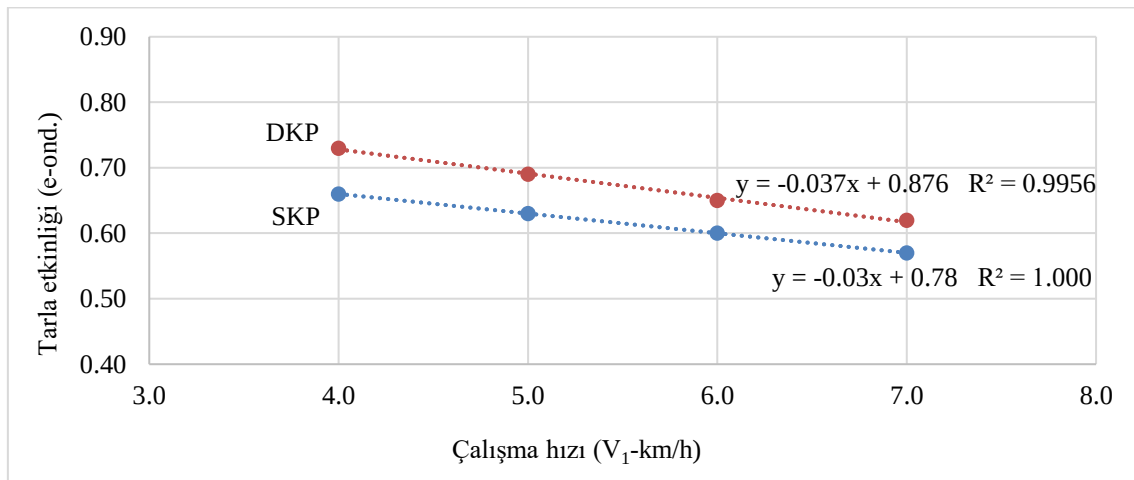
4.4.5.2. Makina çalışma hızının tarla etkinliği ve iş başarısına etkisi

Tarım makinaları ile çalışmada, makina iş başarısını etkileyen en önemli parametrelerden biri de çalışma hızıdır. Çalışma hızının artırılması, teorik olarak birim zamanda daha fazla alanın işlenmesini sağlayarak iş başarısı üzerinde pozitif bir etki oluşturmaktadır. Makina çalışma hızına göre, tarla etkinliği ve iş başarısı değerleri Çizelge 4.27’de, tarla etkinliğinin değişimi Şekil 4.4’de, iş başarısının değişimi ise Şekil 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Çalışma hızına göre, tarla etkinliği ve iş başarısı değerleri

MİG (m)	V ₁ (km/h)	En (m)	Boy (m)	SKP		DKP	
				e (ond.)	A _{ke} (da/h)	e (ond.)	A _{ke} (da/h)
1.5	4	30	200	0.66	3.94	0.73	4.36
1.5	5	30	200	0.63	4.69	0.69	5.14
1.5	6	30	200	0.60	5.37	0.65	5.84
1.5	7	30	200	0.57	6.00	0.62	6.46
Ortalama				0.62	5.00	0.67	5.45

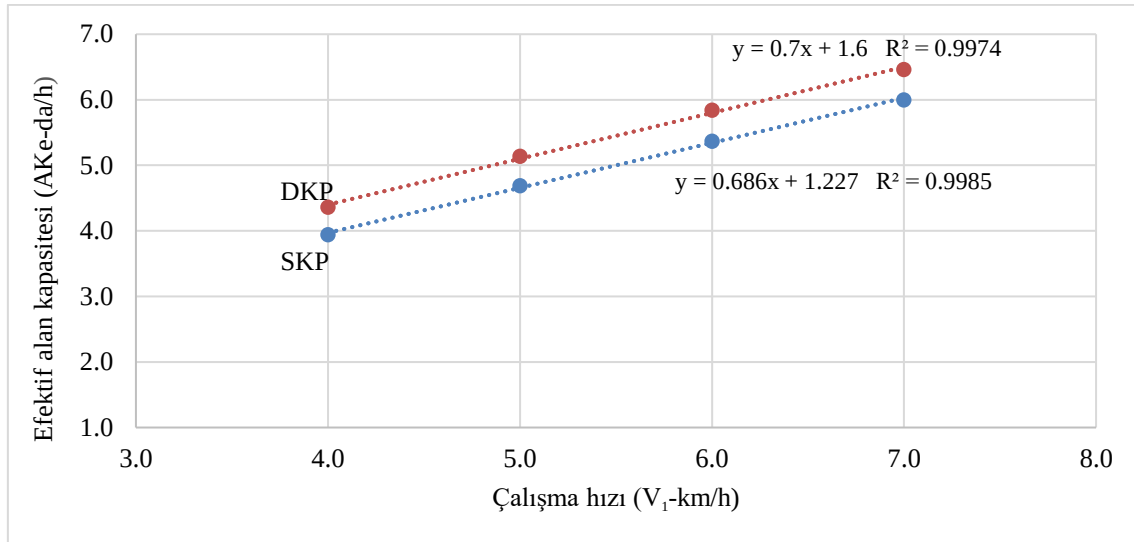
Çizelge 4.27 incelendiğinde, 1.5 m makina iş genişliğine ve 30x200 boyutlarındaki bir deneme alanına sahip uygulamalarda, kulaklı pulluklar kullanılarak gerçekleştirilen sürümlerde, farklı makina çalışma hızlarına bağlı olarak tarla etkinliği ve efektif tarla kapasitesi değerlerinin değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Bu kapsamda, SKP ile yapılan sürüm işlemlerinde tarla etkinliği değerleri 0.57-0.66 arasında değişmekte olup, aynı koşullarda DKP ile gerçekleştirilen uygulamalarda bu değerlerin 0.62-0.73 arasında olduğu gözlemlenmiştir. Tarla etkinliğine benzer şekilde, efektif tarla kapasitesi açısından da DKP, SKP'ye kıyasla daha yüksek performans sergilemiştir. Nitekim efektif alan kapasitesi SKP uygulamalarında 3.94-6.00 da/h aralığında değişirken, DKP uygulamalarında bu kapasite 4.36-6.46 da/h arasında ölçülmüştür. Yapılan hesaplamalara göre elde edilen ortalama değerlere bakıldığında, DKP'nin hem tarla etkinliği hem de iş başarısı bakımından SKP'ye göre daha üstün performans sergilediğini ortaya koymaktadır.



Şekil 4.4. Çalışma hızına göre tarla etkinliği değerlerinin değişimi

Şekil 4.4'de, farklı makina çalışma hızlarının tarla etkinliği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgular, hem SKP hem de DKP ile gerçekleştirilen sürümlerde, makina çalışma hızındaki artışın tarla etkinliği üzerinde olumsuz yönde bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle her iki pulluk tipinde de çalışma hızları arttıkça tarla etkinliği değerlerinde doğrusal bir azalma eğilimi gözlemlenmiştir.

Bu azalma, yüksek hızlarda yapılan sürümler sırasında dönüş sürelerinin ve atlama (boşluk) bırakılması gibi işleme verimini düşüren faktörlerin daha sık meydana gelmesi ile ilişkilendirilebilir. Yüksek hızlarda manevra zorlukları ve tarım makinasının dengesindeki azalma, makinelerin etkili bir şekilde yönlendirilmesini zorlaştırmakta ve bu durum, toplam iş süresi içindeki etkili çalışma süresinin azalmasına neden olmaktadır. Bu bağlamda, her ne kadar çalışma hızının artırılması teorik olarak işlem süresini kısaltma potansiyeli taşısa da, tarla etkinliği açısından bu artışın belirli bir noktadan sonra verimlilik kayıplarına yol açabileceği anlaşılmaktadır. Dolayısıyla, mekanizasyon uygulamalarında en uygun makina hızının, sadece teorik kapasiteye değil, aynı zamanda tarla etkinliğini en üst düzeyde tutacak şekilde belirlenmesi büyük önem taşımaktadır.



Şekil 4.5. Çalışma hızına göre iş başarısı değerlerinin değişimi

Şekil 4.5’de, farklı makina çalışma hızlarının efektif alan kapasitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen bulgular, hem sabit kulaklı pulluk (SKP) hem de döner kulaklı pulluk (DKP) kullanılarak yapılan sürümlerde, makina hızının artmasıyla birlikte efektif alan kapasitesinde belirgin ve doğrusal bir artış eğiliminin ortaya çıktığını göstermektedir. Bu artış, makinanın birim zamanda işleyebildiği alan miktarının doğrudan makina hızıyla ilişkili olduğunu ve hız arttıkça teorik iş kapasitesinin daha yüksek değerlere ulaştığını ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, DKP ile yapılan işlemlerde gözlemlenen artış eğiliminin, SKP’ye kıyasla daha yüksek bir düzeyde gerçekleştiği dikkat çekmektedir. Bu farkın, iki makina tipi arasındaki yapısal farklılıklardan kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

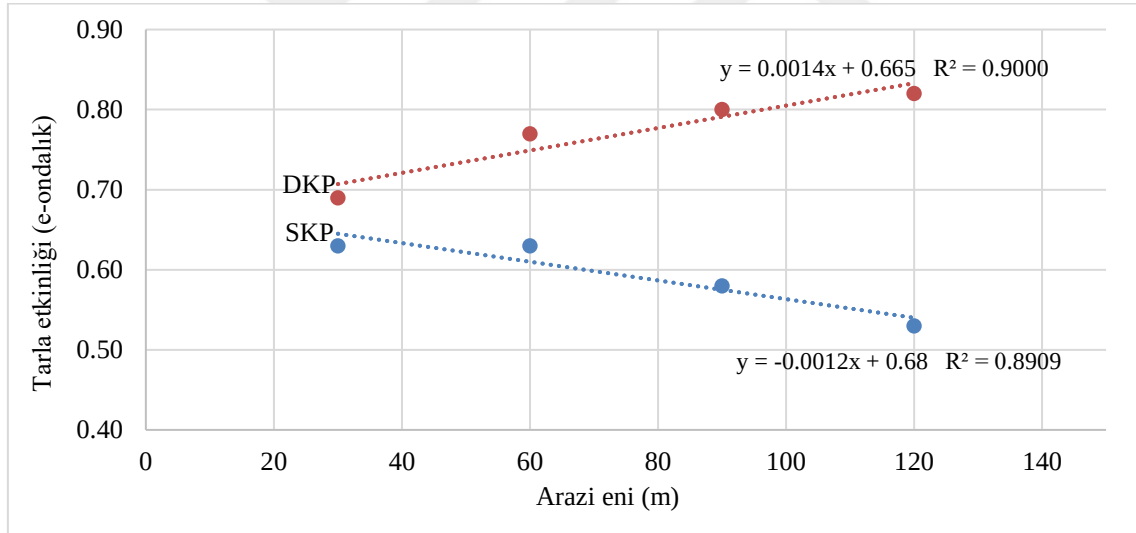
4.4.5.3. Arazi eninin tarla etkinliği ve iş başarısına etkisi

Kulaklı pulluklarla gerçekleştirilen toprak işleme faaliyetlerinde, arazi şekli ve özellikle arazi eni, iş başarısı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Arazi eninin büyüklüğü, makinanın her geçişte kat ettiği mesafeyi ve dönüş sıklığını doğrudan etkileyen bir parametre olup, hem tarla etkinliği hem de efektif alan kapasitesi üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Arazi enine göre, tarla etkinliği ve efektif alan kapasitesi değerleri Çizelge 4.28’de, tarla etkinliğinin değişimi Şekil 4.6’da, efektif alan kapasitesinin değişimi ise Şekil 4.7’de verilmiştir.

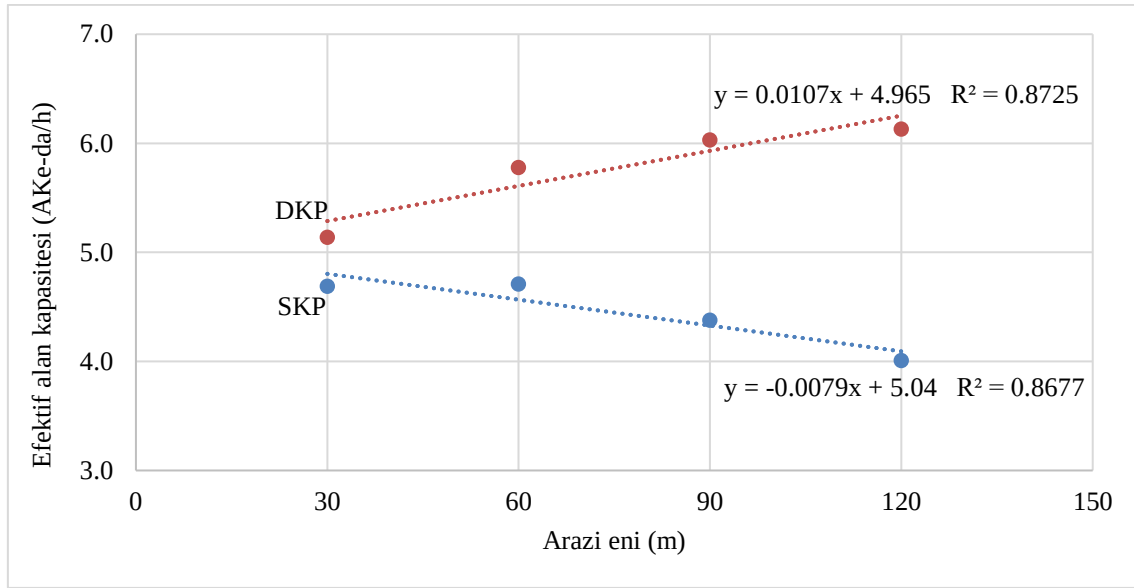
Çizelge 4.28. Arazi enine göre, tarla etkinliği ve iş başarısı değerleri

MİG (m)	V ₁ (km/h)	En (m)	Boy (m)	SKP		DKP	
				e (ond.)	A _{ke} (da/h)	e (ond.)	A _{ke} (da/h)
1.5	5.0	30	200	0.63	4.69	0.69	5.14
1.5	5.0	60	200	0.63	4.71	0.77	5.78
1.5	5.0	90	200	0.58	4.38	0.80	6.03
1.5	5.0	120	200	0.53	4.01	0.82	6.13
Ortalama				0.59	4.45	0.77	5.77

Çizelge 4.28’de sunulan verilere göre, 5.0 km/h makina çalışma hızı ve 1.5 m makina iş genişliği ile gerçekleştirilen sürümlerde, farklı arazi enlerine bağlı olarak elde edilen tarla etkinliği ve efektif alan kapasitesi değerleri karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda, SKP ile yapılan sürümlerde tarla etkinliği değerleri 0.53-0.63 arasında değişirken, DKP ile bu değerlerin 0.69-0.82 aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Aynı şekilde, efektif alan kapasitesi bakımından SKP için değerler 4.01-4.69 da/h, DKP için ise 5.14-6.13 da/h arasında değişmektedir. Elde edilen bu bulgular, hem tarla etkinliği hem de efektif alan kapasitesi bakımından DKP’nin, SKP’ye kıyasla daha yüksek performans sergilediğini açıkça ortaya koymaktadır. Bu farklılığın, DKP’nin daha iyi manevra kabiliyeti ve dönüşlerde zaman kaybını en aza indiren yapısal özelliklerinden kaynaklanmaktadır.

**Şekil 4.6.** Arazi enine göre tarla etkinliği değerlerinin değişimi

Şekil 4.6’da farklı arazi enlerinin tarla etkinliği üzerindeki etkisi ayrıntılı biçimde analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, SKP ve DKP ile gerçekleştirilen toprak işleme uygulamalarında, arazi eninin her iki pulluk tipi üzerinde farklı yönlerde etkiler yarattığını açıkça ortaya koymaktadır. Arazi eninin değişimine bağlı olarak SKP ile yapılan sürümlerde tarla etkinliğinde doğrusal bir azalma eğilimi gözlemlenirken, DKP ile gerçekleştirilen işlemlerde ise doğrusal bir artış eğilimi tespit edilmiştir.



Şekil 4.7. Arazi enine göre iş başarısı değerlerinin değişimi

Şekil 4.7’de, farklı arazi enlerinin efektif alan kapasitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen bulgular, incelenen her iki tip kulaklı pullukta da arazi eni değişiminin efektif alan kapasitesi üzerinde anlamlı farklılıklara yol açtığını ortaya koymaktadır. SKP’de arazi eninin artmasına paralel olarak efektif alan kapasitesinde belirgin bir azalma eğilimi gözlemlenmiştir. Bu bulgular SKP ile çalışmada arazi eni uzunluğunun uygun şekilde seçiminin performans açısından kritik bir öneme sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Diğer yandan, DKP ile yapılan sürümlerde, arazi enindeki artışın efektif alan kapasitesi üzerinde pozitif ve doğrusal bir artış sağladığı tespit edilmiştir. Bu artışın, DKP’nin daha esnek çalışma yapısına ve daha verimli dönüş kabiliyetine sahip olmasıyla ilişkili olduğu değerlendirilmektedir. Arazi eninin efektif alan kapasitesine olan etkisi, kullanılan pulluk tipine bağlı olarak farklılık göstermekte ve mekanizasyon planlamasında bu değişkenin dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

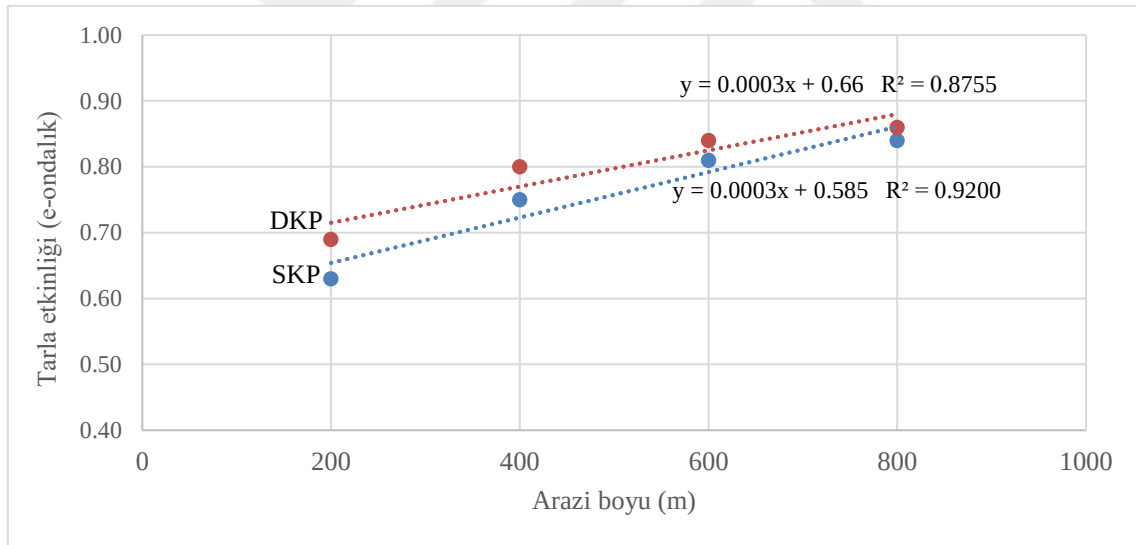
4.4.5.4. Arazi boyunun tarla etkinliği ve iş başarısına etkisi

Kulaklı pulluklar ile yürütülen toprak işleme uygulamalarında, tarımsal arazinin fiziksel özellikleri, özellikle de arazi şekli ve boyu, makina performansı üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. Bu bağlamda, arazi boyunun uzunluğu, makinanın dönüş sıklığını, çalışma sürelerini ve dolayısıyla iş başarısını önemli ölçüde etkilemektedir. Arazi boyuna göre, tarla etkinliği ve efektif alan kapasitesi değerleri Çizelge 4.29’da, tarla etkinliğinin değişimi Şekil 4.8’de, efektif alan kapasitesinin değişimi ise Şekil 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.29. Arazi boyuna göre, tarla etkinliği ve iş başarısı değerleri

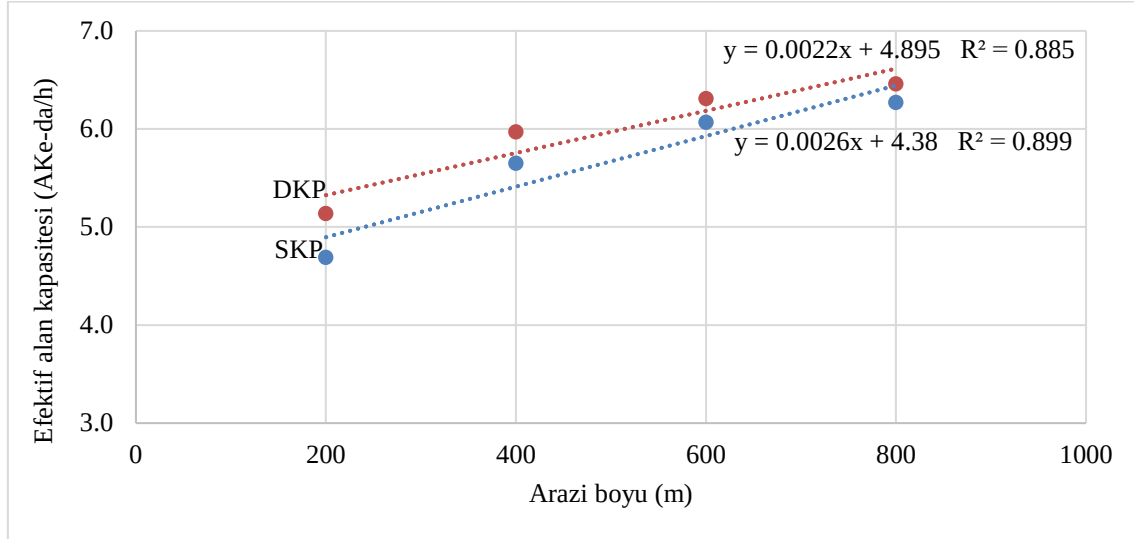
MİG (m)	V ₁ (km/h)	En (m)	Boy (m)	SKP		DKP	
				e (ond.)	A _{ke} (da/h)	e (ond.)	A _{ke} (da/h)
1.5	5.0	30	200	0.63	4.69	0.69	5.14
1.5	5.0	30	400	0.75	5.65	0.80	5.97
1.5	5.0	30	600	0.81	6.07	0.84	6.31
1.5	5.0	30	800	0.84	6.27	0.86	6.46
Ortalama				0.76	5.67	0.80	5.97

Çizelge 4.29’da sunulan verilere göre, 5.0 km/h makina çalışma hızı ve 1.5 m makina iş genişliği ile gerçekleştirilen sürümlerde, farklı arazi boylarına bağlı olarak elde edilen tarla etkinliği ve efektif alan kapasitesi değerleri karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda, SKP ile yapılan sürümlerde tarla etkinliği değerleri 0.63-0.84 arasında değişirken, DKP ile bu değerlerin 0.69-0.86 aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Aynı şekilde, efektif alan kapasitesi bakımından SKP için değerler 4.69-6.27 da/h, DKP için ise 5.14-6.46 da/h arasında değişmektedir. Elde edilen bu bulgular, hem tarla etkinliği hem de efektif alan kapasitesi bakımından DKP’nin, SKP’ye kıyasla daha yüksek performans sergilediğini açıkça ortaya koymaktadır. Bu farklılığın, DKP’nin daha iyi manevra kabiliyeti ve dönüşlerde zaman kaybını en aza indiren yapısal özelliklerinden kaynaklanmaktadır.

**Şekil 4.8.** Arazi boyuna göre tarla etkinliği değerlerinin değişimi

Şekil 4.8’de, farklı uzunluktaki arazi boylarının tarla etkinliği üzerindeki etkileri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Gerçekleştirilen analizler ve değerlendirmeler sonucunda elde edilen bulgular, SKP ve DKP kullanılarak yapılan sürümlerde, arazi boyundaki artışın tarla etkinliği üzerinde olumlu yönde etkiler yarattığını göstermektedir. Özellikle kısa boyutlu parsellerde traktör ve tarım makinasının dönüş manevralarının daha sık gerçekleşmesi, etkin çalışma süresini azaltmakta ve bu durum genel tarla etkinliğini olumsuz etkilemektedir. Buna karşın, arazi boyunun artmasıyla birlikte toplam çalışma

süreleri içerisinde dönüş için geçen sürelerin azalarak çalışma süresinin daha verimli kullanılabilmesi sonucunda, her iki pulluk tipinde de tarla etkinliğinde doğrusal bir artış eğilimi gözlemlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, uzun boyutlu arazilerde yapılan sürüm işlemlerinde tarla etkinliğinin daha yüksek değerlere ulaşabileceğini ve arazi şeklinin tarımsal mekanizasyon performansı açısından kritik bir değişken olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, mekanizasyon planlamalarında arazi boyunun dikkate alınması, iş gücü ve enerji verimliliği açısından önemli avantajlar sağlayacaktır.



Şekil 4.9. Arazi boyuna göre iş başarısı değerlerinin değişimi

Şekil 4.9'da tarla boyutlarının, özellikle de arazi boyunun uzunluğunun, efektif alan kapasitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda elde edilen bulgular, hem sabit kulaklı pulluk (SKP) hem de döner kulaklı pulluk (DKP) ile gerçekleştirilen toprak işleme faaliyetlerinde, arazi boyundaki artışın efektif alan kapasitesini olumlu yönde etkilediğini açıkça ortaya koymaktadır. Arazi boyunun uzamasıyla birlikte, tarım makinasının her bir dönüşte işlediği alan miktarı artmakta ve bu durum, tarla içi kayıpların azalmasına, manevra sürelerinin kısılmasına ve kesintisiz çalışma sürelerinin uzamasına olanak sağlamaktadır. Bu faktörler, doğrudan efektif alan kapasitesine yansımakta ve her iki pulluk tipinde de kapasite değerlerinde doğrusal bir artış eğilimine neden olmaktadır. Özellikle daha uzun tarlalarda, makina performansındaki bu artışın daha belirgin hale geldiği görülmüştür. Farklı arazi boylarının efektif alan kapasitesi üzerindeki etkileri dikkate alındığında, tarla planlaması ve mekanizasyon stratejilerinde arazi uzunluğunun önemli bir belirleyici unsur olduğu söylenebilir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu araştırma kapsamında; 12 inç boyutlu ve 5 gövdeli sabit kulaklı (SKP) ve döner kulaklı (DKP) pullukların yapısal tasarımlarındaki farklılıkların tarımsal iş verimliliği üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla deneme arazilerinde, kontrollü koşullar altında detaylı bir deneysel çalışma yürütülmüştür. Çalışmada, deneme alanı fiziksel özellikleri, her iki pulluk tipinin toprak işleme teknik parametreleri sistematik olarak ölçülmüş ve işlem süreleri kronometrik yöntemlerle kaydedilerek karşılaştırmalı veri analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilere göre; farklı uygulama koşullarında SKP ve DKP için iş başarısı hesaplama excel modeli geliştirilmiştir. Bu çerçevede, SKP ve DKP'lerin performansının teknik düzeyde analiz edilebilmesi için bazı ölçüm parametreleri üzerinde durulmuştur.

SKP ve DKP'nin toprak işleme performansını değerlendirmek üzere önemli teknik parametreler olan çeki kuvveti (kN), çalışma hızı (km/h), patinaj (%) ve yakıt tüketimi (l/h) ölçümleri yapılmıştır. Deneme alanında gerçekleştirilen toprak işlemeye ilişkin performans değerlendirmesi kapsamında, aktif ve pasif süreler ayrıntılı olarak analiz edilmiştir. Bu amaçla, her bir işlem aşaması dijital dijital kronometre kullanılarak kayıt altına alınmış ve saniye cinsinden ölçümler yapılmıştır.

Toprağın fiziksel özelliklerinden biri olan toprak bünyesinin belirlenmesi için deneme arazisini temsil edecek şekilde, örnekleme esasına dayalı olarak belirlenen noktalardan toprak numuneleri alınmıştır. Alınan numuneler, akredite laboratuvarlarında detaylı fiziksel ve kimyasal analizlere tabi tutulmuştur. Analizler kapsamında partikül büyüklüğü dağılımı (kum, silt ve kil oranları) esas alınarak, numuneler USDA toprak sınıflandırma sistemine göre değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda, deneme alanına ait toprakların tekstürel olarak "Killi Tın" sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Bu sınıflandırma, toprağın hem su tutma kapasitesi hem de işlenebilirlik özellikleri açısından dengeli bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Deneme alanının mekanik sıkışma düzeyini değerlendirmek amacıyla toprak penetrasyon direnci ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, deneme alanı genelinde homojenliği temsilen rastgele seçilen 10 farklı noktada, standart dijital penetrometre cihazı ile ölçümler yapılmıştır. Elde edilen verilerin istatistiksel analizi sonucunda, toprakların ortalama penetrasyon direnci 1.66 MPa olarak belirlenmiştir. Bu değer, literatürde killi tın topraklar için yaygın olarak bildirilen 1.2–2.0 MPa aralığıyla yüksek düzeyde uyumluluk göstermektedir. Bu sonuçlar, laboratuvar analizleriyle elde edilen bünyesel tanımlamaların arazi ölçümleriyle tutarlılık gösterdiğini ve toprağın orta-ağır bünyeli yapısını doğruladığını ortaya koymaktadır.

Toprak fiziksel özellikleri içerisinde toprak işleme faaliyetleri açısından kritik öneme sahip olan toprak nemi, gravimetrik yöntem kullanılarak belirlenmiştir. Deneme arazisini temsil edecek şekilde farklı lokasyonlardan toplanan toprak numuneleri üzerinde gerçekleştirilen analizler sonucunda, yüzey katmanlardaki ortalama gravimetrik nem oranı %21.78 olarak ölçülmüştür. Elde edilen bu değer, literatürde tarımsal amaçlı toprak işlemleri için önerilen %20.0 sınır değerinin üzerinde olup, çeşitli mekanik ve ekonomik olumsuzluklara yol açabilecek düzeydedir. Nitekim toprak neminin artması, özellikle

çeki kuvveti ihtiyacını doğrudan etkilemekte; nemli toprakların işlenmesi sırasında makinaların daha yüksek dirençle karşılaşmasına neden olarak traktörün çeki gücü üzerindeki yükü artırmaktadır. Bu durum, patinaj oranını yükseltmekte ve beraberinde yakıt tüketiminde belirgin bir artışa neden olmaktadır.

SKP ve DKP ile toprak işleme sürecinde ortaya çıkan çeki kuvveti gereksinimlerinin karşılaştırmalı analizi gerçekleştirilmiştir. Denemelerde, her iki pulluk tipi ile yapılan uygulamalarda veri güvenilirliğini ve karşılaştırılabilirliği sağlamak amacıyla standardize edilmiş iki traktör yöntemi kullanılmıştır. Denemeler sırasında elde edilen veriler, toprak nem içeriğinin literatürde önerilen sınır değerlerin üzerinde (%21.78) olması nedeniyle çeki direnci bu koşullar altında değerlendirilmiştir. Bu koşullarda, SKP ile yapılan sürüm işlemlerinde net çeki kuvveti değeri 9.63 kN, DKP ile yapılan denemelerde ise 15.82 kN olarak ölçülmüştür. Elde edilen bu sonuçlar, DKP'lerin SKP'lere göre yaklaşık %64.2 oranında daha yüksek çeki kuvvetine ihtiyaç duyduğunu ortaya koymaktadır. Pulluklar arasındaki bu farkın yalnızca toprak nem içeriğinden kaynaklanmadığı; aynı zamanda her iki makinanın yapısal özellikleri ile ağırlık dağılımlarının farklılık göstermesi de söz konusu değerlerin oluşumunda önemli bir rol oynamaktadır. Bu bulgular, pulluk tasarım parametrelerinin enerji verimliliği üzerindeki kritik etkisini ortaya koymaktadır.

Toprak işleme teknik parametrelerinin karşılaştırılabilirliğini sağlamak amacıyla, deneysel çalışmalar kontrollü koşullar altında gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, hem SKP hem de DKP için çalışma hızı sabit tutulmuştur. Her iki kulaklı pulluklarının da ortalama olarak 5.04 km/h sabit çalışma hızıyla denemeler yapılmasına rağmen DKP'nin çalışma hızı SKP'den daha küçük kalmıştır. Farklı pulluk tiplerinin toprak işleme performanslarının nesnel olarak karşılaştırılmasına olanak tanımaktadır. Çalışma hızının sabitlenmesi, özellikle makina iş başarısı, birim alan başına güç tüketimi ve enerji verimliliği gibi performans parametrelerinin sağlıklı bir biçimde değerlendirilmesine katkı sağlamaktadır.

Toprak işleme uygulamalarında değerlendirilen önemli teknik özelliklerden biri de patinajdır. Bu çalışma kapsamında, patinaj değerleri her iki pulluk tipi (SKP ve DKP) için üç tekerrürlü ölçümlerle belirlenmiştir. Buna göre, SKP kullanımında ortalama patinaj oranı %18.33 olarak ölçülürken, DKP için bu oran %19.34 olarak tespit edilmiştir. İki pulluk tipi arasındaki fark yaklaşık %1 düzeyindedir. Her ne kadar bu fark düşük görünse de, patinaj oranındaki artışın makina performansı üzerinde doğrudan etkili olduğu bilinmektedir. Nitekim yüksek patinaj oranları hem yakıt tüketiminin artmasına hem de tarımsal işlemlerin tamamlanma süresinin uzamasına neden olabilmektedir.

Yakıt tüketimi, toprak işleme teknik özelliklerinin değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken temel performans parametrelerinden biridir. Bu çalışmada, SKP ve DKP kullanılarak 9 da'lık bir alanda gerçekleştirilen sürüm işlemleri sonucunda her iki makinanın yakıt tüketim değerleri belirlenmiştir. Buna göre, SKP ile yapılan sürüm işleminde ortalama yakıt tüketimi 18.74 l/h olarak ölçülürken, DKP ile gerçekleştirilen işlemde bu değer 22.06 l/h'e yükselmiştir. Bu sonuçlar, DKP'nin daha yüksek yakıt tüketimine neden olduğunu göstermektedir. Yakıt tüketimindeki bu farklılıklar, tarımsal işletmelerde ekonomik analizlerin yapılmasında ve uygun makina seçiminin belirlenmesinde önemli bir kriter olarak değerlendirilmektedir.

Makina iş başarısının hesaplanmasında aktif, pasif ve toplam süreler etkili olmaktadır. Aktif süre, parsel boyu işleme ve yastık boyu işleme sürelerinden oluşmuştur. SKP ve DKP ile gerçekleştirilen toprak işleme uygulamalarında, iş başarısını değerlendirmek amacıyla birim parsel boyunun işlenme süreleri ölçülmüştür. Denemeler, toplam 9 da'lık alanda oluşturulan 30 adet çizi üzerinde gerçekleştirilmiş ve her bir çizide SKP ve DKP ile yapılan sürüm işlemleri sırasında geçen süreler kronometrik olarak kaydedilmiştir. Elde edilen verilere göre, SKP ile yapılan işleme sırasında bir parsel boyunun ortalama işlenme süresi 125.07 s olarak belirlenirken, DKP ile gerçekleştirilen sürüm işlemi için bu süre 166.57 s olarak ölçülmüştür. İki pulluk tipi arasında gözlenen yaklaşık 41.50 s'lik fark, kulaklı pullukların tasarım farklılıklarına, yapısal unsurlarına ve makinaların toplam ağırlık dağılımına bağlı olarak ortaya çıkmış olabilir. Süre farklarının neden olduğu zaman kayıpları, büyük ölçekli tarımsal üretim süreçlerinde toplam iş gücü ve yakıt maliyetlerini önemli ölçüde etkileyebilmektedir.

SKP ve DKP kullanılarak gerçekleştirilen toprak işleme faaliyetlerinde, yalnızca ana parsel boyları değil, aynı zamanda yastık alanlarının işlenme süreleri de ölçülerek değerlendirilmiştir. Yastık alanları, sürüm işleminin dönüş noktalarında yer alan ve genellikle yön değişimlerinin yapıldığı bölümler olduğundan, bu alanlardaki performans ölçümleri makinanın manevra kabiliyeti ve kullanım verimliliği açısından önemli bilgiler sunmaktadır. Denemeler sonucunda, SKP ile yapılan yastık boyu işleme süresi ortalama 45.50 s olarak ölçülürken, DKP ile gerçekleştirilen sürümde bu süre ortalama 41.50 s olarak tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, DKP'nin yastık alanlarında daha kısa sürede işlem yapabildiğini ortaya koymaktadır. Bu fark, pullukların yapısal tasarımlarından ve dönüş sırasında gerçekleştirilen manevra tekniklerinden kaynaklanmaktadır.

Toprak işleme süreçlerinde doğrudan üretimle ilişkili olmayan ancak toplam işlem süresi üzerinde etkili olan pasif süreler, makine iş başarısını belirleyen önemli unsurlardan biridir. Bu kapsamda, kulaklı pullukların traktöre bağlama süresi, sürüm öncesi hazırlık sürecinin bir parçası olarak değerlendirilmiş ve süreler kronometrik yöntemle ölçülmüştür. SKP ve DKP makinalarının traktöre bağlama süreleri, makinaların yapısal tasarım özellikleri, ağırlıkları ve bağlantı mekanizmalarındaki farklılıklar nedeniyle değişiklik göstermektedir. Yapılan ölçümler sonucunda, DKP'nin ortalama bağlama süresi 196.67 s olarak belirlenmiştir. Bu süre, makinanın daha karmaşık bir yapıya ve ağırlığından kaynaklanmaktadır. Öte yandan, SKP'nin traktöre bağlama süresi ortalama 119.00 s olarak ölçülmüş, bu da daha sade ve hafif yapısının bağlantı işlemini kolaylaştırdığını göstermektedir.

Toprak işleme makinalarının etkin ve verimli bir şekilde çalışabilmesi için, traktöre bağlantı işleminin ardından yapılan ayarlama süreçleri büyük önem taşımaktadır. Bu süreç, makinanın bağlantı noktalarının hizalanması, çalışma derinliğinin ve açısının ayarlanması gibi işlemleri kapsamaktadır. SKP ve DKP ile gerçekleştirilen çalışmada, her iki makinanın ayar süreleri kronometrik olarak ölçülmüştür. DKP'nin bağlantı mekanizmasının daha karmaşık ve detaylı olması nedeniyle ayar süresi ortalama 81.00 s olarak kaydedilmiştir. Buna karşılık, SKP için yapılan benzer ayarlamalar ortalama 71.00 s'de tamamlanmıştır. Elde edilen bu sonuçlar, SKP'nin daha sade bir yapıya sahip olması nedeniyle ayar işlemlerinin daha kısa sürede tamamlanabildiğini göstermektedir. DKP'de ayar sürelerinin uzun olmasının, makinanın daha fazla ayar noktasına sahip

olması ve kullanıcıdan daha fazla hassasiyet gerektirmesiyle ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Toprak işlemede makina performansını etkileyen önemli unsurlardan biri de parsel başı dönüş süreleridir. Parsel sonunda gerçekleştirilen dönüşler, işin toplam süresi ve verimlilik üzerinde doğrudan etkilidir. Bu çalışmada, SKP ve DKP kullanılarak yapılan toprak sürüm işlemlerinde, her iki makina için farklı dönüş teknikleri uygulanarak parsel başı dönüş süreleri kronometrik olarak ölçülmüştür. Elde edilen verilere göre, SKP ile yapılan dönüşlerde toplam süre 610.0 s olarak kaydedilirken, DKP ile bu süre 581.0 s olarak ölçülmüştür. Bu süreler dikkate alındığında, SKP için ortalama parsel başı dönüş süresi 21.03 s, DKP için ise 20.03 s olarak hesaplanmıştır. DKP'nin parsel başı dönüşlerde daha kısa süre gerektirmesi, makinanın daha çevik manevra kabiliyetine ve optimize edilmiş tasarımına bağlıdır. Özellikle parsel başı alanın genişlemesi durumunda, iki pulluk tipi arasındaki dönüş sürelerindeki farkın daha da artacağı öngörülmektedir. Bu durum, DKP kullanımının daha geniş tarlalarda zaman verimliliği açısından avantaj sağlayabileceğini ve dolayısıyla efektif alan kapasitesinin SKP'ye kıyasla daha yüksek olabileceğini göstermektedir.

Toprak işleme çalışmalarında, kullanılan makina tipine bağlı olarak parsel düzenlemesi ve işleme stratejileri farklılık gösterebilmektedir. SKP ile gerçekleştirilen uygulamalarda, parsel sayısının artmasına bağlı olarak parsel ortasında işlenmemiş alanların oluşması yaygın bir durumdur. Bu tür işlenmemiş alanlar, her bir parselin orta kısmında kalan ve dönüşler tamamlandıktan sonra ilave sürüm gerektiren bölgelerdir. Bu çalışmada, toplam 9.0 da'lık deneme alanı üç eşit parsel bölünerek işlenmiş ve her bir parselin ortasında işlenmemiş üç ayrı alan meydana gelmiştir. Söz konusu parsel ortası alanlarının işlenmesi için harcanan süreler kronometrik olarak kaydedilmiş ve ortalama işleme süresi 93.67 s olarak belirlenmiştir. Bu ek süre, SKP kullanımında ilave zaman ve yakıt tüketimine yol açarak toplam iş süresini ve işleme maliyetini artırabilmektedir. Buna karşılık, DKP ile yapılan uygulamada, deneme alanı tek parça halinde sürüldüğü için parsel ortasında işlenmemiş alan oluşmamış ve dolayısıyla bu tür ilave işleme süresine ihtiyaç duyulmamıştır. Bu durum, DKP'nin geniş alanlarda daha etkin ve bütüncül bir işleme imkânı sunduğunu ve parsel düzenlemeleri nedeniyle ortaya çıkan pasif süreleri ortadan kaldırarak zaman verimliliği sağladığını göstermektedir.

Toprak işleme uygulamalarında makinanın tasarımı ve sürüm yöntemi, parselin tam ve düzgün bir şekilde işlenmesini doğrudan etkilemektedir. Bu bağlamda, DKP ile gerçekleştirilen düz sürüm işlemlerinde, parselin kenar bölgelerinde işlenmemiş alanların oluşabileceği gözlemlenmiştir. Bu çalışmada, DKP ile yapılan uygulamalarda parsel kenarında kalan işlenmemiş alanların işlenmesi için ilave bir işlem gerekmiş ve bu işlem süresi 175.0 s olarak ölçülmüştür. Kenar bölgelerde işlenmemiş alanların oluşması; sürüm sırasında parsel sınırlarının tam olarak dikkate alınmaması, sürücünün makina kullanma becerisi, makinanın dönüş açısı ve manevra kabiliyeti gibi çeşitli faktörlerden kaynaklanabilmektedir. Öte yandan, SKP ile gerçekleştirilen sürümde, daha fazla sayıda geçiş yapılmasına rağmen parsel kenarlarında işlenmemiş alan meydana gelmediği tespit edilmiştir. Parsel kenarlarında oluşan işlenmemiş alanların ilave iş gücü ve zaman gerektirmesi, özellikle büyük ölçekli tarımsal alanlarda toplam iş süresini ve yakıt tüketimini artırarak verimliliği olumsuz etkileyebilir.

Yürütülen toprak işleme çalışmaları kapsamında, deneme süresince her iki pulluk tipiyle yapılan sürüm işlemleri sırasında herhangi bir arıza, yapısal deformasyon ya da işlevsel aksama gözlemlenmemiştir. Gözlem süresince kulaklı pulluk makinalarında herhangi bir mekanik hasar meydana gelmediğinden dolayı, makina tamiri ya da onarımı gerektiren bir duruma rastlanmamıştır. Bu durum, test edilen makinaların sağlamlığına, uygun bakım koşullarına ve çalışma öncesi yapılan hazırlıkların yeterliliğine işaret etmektedir. Ayrıca, deneysel koşulların kontrollü ve ideal sınırlarda tutulmuş olması da olası arıza risklerinin minimize edilmesinde etkili olmuştur.

Hasat sonrası tarla koşullarında gerçekleştirilen toprak işleme faaliyetlerinde, toprak yüzeyinde kalan bitki artıklarının makina performansı üzerindeki etkisi dikkat çeken önemli bir faktördür. Bu tür artıklar, özellikle kulaklı pulluk gibi toprağı kaldırarak devirmeye yönelik çalışan makinalarda, makinanın verimli çalışmasını engelleyebilecek tıkanmalara ve performans düşüşlerine neden olabilmektedir. Bu çalışmada, SKP ve DKP ile yapılan sürüm işlemleri sonrasında, makinaların yüzeyine biriken bitki kalıntılarının temizlenmesi için harcanan süreler kronometrik olarak ölçülmüştür. SKP ile gerçekleştirilen sürüm sonrası ortalama temizleme süresi 44.50 s olarak belirlenirken, DKP için bu sürenin 50.50 s olduğu tespit edilmiştir. İki makina arasında gözlemlenen bu süre farkının, DKP'nin daha karmaşık bir yapıya ve daha fazla sayıda hareketli parçaya sahip olması nedeniyle, temizlik işleminin daha zahmetli ve zaman alıcı hale gelmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. DKP'nin geniş çalışma yapısı ve detaylı tasarımı, bitki artıklarının daha fazla yüzeye temas etmesine ve birikmesine neden olabilirken, SKP'nin daha sade yapısı temizlik sürecini daha kısa ve kolay hale getirmiştir. Özellikle hasat sonrası artık yoğunluğu yüksek olan alanlarda, temizlik süresi gibi yardımcı işlemlerin toplam iş süresi üzerindeki etkisinin dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

Toprak işleme faaliyetlerinde; yastık boyu geri geliş ve yastık başı dönüş süreleri, iş akışının sürekliliğini kesintiye uğratan ve toplam işlem süresi üzerinde belirleyici rol oynayan iki önemli pasif zaman dilimi olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmada, SKP ve DKP kullanılarak gerçekleştirilen sürüm denemeleri sırasında söz konusu parametreler ayrı ayrı incelenmiştir. SKP ile yapılan sürüm işlemlerinde, her iki yastık başında ikişer defa olmak üzere toplam dört geri geliş manevrası gerçekleştirilmiştir. Bu geri geliş işlemlerinin ortalama süresi 11.42 s olarak ölçülmüştür. Diğer yandan, DKP ile yapılan sürüm işlemlerinde ise yastık başlarında dönüş manevraları uygulanmış ve bu dönüşlerin ortalama süresi 6.50 s olarak belirlenmiştir. DKP'nin daha geniş çalışma kapasitesi sayesinde geri geliş ihtiyacını ortadan kaldırdığı, bunun yerine doğrudan dönüş manevraları ile ilerleme sağladığı gözlemlenmiştir. Bu durum, DKP'nin özellikle zaman tasarrufu ve iş akışının sürekliliği açısından avantaj sağladığını göstermektedir.

Toprak işleme faaliyetlerinde insan faktörü, işlemlerdeki verimliliği etkileyen temel unsurlardan biridir. Özellikle uzun süreli tarla işlemlerinde, traktör sürücülerinin fiziksel ve zihinsel yorgunluğa maruz kalması, yapılan işin kalitesini ve süresini doğrudan etkileyebilmektedir. Bu bağlamda, sürücülerin belirli aralıklarla dinlenme ihtiyacı, tarımsal iş planlamasında dikkate alınması gereken önemli bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Uzun süreli çalışmalarda sürücüler için uygun dinlenme molalarının planlanması, iş kazalarının önlenmesi ve işlemlerdeki verimliliğin sürdürülebilirliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Alternatif olarak, bazı durumlarda vardiyalı çalışma sistemi uygulanarak ikinci bir sürücünün kullanılması da işin kesintisiz bir şekilde devam etmesine olanak tanıyabilir. Ancak bu çalışmada, SKP ve DKP ile yürütülen sürüm

denemeleri nispeten küçük bir alanda (9.0 da) gerçekleştirilmiş olup, işlem süresi kısa tutulmuştur. Bu nedenle, deney süresince sürücülerde fiziksel yorgunluk veya dinlenme ihtiyacı gözlemlenmemiştir. Bununla birlikte, daha büyük tarla alanlarında yapılacak uzun süreli sürüm faaliyetlerinde sürücü dinlenme zorunluluğunun kaçınılmaz olduğu ve bu durumun hem iş süresine hem de toplam performansa etki edeceği öngörülmektedir.

Tarla çalışmalarının tamamlanmasının ardından gerçekleştirilen makina söküm işlemleri, makina kullanım sürecinin son aşamasını oluşturmaktadır. Bu işlem, hem işlemlerdeki sürekliliğin tamamlanması hem de makinaların bir sonraki kullanıma hazırlanması açısından önem arz etmektedir. Bu çalışmada, SKP ve DKP olmak üzere iki farklı tipte kulaklı pulluk ile gerçekleştirilen sürüm işlemlerinin ardından, ilgili makinaların traktör üzerinden söküm süreleri kronometrik olarak ölçülmüştür. Yapılan ölçümler sonucunda, SKP'nin traktörden sökülmesi için ortalama 117.0 s gerektiği belirlenmiştir. DKP için ise bu süre 127.0 s olarak tespit edilmiştir. Elde edilen veriler, iki makina tipi arasında yaklaşık 10 s'lik bir süre farkı bulunduğunu göstermektedir. Bu farkın, kullanılan makinaların yapısal tasarım özelliklerinden, ağırlık merkezlerinin farklı dağılımından ve mekanik bağlantı sistemlerinden kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

Toprak işleme faaliyetlerinde iş sürelerinin doğru ve detaylı biçimde analiz edilmesi, makina performanslarının karşılaştırılmasında önemli bir kriter olarak öne çıkmaktadır. Bu bağlamda, yapılan çalışmada SKP ve DKP kullanılarak gerçekleştirilen sürüm işlemleri sırasında, aktif, pasif ve toplam süreler ayrı ayrı ölçülerek değerlendirilmiştir. Elde edilen verilere göre, SKP ile yapılan sürüm işlemlerinde 9 da'lık alanda toplam aktif süre 4,025.0 s olarak ölçülmüş ve bu süre, toplam iş süresinin %74.51'ini oluşturmuştur. Aynı koşullarda DKP ile yapılan çalışmalarda ise aktif süre toplamı 5,246.0 s olup, bu sürenin toplam süre içindeki payı %79.77 olarak belirlenmiştir. Öte yandan, SKP için hesaplanan pasif süre 1,376.67 s (%25.49) olarak tespit edilirken, DKP'de pasif süre miktarı 1,330.67 s ile %20.23'lük bir orana karşılık gelmiştir. Bu sonuçlar, DKP'nin daha yüksek bir aktif çalışma oranına sahip olduğunu ve bu yönüyle zaman açısından daha verimli bir iş akışı sağladığını göstermektedir. Ancak toplam iş süresi değerlendirildiğinde, SKP ile gerçekleştirilen sürüm işlemlerinde toplam süre 5,401.67 s olarak hesaplanırken, DKP ile bu sürenin 6,576.67 s'ye ulaştığı görülmektedir. DKP'nin daha yüksek toplam süreye sahip olmasında, makina yapısal farklılıkları, makina büyüklüğü ve işlem yoğunluğu gibi faktörlerin etkili olduğu düşünülmektedir.

Tarla etkinliği hesaplamalarında birim süreler esas alınmıştır. Yapılan analizlere göre SKP uygulaması için toplam birim süre 599.91 s/da olarak hesaplanmışken, DKP için bu süre 730.74 s/da olarak tespit edilmiştir. SKP ile yapılan toprak işleme sonucunda elde edilen tarla etkinliği değeri 0.75 olarak belirlenmiştir. DKP'nin de tarla etkinliği değeri ise 0.80 olarak hesaplanmıştır. Kulaklı pulluklardaki yapısal farklılıklar tarla etkinliği üzerinde de önemli bir etki yarattığı gözlemlenmiştir.

Yapılan ölçümler sonucunda, SKP ve DKP ile gerçekleştirilen sürüm işlemlerinde birim zamanda işlenen alan miktarları (makine iş başarısı) karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Kulaklı pulluklarla yapılan toprak işleme uygulamalarındaki efektif alan kapasitesi SKP'de 5.68 da/h, DKP'de ise 6.06 da/h olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu veriler, DKP'nin SKP'ye kıyasla birim zamanda daha fazla alanı işleyebilme

kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum DKP'nin tarla etkinliğinin SKP'den daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

Sabit kulaklı ve döner kulaklı pulluklar ile yürütülen arazi sürümlerine ait uygulamalardan elde edilen deneysel veriler doğrultusunda, bu çalışmada tarla etkinliği ve makina iş başarısını hesaplamaya yönelik bir Excel modeli geliştirilmiştir. Söz konusu model MS Excel tablolama yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Makina iş başarısı Excel modeli, kullanıcıdan dört temel girdi talep etmektedir. Bunlar makina iş genişliği (m), makina çalışma hızı (km/h), parsel eni (m) ve parsel boyu (m)'dur. Bu dört parametrenin modele girilmesiyle birlikte, farklı tarla koşulları ve makina kombinasyonları altında oluşabilecek tarla etkinliği (%) ve iş başarısı (ha/h) değerleri otomatik olarak hesaplanmaktadır. Geliştirilen bu Excel modeli, aynı zamanda benzer tarımsal araştırmalarda modelleme ve simülasyon temelli analizlerin yaygınlaştırılması açısından da önemli bir örnek teşkil etmektedir.

5.2. Öneriler

- Tarımsal üretim alanlarının fiziksel özellikleri ve toprak yapısı makine kullanımında oldukça önemlidir. Özellikle killi-tın bünyeli ve yüksek nem içeriğine sahip küçük boyutlu arazilerde, artan çeki kuvveti gereksinimi ve yakıt tüketimi nedeniyle makina performansı olumsuz etkilenmektedir. Bu tür koşullarda, yapısal olarak daha düşük güç gereksinimine sahip olan sabit kulaklı pullukların (SKP) kullanımı, ekonomik açıdan daha uygun bir seçenek olarak değerlendirilebilir.
- DKP ile toprak işlemede; arazi tesviyesinin korunması, zaman verimliliği, tarla etkinliği ve iş başarısı açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Bu nedenlerle, özellikle büyük boyutlu arazilerde DKP kullanımı tercih edilmelidir.
- DKP ile yapılan sürüm işlemlerinde arazi tek parsel olarak işlenmekte ve parsel sürümünde süre kayıpları daha az oluşmaktadır. SKP ile toprak işlemede ise arazi parsellere ayrılmakta, parsel giriş tercihi göre parsel ortalarında işlenmemiş alanlar oluşmakta ve bu alanların işlenmesinde işlem süreleri uzamaktadır. Özellikle SKP ile toprak işleme faaliyetlerinde pasif sürelerin en aza indirilmesi amacıyla, parsel düzenlemeleri etkin bir şekilde planlanmalıdır.
- Sürücü yorgunluğu ve insan faktörü uzun süreli çalışmalarda dikkate alınmalıdır. Bu çalışma sınırlı alanda gerçekleştirildiğinden sürücü etkisi gözlemlenmemiştir. Ancak büyük ölçekli üretimlerde ergonomik değerlendirmeler ve ikinci sürücü planlaması yapılmalıdır.
- Farklı toprak bünyesi, eğim koşulları ve bitki örtülerinde benzer araştırmalar tekrarlanmalıdır. Böylece pulluk performanslarının genel düzeyde değerlendirilmesi mümkün olacaktır.
- Toprak işleme alanındaki yeni çalışmalarda, çevresel etkiler de dikkate alınmalıdır. Böylece karbon ayak izi değerlendirmelerinin yeni teknolojilere entegre edilmesi sağlanabilecektir.

- Kulaklı pulluklar (SKP, DKP) ile toprak işlemede; traktörlerde otomatik dümenleme sistemlerinin kullanımıyla, makinaların tarla etkinliği ve iş başarısına etkileri incelenmelidir. Ayrıca her iki pulluk tipi, sabit ve değişken giderler dikkate alınarak ekonomik açıdan değerlendirilmeli ve farklı işletme koşulları için satın alma önerilerinde bulunulmalıdır.



6. KAYNAKLAR

- Akıncı, İ. ve Sabancı, A. 1991. Türkiye tarımında yaygın kullanılan traktörlerin iz genişliklerinin normalizasyonu üzerinde bir çalışma. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(2): 111-120.
- Akıncı, İ., Sabancı, A. ve Işık, A. 1994. Traktör-makine sisteminde bilgisayar destekli ölçme setinin kurulması ve geliştirilmesi üzerinde bir araştırma. *Tarımsal Mekanizasyon 15. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı*, A.Ü. Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, s. 491-502, Antalya.
- Akıncı, İ. vd. 2001. Antalya bölgesinde sulu tarım tarla işletmeleri için optimum traktör ve tarım makinaları büyüklüklerinin belirlenmesi. *Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Sonuç Raporu*, Antalya.
- Akıncı, İ. 2003. Antalya ili sulu tarım tarla işletmelerinde mekanizasyon planlamasına yönelik temel işletmecilik verileri. *Akdeniz Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*.
- Altunbaş, S ve Sarı, M. 2009. The relationships of iron contents between red mediterranean soils and its parent material in antalya province. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22 (1), 15-21, Antalya.
- Anonim 1: İş Kanunu. <https://www.mevzuat.gov.tr/iskanunu>. [Son erişim tarihi: 04.08.2025]
- Anonim 2: Antalya Tarım Master Planı, 2011. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarım İl Müdürlüğü, ss. 1-2, Antalya.
- Anonim 3: Antalya bölgesinin coğrafik konumu ve ilçelerin dağılımı. Kemer Turistik Otelciler ve İşletmeciler Birliği <http://www.ketob.org/> [Son erişim tarihi: 27.05.2025]
- Anonim 4: Antalya ili topraklarının genel dağılımı.
https://antalya.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Antalya%20C4%B01%20Tar%C4%B1m%20ve%20Orman%20M%C3%BCd%C3%BCrl%C3%BC%C4%9F%C3%BC_2025K.pdf. [Son erişim tarihi: 30.07.2025]
- Anonim 5: Aksu ilçesi görünümü. <https://earth.google.com/web>. [Son erişim tarihi: 12.05.2025]
- Anonim 6: Meteoroloji Genel Müdürlüğü. 4. Bölge Müdürlüğü Kayıtları, Antalya. [Son erişim tarihi: 25.05.2025]
- Anonim 7: Deneme arazileri coğrafi konumu. <https://earth.google.com/web>. [Son erişim tarihi: 12.05.2025]
- Anonim 8: OECD Tarımsal Görünüm Raporu. [OECD-FAO Tarımsal Görünüm Raporu 2019-2028 | OECD](#). [Son erişim tarihi: 07.06.2025]
- ASAE 2001. Agriculture Machinery Management Data. American Society of Agricultural Engineers, ASAE D497 JAN98. Pp. 362-369
- Bastaban, S. 1994. Traktör performansını belirlemek için kurulan genel amaçlı ölçüm ve data logger seti. *Tarımsal Mekanizasyon 15. Ulusal Kongresi*, Antalya.

- Barut, Z.B., Okursoy, A. ve Özmerz, A. 1995. Sera topraklarının işlenmesinde toprak işleme kriterleri. *Tarımsal Mekanizasyon 16. Ulusal Kongresi*, Bildiriler Kitabı, s. 521-528, Bursa.
- Bekele, D. 2021. The effect of tillage on soil moisture conservation: a review. *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences (IJRSAS)*, 6(10), PP 30-41, doi:10.20431/2454-6224.0610004
- Bengough, A.G. and Mullins, C.E. 1990. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. *Journal of Soil Science*, 41, 341-358.
- Bilgili, M.E., Vurarak, Y., Sevilmiş, U., Aybek, A. 2017. Çukurova koşullarında ikinci ürün ekimi öncesi uygulanan toprak işleme yöntemlerinin yakıt ve zaman tüketimleri. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 13 (1): 49-54, Adana.
- Bowers, W., Espenschied, R.F., Hoerner, T.A., Carlson, K.R. 1981. Fundamentals of machine operation. John Deere Service Training Dept. John Deere Road Moline, Illinois 61265, 152 s.
- Brixius, W.W. 1987. Traction prediction equations for bias-ply tires. ASAE Paper No: 871622
- Çalışkan, C. ve Kara, M. 2010. Tarım makinelerinde çekme kuvvetinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 6(1), 23-30.
- Çelik, A. 2016. Türkiye’de koruyucu toprak işleme ve doğrudan ekimin benimsenmesi ve yaygınlaştırılması için atılması gereken adımlar. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 12 (4): 243-253.
- Çelik, A., Boydaş, M.G., Turgut, N. 2007. Comparison of the energy requirements of an experimental plow, a moldboard plow and a disk plow. *The Philippine Agricultural Scientist*. Vol. 90 No. 2, 173-178.
- Çınar, S 2005. Tarla içi yolların planlanması ve tarla içi trafik düzenlemeleri. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 1(1), 35-40.
- Darga, A. 1989. Tarım işletmelerinde mekanizasyon planlamasına yönelik zaman kısıtlı model geliştirilmesi. Doktora Tezi (Yayınlanmamış), Çukurova Üniversitesi, Adana, 238 s.
- Derpsch, R., Friedrich, T., Kassam, A., ve Li, H. 2010. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 3(1), 1–25.
- Dinçer, H., 1970. Tarla alet ve makinalarının iş başarıları hesaplamasında pratik metod. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*.
- El Naim, A. M., Osman, T.O., Zaid, M. B. 2014. Field performance of a modified chisel plow. *International Journal of Natural Sciences Research*, 2(6): 85-96.
- Evcim, Ü. 1990. Tarımsal mekanizasyon işletmeciliği ve planlaması veri tabanı. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları* No: 495, Bornova, İzmir, 44 s.
- FAO, 1990. Agricultural engineering in development: selection of mechanization inputs. FAO Agricultural Services Bulletin No: 84, Roma.

- Gözübüyük, Z., Çelik, A., Ergüneş, G., Yıldız, T., Adıgüzel, M.C. 2018. Fiğ üretiminde farklı toprak işleme-ekim yöntemlerinin özgül çeki gücü, yakıt tüketimi ve iş başarısına etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 49(2): 134-142.
- Gülsoylu, E. ve Günhan, T. 2007. Traktör ve tarım makinaları tarla performansının belirlenmesinde kullanılan bir veri toplama sistemi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 3(4), 225-231.
- Hamid, A. A. A. and Alsabbagh A. A. 2024. Field comparison of the performance of slatted and general purpose moldboard. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 55 (3): 1178-1185.
- Hobbs, P. R. 2007. Conservation agriculture: what is it and why is it important for future sustainable food production? *Journal of Agricultural Science*, 145(2), 127–137.
- Hunt, D. 1973. Farm power and machinery management. Iowa State University Press. 352 pages.
- Işık, A. 1988. Sulu tarımda kullanılan mekanizasyon araçlarının optimum makine ve güç seçimine yönelik işletme değerlerinin belirlenmesi ve uygun seçim modellerinin oluşturulması üzerinde bir araştırma (doktora tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Mekanizasyon Anabilim Dalı, Yayın No: 108, Adana, 210 s.
- Janulevicius, A., Sarauskis, E., Cipliene, A., Juostas, A. 2019. Estimation of farm tractor performance as a function of time efficiency during ploughing in fields of different sizes. *Biosystems Engineering*, 179, 80-93.
- Kadayıfçılar, S. ve Yavuzcan, G. 1969. Ziraat Makinaları İşletmeciliği I. Cilt. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, Yayın No: 364, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, 193 s.
- Kalsirisilp, R. and Singh, G. 2001. Adoption of a stripper header for a thai-made rice combine harvester. *Journal of Agricultural Engineering*, 8(2), 163-172, doi:10.1006/jaer.2001.0734
- Kasap, A. ve Erdem, G. 1994. Çiftlik gübresi dağıtma makinası ile çalışmada iş başarısının belirlenmesi üzerinde bir araştırma. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi*.
- Kayısoğlu, B. ve Bayhan, Y. 1993. Çizel ve kulaklı pulluğun toprağa yaptığı bazı fiziksel etkiler, iş başarısı ve yakıt tüketimleri üzerine karşılaştırmalı bir araştırma. *5th Int.Cong. on Mechanization and Energy In Agriculture*, Kuşadası, Türkiye.
- Kepner, R.A., Bainer, R. and Barger, E.L. 1978. Principles of farm machinery. 3rd edn. AVI, Westport, CN, 527.
- Lal, R. and Dinkins, E.L. 1979. Tillage systems and crop production on an ultisol in liberia. In: Lal, R. (Ed.), Soil Tillage and Crop Production Proc. Ser, No. 2. *International Institute of Tropical Agriculture*, Ibadan, Nigeria, pp. 221-233.
- Önal, İ. 2010. Quality criteria of stubble cultivation and drilling on the conservation tillage systems. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 6 (2), 93-100.

- Özmerzi, A. ve Bereket, Z. 1991. Antalya yöresinde pamuk tarımında kullanılan tarım alet-makinalarının zaman tüketimleri üzerine bir araştırma. *Tarımsal Mekanizasyon 13. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı*, S. 551-560, 25-27 Eylül, Konya.
- Say, S. M. 2010. Tarım Makinaları 1. Nobel Akademik Yayıncılık, Ders Kitabı, Adana, 193 s.
- Sungur, N. 1974. Tarım Makinaları İşletme Tekniği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 215, Ders Kitabı, İzmir.
- TÜİK, 2024. Türkiye İstatistik Kurumu. Tarımsal İstatistik Verileri. <http://www.tuik.gov.tr/> [Son erişim tarihi: 30.05.2025].
- Ulusoy, Y. 2005. 4857 Sayılı iş kanunu açısından ara dinlenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 7, 383-408.
- Yüksel, G. 1991. Vogel-Noot HFM 770 3 gövdeli pulluklarıyla yapılan toprak işlemede zaman, yakıt tüketimi ve iş başarıları. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8: 85-92.
- Yüksel, G. ve Tekin, G. 1995. Uludağ üniversitesi ziraat fakültesi araştırma ve uygulama çiftliğinde kullanılan toprak işleme makinalarının çeki kuvveti gereksinimlerinin ölçülmesi. *Tarımsal Mekanizasyon 16. Ulusal Kongresi*, 5-7 Eylül, Bursa.
- Zhang, W. P., Zhao, B., Zhou, L. M., Wang, J. Z., Niu, K., Wang, F. Z. ve Wang, R. X. 2022. Research on comprehensive operation and maintenance based on the fault diagnosis system of combine harvester. *Agriculture*, 12(6), 893.

7. EKLER

EK 1. Kulaklı pulluklarla çalışmada, farklı uygulamalar için tarla etkinliği ve iş başarısı değerleri

Makina iş genişliği (MİG-m)	Çalışma hızı (V ₁ -km/h)	Arazi Eni (ArEn-m)	Arazi Boyu (ArBo-m)	SKP		DKP	
				Tarla etkinliği (e-ond.)	İş başarısı (AK _e -da/h)	Tarla etkinliği (e-ond.)	İş başarısı (AK _e -da/h)
0.9	4.0	30	200	0.70	2.53	0.78	2.83
0.9	4.0	30	400	0.81	2.93	0.87	3.12
0.9	4.0	30	600	0.86	3.09	0.90	3.24
0.9	4.0	30	800	0.88	3.18	0.91	3.29
0.9	4.0	60	200	0.67	2.40	0.84	3.02
0.9	4.0	60	400	0.79	2.83	0.90	3.25
0.9	4.0	60	600	0.84	3.02	0.93	3.34
0.9	4.0	60	800	0.87	3.13	0.94	3.39
0.9	4.0	90	200	0.61	2.8	0.86	3.09
0.9	4.0	90	400	0.74	2.68	0.92	3.30
0.9	4.0	90	600	0.81	2.90	0.94	3.38
0.9	4.0	90	800	0.84	3.03	0.95	3.42
0.9	4.0	120	200	0.55	1.98	0.87	3.12
0.9	4.0	120	400	0.70	2.52	0.92	3.32
0.9	4.0	120	600	0.77	2.78	0.94	3.40
0.9	4.0	120	800	0.81	2.92	0.96	3.44
0.9	5.0	30	200	0.68	3.04	0.75	3.37
0.9	5.0	30	400	0.80	3.58	0.84	3.80
0.9	5.0	30	600	0.85	3.81	0.88	3.97
0.9	5.0	30	800	0.87	3.92	0.90	4.05
0.9	5.0	60	200	0.65	2.95	0.81	3.64
0.9	5.0	60	400	0.78	3.50	0.88	3.98
0.9	5.0	60	600	0.83	3.75	0.92	4.12
0.9	5.0	60	800	0.86	3.88	0.93	4.19
0.9	5.0	90	200	0.60	2.70	0.83	3.74
0.9	5.0	90	400	0.74	3.33	0.90	4.05
0.9	5.0	90	600	0.80	3.61	0.93	4.17
0.9	5.0	90	800	0.84	3.77	0.94	4.23
0.9	5.0	120	200	0.55	2.46	0.84	3.78
0.9	5.0	120	400	0.70	3.13	0.91	4.08
0.9	5.0	120	600	0.77	3.45	0.93	4.20
0.9	5.0	120	800	0.81	3.64	0.95	4.26
0.9	6.0	30	200	0.65	3.52	0.72	3.86
0.9	6.0	30	400	0.78	4.20	0.82	4.44
0.9	6.0	30	600	0.83	4.50	0.87	4.68
0.9	6.0	30	800	0.86	4.65	0.89	4.79
0.9	6.0	60	200	0.64	3.47	0.78	4.22
0.9	6.0	60	400	0.77	4.16	0.87	4.68
0.9	6.0	60	600	0.83	4.46	0.90	4.87
0.9	6.0	60	800	0.86	4.63	0.92	4.97
0.9	6.0	90	200	0.59	3.21	0.81	4.35
0.9	6.0	90	400	0.73	3.96	0.88	4.78
0.9	6.0	90	600	0.80	4.30	0.92	4.94
0.9	6.0	90	800	0.83	4.50	0.93	5.03
0.9	6.0	120	200	0.54	2.93	0.81	4.40
0.9	6.0	120	400	0.69	3.74	0.89	4.82
0.9	6.0	120	600	0.76	4.13	0.92	4.98
0.9	6.0	120	800	0.81	4.36	0.94	5.06
0.9	7.0	30	200	0.63	3.96	0.69	4.32
0.9	7.0	30	400	0.76	4.80	0.80	5.05
0.9	7.0	30	600	0.82	5.17	0.85	5.36
0.9	7.0	30	800	0.85	5.35	0.87	5.50
0.9	7.0	60	200	0.63	3.98	0.75	4.75
0.9	7.0	60	400	0.76	4.80	0.85	5.35
0.9	7.0	60	600	0.82	5.17	0.89	5.61
0.9	7.0	60	800	0.85	5.36	0.91	5.73

EK 1'in Devamı

Makina iş genişliği (MİG-m)	Çalışma hızı (V ₁ -km/h)	Arazi Eni (ArEn-m)	Arazi Boyu (ArBo-m)	SKP		DKP	
				Tarla etkinliği (e-ond.)	İş başarısı (AK _e -da/h)	Tarla etkinliği (e-ond.)	İş başarısı (AK _e -da/h)
0.9	7.0	90	200	0.59	3.70	0.78	4.92
0.9	7.0	90	400	0.73	4.59	0.87	5.48
0.9	7.0	90	600	0.79	5.00	0.90	5.69
0.9	7.0	90	800	0.83	5.23	0.92	5.81
0.9	7.0	120	200	0.54	3.39	0.79	4.98
0.9	7.0	120	400	0.69	4.34	0.88	5.53
0.9	7.0	120	600	0.76	4.80	0.91	5.74
0.9	7.0	120	800	0.80	5.06	0.93	5.85
1.2	4.0	30	200	0.68	3.24	0.75	3.62
1.2	4.0	30	400	0.79	3.80	0.84	4.05
1.2	4.0	30	600	0.84	4.04	0.88	4.22
1.2	4.0	30	800	0.87	4.15	0.90	4.30
1.2	4.0	60	200	0.65	3.14	0.82	3.94
1.2	4.0	60	400	0.77	3.72	0.89	4.27
1.2	4.0	60	600	0.83	3.97	0.92	4.41
1.2	4.0	60	800	0.86	4.11	0.93	4.47
1.2	4.0	90	200	0.60	2.88	0.85	4.06
1.2	4.0	90	400	0.74	3.53	0.91	4.36
1.2	4.0	90	600	0.80	3.82	0.93	4.47
1.2	4.0	90	800	0.83	3.99	0.94	4.53
1.2	4.0	120	200	0.55	2.62	0.86	4.11
1.2	4.0	120	400	0.69	3.33	0.92	4.40
1.2	4.0	120	600	0.76	3.66	0.94	4.50
1.2	4.0	120	800	0.80	3.86	0.95	4.56
1.2	5.0	30	200	0.65	3.88	0.72	4.29
1.2	5.0	30	400	0.77	4.63	0.82	4.91
1.2	5.0	30	600	0.83	4.95	0.86	5.17
1.2	5.0	30	800	0.85	5.11	0.88	5.28
1.2	5.0	60	200	0.64	3.84	0.79	4.73
1.2	5.0	60	400	0.76	4.58	0.87	5.22
1.2	5.0	60	600	0.82	4.92	0.90	5.42
1.2	5.0	60	800	0.85	5.09	0.92	5.51
1.2	5.0	90	200	0.59	3.55	0.82	4.90
1.2	5.0	90	400	0.73	4.37	0.89	5.34
1.2	5.0	90	600	0.79	4.75	0.92	5.51
1.2	5.0	90	800	0.83	4.96	0.93	5.60
1.2	5.0	120	200	0.54	3.24	0.83	4.97
1.2	5.0	120	400	0.69	4.13	0.90	5.39
1.2	5.0	120	600	0.76	4.55	0.93	5.55
1.2	5.0	120	800	0.80	4.80	0.94	5.64
1.2	6.0	30	200	0.62	4.46	0.68	4.90
1.2	6.0	30	400	0.75	5.41	0.80	5.73
1.2	6.0	30	600	0.81	5.84	0.84	6.07
1.2	6.0	30	800	0.84	6.04	0.87	6.23
1.2	6.0	60	200	0.63	4.51	0.76	5.47
1.2	6.0	60	400	0.75	5.43	0.85	6.12
1.2	6.0	60	600	0.81	5.84	0.89	6.40
1.2	6.0	60	800	0.84	6.07	0.91	6.53
1.2	6.0	90	200	0.58	4.20	0.79	5.69
1.2	6.0	90	400	0.72	5.20	0.87	6.29
1.2	6.0	90	600	0.79	5.66	0.91	6.52
1.2	6.0	90	800	0.82	5.92	0.92	6.64
1.2	6.0	120	200	0.53	3.85	0.80	5.77
1.2	6.0	120	400	0.68	4.92	0.88	6.36
1.2	6.0	120	600	0.76	5.44	0.91	6.58
1.2	6.0	120	800	0.80	5.74	0.93	6.70
1.2	7.0	30	200	0.59	5.00	0.65	5.44
1.2	7.0	30	400	0.73	6.16	0.77	6.49
1.2	7.0	30	600	0.80	6.69	0.83	6.94
1.2	7.0	30	800	0.83	6.95	0.85	7.15

EK 1'in Devamı

Makina iş genişliği (MİG-m)	Çalışma hızı (V ₁ -km/h)	Arazi Eni (ArEn-m)	Arazi Boyu (ArBo-m)	SKP		DKP	
				Tarla etkinliği (e-ond.)	İş başarısı (AK _e -da/h)	Tarla etkinliği (e-ond.)	İş başarısı (AK _e -da/h)
1.2	7.0	60	200	0.61	5.15	0.73	6.15
1.2	7.0	60	400	0.74	6.25	0.83	6.98
1.2	7.0	60	600	0.80	6.75	0.88	7.35
1.2	7.0	60	800	0.84	7.02	0.90	7.53
1.2	7.0	90	200	0.58	4.84	0.76	6.42
1.2	7.0	90	400	0.72	6.02	0.86	7.20
1.2	7.0	90	600	0.78	6.56	0.89	7.50
1.2	7.0	90	800	0.82	6.87	0.91	7.67
1.2	7.0	120	200	0.53	4.45	0.78	6.53
1.2	7.0	120	400	0.68	5.71	0.87	7.28
1.2	7.0	120	600	0.75	6.31	0.90	7.58
1.2	7.0	120	800	0.79	6.67	0.92	7.74
1.5	4.0	30	200	0.66	3.94	0.73	4.36
1.5	4.0	30	400	0.78	4.65	0.82	4.94
1.5	4.0	30	600	0.83	4.96	0.86	5.17
1.5	4.0	30	800	0.85	5.11	0.88	5.27
1.5	4.0	60	200	0.64	3.86	0.80	4.83
1.5	4.0	60	400	0.76	4.58	0.88	5.26
1.5	4.0	60	600	0.82	4.90	0.91	5.44
1.5	4.0	60	800	0.85	5.07	0.92	5.53
1.5	4.0	90	200	0.59	3.56	0.83	5.01
1.5	4.0	90	400	0.73	4.36	0.90	5.40
1.5	4.0	90	600	0.79	4.73	0.92	5.54
1.5	4.0	90	800	0.82	4.93	0.94	5.62
1.5	4.0	120	200	0.54	3.24	0.85	5.08
1.5	4.0	120	400	0.69	4.12	0.91	5.45
1.5	4.0	120	600	0.76	4.53	0.93	5.59
1.5	4.0	120	800	0.80	4.77	0.94	5.66
1.5	5.0	30	200	0.63	4.69	0.69	5.14
1.5	5.0	30	400	0.75	5.65	0.80	5.97
1.5	5.0	30	600	0.81	6.07	0.84	6.31
1.5	5.0	30	800	0.84	6.27	0.86	6.46
1.5	5.0	60	200	0.63	4.71	0.77	5.78
1.5	5.0	60	400	0.75	5.64	0.86	6.41
1.5	5.0	60	600	0.81	6.06	0.89	6.69
1.5	5.0	60	800	0.84	6.28	0.91	6.81
1.5	5.0	90	200	0.58	4.38	0.80	6.03
1.5	5.0	90	400	0.72	5.40	0.88	6.60
1.5	5.0	90	600	0.78	5.86	0.91	6.82
1.5	5.0	90	800	0.82	6.13	0.92	6.94
1.5	5.0	120	200	0.53	4.01	0.82	6.13
1.5	5.0	120	400	0.68	5.11	0.89	6.68
1.5	5.0	120	600	0.75	5.63	0.92	6.89
1.5	5.0	120	800	0.79	5.94	0.93	7.00
1.5	6.0	30	200	0.60	5.37	0.65	5.84
1.5	6.0	30	400	0.73	6.59	0.77	6.93
1.5	6.0	30	600	0.79	7.13	0.82	7.40
1.5	6.0	30	800	0.82	7.40	0.85	7.61

EK 1'in Devamı

Makina iş genişliği (MİG-m)	Çalışma hızı (V ₁ -km/h)	Arazi Eni (ArEn-m)	Arazi Boyu (ArBo-m)	SKP		DKP	
				Tarla etkinliği (e-ond.)	Efektif alan kapasitesi (Ak _e -da/h)	Tarla etkinliği (e-ond.)	Efektif alan kapasitesi (Ak _e -da/h)
1.5	6.0	60	200	0.61	5.52	0.74	6.66
1.5	6.0	60	400	0.74	6.66	0.83	7.51
1.5	6.0	60	600	0.80	7.19	0.88	7.89
1.5	6.0	60	800	0.83	7.47	0.90	8.06
1.5	6.0	90	200	0.58	5.18	0.78	6.98
1.5	6.0	90	400	0.71	6.42	0.86	7.76
1.5	6.0	90	600	0.78	6.98	0.90	8.06
1.5	6.0	90	800	0.81	7.31	0.91	8.22
1.5	6.0	120	200	0.53	4.76	0.79	7.11
1.5	6.0	120	400	0.68	6.09	0.87	7.86
1.5	6.0	120	600	0.75	6.72	0.91	8.15
1.5	6.0	120	800	0.79	7.09	0.92	8.31
1.5	7.0	30	200	0.57	6.00	0.62	6.46
1.5	7.0	30	400	0.71	7.48	0.75	7.83
1.5	7.0	30	600	0.78	8.16	0.80	8.44
1.5	7.0	30	800	0.81	8.49	0.83	8.71
1.5	7.0	60	200	0.60	6.29	0.71	7.46
1.5	7.0	60	400	0.73	7.66	0.81	8.55
1.5	7.0	60	600	0.79	8.30	0.86	9.05
1.5	7.0	60	800	0.82	8.64	0.88	9.28
1.5	7.0	90	200	0.57	5.96	0.75	7.87
1.5	7.0	90	400	0.71	7.42	0.84	8.87
1.5	7.0	90	600	0.77	8.09	0.88	9.27
1.5	7.0	90	800	0.81	8.47	0.90	9.48
1.5	7.0	120	200	0.52	5.50	0.76	8.03
1.5	7.0	120	400	0.67	7.05	0.86	9.00
1.5	7.0	120	600	0.74	7.80	0.89	9.38
1.5	7.0	120	800	0.78	8.24	0.91	9.59
1.8	4.0	30	200	0.63	4.53	0.70	5.04
1.8	4.0	30	400	0.75	5.42	0.80	5.78
1.8	4.0	30	600	0.81	5.81	0.84	6.08
1.8	4.0	30	800	0.83	6.00	0.86	6.21
1.8	4.0	60	200	0.63	4.53	0.79	5.68
1.8	4.0	60	400	0.75	5.40	0.86	6.22
1.8	4.0	60	600	0.80	5.79	0.90	6.46
1.8	4.0	60	800	0.83	6.00	0.91	6.56
1.8	4.0	90	200	0.58	4.21	0.82	5.93
1.8	4.0	90	400	0.72	5.17	0.89	6.41
1.8	4.0	90	600	0.78	5.60	0.92	6.59
1.8	4.0	90	800	0.81	5.85	0.93	6.69
1.8	4.0	120	200	0.53	3.85	0.84	6.03
1.8	4.0	120	400	0.68	4.89	0.90	6.49
1.8	4.0	120	600	0.75	5.38	0.93	6.66
1.8	4.0	120	800	0.79	5.67	0.94	6.76
1.8	5.0	30	200	0.60	5.36	0.66	5.92
1.8	5.0	30	400	0.73	6.55	0.77	6.96
1.8	5.0	30	600	0.79	7.09	0.82	7.40
1.8	5.0	30	800	0.82	7.35	0.84	7.59

EK 1'in Devamı

Makina iş genişliği (MİG-m)	Çalışma hızı (V ₁ -km/h)	Arazi Eni (ArEn-m)	Arazi Boyu (ArBo-m)	SKP		DKP	
				Tarla etkinliği (e-ond.)	Efektif alan kapasitesi (Ak _e -da/h)	Tarla etkinliği (e-ond.)	Efektif alan kapasitesi (Ak _e -da/h)
1.8	5.0	60	200	0.61	5.50	0.75	6.77
1.8	5.0	60	400	0.74	6.63	0.84	7.57
1.8	5.0	60	600	0.79	7.14	0.88	7.92
1.8	5.0	60	800	0.82	7.42	0.90	8.08
1.8	5.0	90	200	0.57	5.17	0.79	7.12
1.8	5.0	90	400	0.71	6.38	0.87	7.83
1.8	5.0	90	600	0.77	6.94	0.90	8.11
1.8	5.0	90	800	0.81	7.25	0.92	8.25
1.8	5.0	120	200	0.53	4.75	0.81	7.26
1.8	5.0	120	400	0.67	6.06	0.88	7.94
1.8	5.0	120	600	0.74	6.68	0.91	8.21
1.8	5.0	120	800	0.78	7.04	0.93	8.34
1.8	6.0	30	200	0.56	6.10	0.62	6.69
1.8	6.0	30	400	0.70	7.61	0.75	8.05
1.8	6.0	30	600	0.77	8.30	0.80	8.65
1.8	6.0	30	800	0.80	8.64	0.83	8.92
1.8	6.0	60	200	0.59	6.43	0.72	7.78
1.8	6.0	60	400	0.72	7.81	0.82	8.84
1.8	6.0	60	600	0.78	8.46	0.86	9.32
1.8	6.0	60	800	0.82	8.80	0.88	9.55
1.8	6.0	90	200	0.56	6.09	0.76	8.22
1.8	6.0	90	400	0.70	7.57	0.85	9.19
1.8	6.0	90	600	0.76	8.25	0.89	9.57
1.8	6.0	90	800	0.80	8.64	0.91	9.78
1.8	6.0	120	200	0.52	5.63	0.78	8.40
1.8	6.0	120	400	0.67	7.21	0.86	9.34
1.8	6.0	120	600	0.74	7.96	0.90	9.70
1.8	6.0	120	800	0.78	8.40	0.92	9.90
1.8	7.0	30	200	0.54	6.77	0.59	7.37
1.8	7.0	30	400	0.68	8.60	0.72	9.07
1.8	7.0	30	600	0.75	9.46	0.78	9.84
1.8	7.0	30	800	0.78	9.89	0.81	10.19
1.8	7.0	60	200	0.58	7.30	0.69	8.69
1.8	7.0	60	400	0.71	8.95	0.80	10.05
1.8	7.0	60	600	0.77	9.75	0.85	10.68
1.8	7.0	60	800	0.81	10.16	0.87	10.97
1.8	7.0	90	200	0.55	6.99	0.73	9.25
1.8	7.0	90	400	0.69	8.73	0.83	10.49
1.8	7.0	90	600	0.76	9.54	0.87	10.99
1.8	7.0	90	800	0.79	10.01	0.89	11.26
1.8	7.0	120	200	0.51	6.49	0.75	9.47
1.8	7.0	120	400	0.66	8.33	0.85	10.67
1.8	7.0	120	600	0.73	9.22	0.89	11.15
1.8	7.0	120	800	0.77	9.75	0.91	11.41

EK 2. Kulaklı pulluklarla çalışmada, makina iş genişliğine göre tarla etkinliği ve iş başarısı için regresyon ve belirleme katsayıları

MİG* (m)	V ₁ (km/h)	ArEn (m)	ArBo (m)	SKP						DKP					
				e (ond.) **			AK _e (da/h) **			e (ond.) **			AK _e (da/h) **		
				a	b	R ²	a	b	R ²	a	b	R ²	a	b	R ²
0.9	4	30	200	-0.0767	0.7710	0.988	2.4567	0.6460	0.998	-0.0867	0.8570	0.994	2.2333	0.5450	0.998
1.2	5	30	200	-0.0833	0.7533	0.986	2.7500	0.5700	0.999	-0.1000	0.8400	1.000	2.9500	0.7267	0.999
1.5	6	30	200	-0.0833	0.7233	0.986	3.0833	0.9067	0.999	-0.1167	0.8233	0.993	3.3000	0.9067	0.999
1.8	7	30	200	-0.1000	0.7167	0.964	3.4000	0.9067	0.999	-0.1167	0.7933	0.993	3.5667	1.1267	0.999
0.9	4	60	200	-0.0500	0.7133	0.964	2.4333	0.2133	0.999	-0.0667	0.9000	1.000	3.0167	0.3100	0.999
1.2	5	60	200	-0.0333	0.6800	1.000	2.9333	0.3133	1.000	-0.0667	0.8700	1.000	3.5667	0.4367	0.999
1.5	6	60	200	-0.0500	0.6867	0.964	3.4167	0.4000	0.999	-0.0667	0.8400	1.000	4.0667	0.5700	0.999
1.8	7	60	200	-0.0500	0.6733	0.964	3.8500	0.5200	0.999	-0.0667	0.8100	1.000	4.5167	0.7000	0.999
0.9	4	90	200	-0.0333	0.6400	1.000	2.3000	0.1133	0.999	-0.0500	0.9067	0.964	3.2000	0.2133	1.000
1.2	5	90	200	-0.0333	0.6300	1.000	2.8000	0.1833	1.000	-0.0500	0.8767	0.964	3.8167	0.3100	0.999
1.5	6	90	200	-0.0167	0.6033	0.750	3.2833	0.2567	1.000	-0.0500	0.8533	0.964	4.3833	0.4133	0.999
1.8	7	90	200	-0.0333	0.6200	1.000	3.7667	0.3133	1.000	-0.0500	0.8233	0.964	4.9167	0.5033	0.999
0.9	4	120	200	-0.0167	0.5667	0.750	2.1000	0.0933	0.999	-0.0333	0.9000	1.000	3.2667	0.1833	1.000
1.2	5	120	200	-0.0333	0.5800	1.000	2.5833	0.1367	1.000	-0.0333	0.8700	1.000	3.9167	0.2600	0.999
1.5	6	120	200	-0.0167	0.5533	0.750	3.0500	0.1867	1.000	-0.0333	0.8400	1.000	4.5167	0.3400	1.000
1.8	7	120	200	-0.0333	0.5700	1.000	3.5167	0.2267	1.000	-0.0500	0.8367	0.964	5.0833	0.4133	0.999
0.9	4	30	400	-0.0633	0.8680	0.962	2.7733	0.4560	0.999	-0.0767	0.9360	0.988	2.9567	0.4810	0.999
1.2	5	30	400	-0.0833	0.8733	0.986	3.4500	0.4800	0.999	-0.0667	0.9000	1.000	3.6167	0.5533	0.999
1.5	6	30	400	-0.0833	0.8533	0.986	3.9833	0.6200	0.999	-0.0833	0.8967	0.986	4.1500	0.7200	0.999
1.8	7	30	400	-0.0833	0.8333	0.986	4.4667	0.7867	0.999	-0.0833	0.8733	0.986	4.6333	0.8967	0.999

EK 2'nin devamı

MİG* (m)	V ₁ (km/h)	ArEn (m)	ArBo (m)	SKP						DKP					
				e (ond.) **			AKe (da/h) **			e (ond.) **			AKe (da/h) **		
				a	b	R ²	a	b	R ²	a	b	R ²	a	b	R ²
0.9	4	60	400	-0.0500	0.8333	0.964	2.9167	0.2100	0.999	-0.0333	0.9300	1.000	3.3500	0.2400	0.999
1.2	5	60	400	-0.0500	0.8233	0.964	3.5667	0.2933	1.000	-0.0333	0.9100	1.000	4.0500	0.3433	0.999
1.5	6	60	400	-0.0500	0.8133	0.964	4.1667	0.4167	0.999	-0.0667	0.9300	1.000	4.7167	0.4433	0.999
1.8	7	60	400	-0.0500	0.8033	0.964	4.7667	0.5167	0.999	-0.0667	0.9100	1.000	5.3333	0.5600	0.999
0.9	4	90	400	-0.0167	0.7567	0.750	2.8000	0.1633	1.000	-0.0333	0.9500	1.000	3.5000	0.1533	1.000
1.2	5	90	400	-0.0333	0.7700	1.000	3.4500	0.2267	1.000	-0.0333	0.9300	1.000	4.2500	0.2300	1.000
1.5	6	90	400	-0.0333	0.7600	1.000	4.1000	0.2733	1.000	-0.0333	0.9100	1.000	4.9667	0.3167	0.999
1.8	7	90	400	-0.0333	0.7600	1.000	4.7167	0.3500	1.000	-0.0500	0.9167	0.964	5.6500	0.4033	0.999
0.9	4	120	400	-0.0167	0.7133	0.750	2.6667	0.1233	0.999	-0.0167	0.9367	0.750	3.5500	0.1300	0.999
1.2	5	120	400	-0.0333	0.7300	1.000	3.3000	0.1633	1.000	-0.0333	0.9400	1.000	4.3333	0.1833	1.000
1.5	6	120	400	-0.0167	0.7033	0.750	3.9167	0.2167	1.000	-0.0333	0.9200	1.000	5.0667	0.2667	0.999
1.8	7	120	400	-0.0333	0.7200	1.000	4.5167	0.2800	1.000	-0.0333	0.9100	1.000	5.7833	0.3300	1.000
0.9	4	30	600	-0.0500	0.9033	0.964	3.1167	0.2900	0.999	-0.0667	0.9600	1.000	3.2167	0.3500	0.999
1.2	5	30	600	-0.0667	0.9100	1.000	3.7667	0.4233	1.000	-0.0667	0.9400	1.000	3.9000	0.4700	0.999
1.5	6	30	600	-0.0667	0.8900	1.000	4.3833	0.5633	0.999	-0.0833	0.9433	0.986	4.5333	0.6100	0.999
1.8	7	30	600	-0.0667	0.8800	1.000	4.9833	0.6933	0.999	-0.0833	0.9267	0.986	5.1333	0.7533	0.999
0.9	4	60	600	-0.0333	0.8700	1.000	3.1333	0.2033	1.000	-0.0333	0.9600	1.000	3.5000	0.1967	0.999
1.2	5	60	600	-0.0333	0.8600	1.000	3.8500	0.2900	0.999	-0.0500	0.9633	0.964	4.2833	0.2700	1.000
1.5	6	60	600	-0.0500	0.8733	0.964	4.5500	0.3700	1.000	-0.0333	0.9300	1.000	5.0333	0.3467	0.999
1.8	7	60	600	-0.0500	0.8633	0.964	5.2167	0.4800	1.000	-0.0500	0.9367	0.964	5.7333	0.4567	1.000

EK 2'nin devamı

MiG* (m)	V ₁ (km/h)	ArEn (m)	ArBo (m)	SKP						DKP					
				e (ond.) **			AK _e (da/h) **			e (ond.) **			AK _e (da/h) **		
				a	b	R ²	a	b	R ²	a	b	R ²	a	b	R ²
0.9	4	90	600	-0.0333	0.8400	1.000	3.0500	0.1567	1.000	-0.0333	0.9700	1.000	3.6000	0.1433	1.000
1.2	5	90	600	-0.0333	0.8300	1.000	3.7500	0.2400	0.999	-0.0333	0.9600	1.000	4.4167	0.2000	1.000
1.5	6	90	600	-0.0333	0.8300	1.000	4.4667	0.2867	0.999	-0.0333	0.9500	1.000	5.2000	0.2667	0.999
1.8	7	90	600	-0.0333	0.8200	1.000	5.1500	0.3700	1.000	-0.0333	0.9300	1.000	5.9667	0.3267	1.000
0.9	4	120	600	-0.0167	0.7833	0.750	2.9167	0.1567	1.000	-0.0167	0.9567	0.750	3.6500	0.1167	1.000
1.2	5	120	600	-0.0333	0.8000	1.000	3.6333	0.1833	1.000	-0.0167	0.9467	0.750	4.4833	0.1667	1.000
1.5	6	120	600	-0.0167	0.7767	0.750	4.3167	0.2500	1.000	-0.0167	0.9333	0.750	5.2833	0.2300	1.000
1.8	7	120	600	-0.0333	0.7900	1.000	5.0000	0.3033	1.000	-0.0333	0.9400	1.000	6.0667	0.2867	1.000
0.9	4	30	800	-0.0500	0.9267	0.964	3.2167	0.2867	1.000	-0.0500	0.9567	0.964	3.3000	0.3267	0.999
1.2	5	30	800	-0.0500	0.9133	0.964	3.9167	0.4000	0.999	-0.0667	0.9600	1.000	4.0167	0.4433	0.999
1.5	6	30	800	-0.0667	0.9200	1.000	4.5833	0.5300	1.000	-0.0667	0.9500	1.000	4.7000	0.5700	0.999
1.8	7	30	800	-0.0667	0.9300	1.000	5.2333	0.6500	0.999	-0.0667	0.9300	1.000	5.3500	0.7000	0.999
0.9	4	60	800	-0.0333	0.9000	1.000	3.2333	0.2233	1.000	-0.0333	0.9700	1.000	3.5667	0.1833	1.000
1.2	5	60	800	-0.0333	0.8900	1.000	4.0000	0.2833	1.000	-0.0333	0.9600	1.000	4.3667	0.2633	1.000
1.5	6	60	800	-0.0500	0.9033	0.964	4.7333	0.3767	0.999	-0.0333	0.9500	1.000	5.1500	0.3400	1.000
1.8	7	60	800	-0.0500	0.8967	0.964	5.4667	0.4467	1.000	-0.0500	0.9567	0.964	5.9167	0.4133	0.999
0.9	4	90	800	-0.0333	0.8700	1.000	3.1667	0.1833	1.000	-0.0167	0.9633	0.750	3.6667	0.1233	1.000
1.2	5	90	800	-0.0333	0.8700	1.000	3.9333	0.2333	1.000	-0.0333	0.9700	1.000	4.5167	0.1700	1.000
1.5	6	90	800	-0.0333	0.8600	1.000	4.6833	0.2900	1.000	-0.0333	0.9600	1.000	5.3167	0.2500	1.000
1.8	7	90	800	-0.0333	0.8600	1.000	5.4000	0.3767	0.999	-0.0333	0.9500	1.000	6.1167	0.3133	0.999

EK 2'nin devamı

MİG* (m)	V ₁ (km/h)	ArEn (m)	ArBo (m)	SKP						DKP					
				e (ond.) **			AK _e (da/h) **			e (ond.) **			AK _e (da/h) **		
				a	b	R ²	a	b	R ²	a	b	R ²	a	b	R ²
0.9	4	120	800	-0.0167	0.8233	0.750	3.0833	0.1500	0.999	-0.0333	0.9900	1.000	3.7000	0.1133	1.000
1.2	5	120	800	-0.0333	0.8400	1.000	3.8333	0.1933	1.000	-0.0333	0.9800	1.000	4.5667	0.1533	1.000
1.5	6	120	800	-0.0333	0.8400	1.000	4.5500	0.2700	1.000	-0.0333	0.9700	1.000	5.4167	0.1900	1.000
1.8	7	120	800	-0.0333	0.8300	1.000	5.3000	0.2967	0.999	-0.0333	0.9600	1.000	6.2333	0.2467	1.000

*: Bağımsız değişken, **: Bağımlı değişken

ÖZGEÇMİŞ

Adem COMART

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Doktora 2019-2025	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Yüksek Lisans 2013-2016	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Lisans 1993-1997	Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Adana

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Öğretim Görevlisi 1998-Devam Ediyor	Akdeniz Üniversitesi Elmalı Meslek Yüksekokulu, Makina ve Metal Teknolojileri Bölümü, Tarım Makinaları Programı, Antalya
Bölüm Başkanı 2023-Devam Ediyor	Akdeniz Üniversitesi Elmalı Meslek Yüksekokulu, Makina ve Metal Teknolojileri Bölümü, Antalya

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

- 1- Ertekin, C., **Comart, A.**, (2024). Energy analysis of citrus production in Turkey and the World. *Applied Fruit Science* 66, 535-549. <https://doi.org/10.1007/s10341-024-01035-5>
- 2- Ertekin, C., **Comart, A.** & Ekinci, K. (2024). Energy analysis for global berry fruit production. *Sustainability*, 16(6), 2520. <https://doi.org/10.3390/su16062520>

Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

- 1- **Comart, A.**, Ertekin, C. (2024). Greenhouse gas (GHG) emissions in fruit production-I: berries, nuts and citrus. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*, 8(4), 944-963. <https://doi.org/10.31015/jaefs.2024.4.24>
- 2- **Comart, A.**, Oral, O & Çağlayan, N. (2018). Nesnelerin interneti teknolojisinin tarımsal alandaki uygulamaları. *Uluslararası Hakemli Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 13, <https://doi.org/10.17366/uhmfd.2018.2.3>
- 3- **Comart, A.** & Akıncı, İ. (2017). Antalya ili tarım işletmelerinin tarımsal yapı, üretim ve mekanizasyon özelliklerinin belirlenmesi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 30(3), 227-234. <https://doi.org/10.29136/mediterranean.359840>

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

- 1- Boyar, İ., **Comart, A.**, & Ertekin, C., (2022). Süt Sığırcılığı İşletmesinde Sağım Teknikleri ve Enerji Kullanımı: Antalya İli Elmalı İlçesi Örneği. 34. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi (ss.185-195). Bilecik, Türkiye, (Kitap Bölümü) 07-09 Eylül 2022.

Yazılan uluslararası kitaplarda editörlük

- 1- Tarım Makinaları Çözümlü Problemleri (2022). Nobel Akademik Yayıncılık, Editör: Ertekin, C. & **Comart, A.**, Basım sayısı:1, Sayfa Sayısı 446, ISBN: 978-625-417-141-3, Türkçe (Ders Kitabı) (Yayın No: 7695711)

Yazılan ulusal/uluslararası kitaplar veya kitaplardaki bölümler

- 1- Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Üzerine Güncel Araştırmalar II, Bölüm adı:(Süt Sığırcılığı İşletmesinde Sağım Teknikleri Ve Enerji Kullanımı: Antalya İli Elmalı İlçesi Örneği) (2022). **Comart, A.**, Boyar, İ. & Ertekin, C. Akademisyen Kitabevi, Editör: Sayıncı Bahadır, Basım sayısı:1, Sayfa Sayısı 211, ISBN:978-625-8125-00-9, Türkçe (Bilimsel Kitap) (Yayın No: 8181845)
- 2- Tarım Makinaları Çözümlü Problemleri, Bölüm adı: (Birimler, Simgeler ve Boyutsuz Sayılar) (2022). Boyar, İ., **Comart, A.** & Külçü, R., Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti., Editör: Can ERTEKİN, Adem COMART, Basım sayısı:1, Sayfa Sayısı 446, ISBN:978-625-417-141-3, Türkçe (Ders Kitabı) (Yayın No: 7695711)