



Yerli Yapım Çift Çeker Bir Traktörün Güç İletim ve Hidrolik Sisteminin Tarla Performansının Belirlenmesi

Determination of Field Performance of Power
Transmission and Hydraulic System of a Domestic
Production Two-Wheel Drive Tractor

Merve ORUÇ¹, Bahattin AKDEMİR², Gökay UYMAZ³, Selim GÜNGÖR⁴

¹Hema Endüstri, Çerkezköy, Tekirdağ

· merveoruc@hattat.com.tr · ORCID > 0000-0003-2117-3544

²Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Süleymanpaşa Tekirdağ

· bakdemir@nku.edu.tr · ORCID > 0000-0001-9872-1823

³Hema Endüstri, Çerkezköy, Tekirdağ

· gokayuymaz@hattat.com.tr · ORCID > 0000-0002-4068-1686

⁴Hema Endüstri, Çerkezköy, Tekirdağ

· selimgungor@hattat.com.tr · ORCID > 0009-0006-1710-4991

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 14 Mayıs/May 2025

Kabul Tarihi/Accepted: 13 Ekim/October 2025

Yıl/Year: 2026 | **Cilt-Volume:** 41 | **Sayfa/Pages:** 95-131

Atıf/Cite as: Oruç, M., Akdemir, B., Uymaz, G., Güngör, S. "Yerli Yapım Çift Çeker Bir Traktörün Güç İletim ve Hidrolik Sisteminin Tarla Performansının Belirlenmesi" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 41, Ocak 2026: 95-131.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Merve ORUÇ

YERLİ YAPIM ÇİFT ÇEKER BİR TRAKTÖRÜN GÜÇ İLETİM VE HİDROLİK SİSTEMİNİN PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

ÖZ

Bu çalışma ile yerli bir traktör firması tarafından geliştirilen powershift mekanizmasına sahip traktörün tarla testleri yapılarak sistemin performansının ortaya koyulması amaçlanmıştır. Denemelerde kullanılan traktör 140 BG'ne sahiptir. Denemeler çizel, dipkazan, diskaro, pulluk, rotovator ve pülverizatör ile yapılarak; tork metre, manyetik sensör, load pin, basınç sensörleri, yakıt sayacı kullanılarak kuyruk mili torku, patinaj, çeki kuvveti, yakıt sarfiyatı ölçüm düzenekleri oluşturulmuştur. Testlerden önce bu ölçüm düzeneklerinin kalibrasyonları yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarının ortalaması, maksimum ve minimum değerler, varyasyon katsayısı, standart sapma ve tek yönlü varyans analizi gibi parametreler ile sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Çalışmalar traktörün 1000 rpm devrinde ve M3 viteste gerçekleştirilmiştir. Çalışma kumlu-tın bünyeli, %19.2 nem içeriğine sahip ve 2.54 mPa penetrasyon direncine sahip, yüzeyi buğday anızı ile örtülü olan arazi üzerinde yapılmıştır. Çizel, dipkazan, diskaro, pulluk ile yapılan çalışmalarda ortalama çeki kuvveti değerleri sırasıyla 5.75 kN, 5.41 kN, 5.71 kN, 5.32 kN; çeki gücü değerleri 9.61 kW, 9.03 kW, 9.54 kW, 8.88 kW; yakıt tüketim değerleri 2.37 L da⁻¹, 1.97 L da⁻¹, 2.24 L da⁻¹, 2.19 L da⁻¹'dir. Rotovator ve pülverizatör ile yapılan çalışmalarda ortalama kuyruk mili devri sırasıyla 407.52 min⁻¹, 417.7 min⁻¹; kuyruk mili torku 1.38 kN m, 0.85 kN m; yakıt tüketimi 1.5 L da⁻¹, 0.24 L da⁻¹'dir. Çalışmalar sırasında sistemin basıncı 19-20 kg cm⁻² ölçülmüş olup sistem sıcaklığı ise 70 °C'yi geçmemiştir. Yapılan çalışmalarda sabit motor devri ve vites kullanılmıştır. Yapılan testlerde her ekipmana göre farklı güç ihtiyaçlarının ortaya çıktığı ve mevcut hız aralıkları kullanarak bu güç ihtiyaçlarının karşılanabildiği görülmüştür. Farklı viteslerde, zorlu arazi koşullarında (engebeli vb.) ve farklı toprak şartlarında bu çalışmaların yapılması, farklı güç ihtiyaçları ve farklı vites aralıklarına olan gereksinimini ortaya çıkarabilmesi açısından son derece önemlidir. Bu çalışma ile yerli bir traktör firması tarafından geliştirilen powershift mekanizmasına sahip traktörün tarla testleri yapılarak sistemin performansının ortaya koyulması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Traktör, Hidrolik Sistem, Güç İletimi, Elektro-Hidrolik Kaldırıcı.



DETERMINATION OF PERFORMANCE OF POWER TRANSMISSION AND HYDRAULIC SYSTEM OF A DOMESTIC PRODUCTION TWO-WHEEL DRIVE TRACTOR

ABSTRACT

This study aimed to demonstrate the system's performance by conducting field tests of a tractor equipped with a powershift mechanism developed by a domestic tractor company. The tractor used in the trials had 140 HP. The trials were conducted with a chisel, subsoiler, disc harrow, plow, rotovator, and sprayer. PTO torque, slip, draft force and fuel consumption measurement devices were created using torque meters, magnetic sensors, load pins, pressure sensors and fuel meters. Before the tests, these measurement devices were calibrated. The results were statistically evaluated with parameters such as average of the measurement results, maximum and minimum values, coefficient of variation, standard deviation and one-way analysis of variance. The studies were carried out at 1000 rpm and M3 gear of the tractor. The study was carried out on a sandy-loam land with 19.2% moisture content and 2.54 mPa penetration resistance and covered with wheat stubble. In the studies carried out with chisel, subsoiler, disc harrow and plow, the average draft force values were 5.75 kN, 5.41 kN, 5.71 kN, 5.32 kN, respectively; draft power values were 9.61 kW, 9.03 kW, 9.54 kW, 8.88 kW; Fuel consumption values are 2.37 L da⁻¹, 1.97 L da⁻¹, 2.24 L da⁻¹, 2.19 L da⁻¹. In studies conducted with rotovator and sprayer, the average PTO speed is 407.52 min⁻¹, 417.7 min⁻¹; PTO torque is 1.38 kN m, 0.85 kN m; fuel consumption is 1.5 L da⁻¹, 0.24 L da⁻¹, respectively. During the studies, the system pressure was measured as 19-20 kg cm⁻² and the system temperature did not exceed 70 °C. Constant engine speed and gear were used in the studies. The tests showed that different power needs arise for each equipment and that these power needs can be met by using the available speed ranges. Conducting these studies in different gears, difficult terrain conditions (rough, etc.) and different soil conditions is extremely important in order to reveal the need for different power needs and different gear ranges. This study aims to demonstrate the performance of the system by conducting field tests on a tractor with a powershift mechanism developed by a domestic tractor company.

Keywords: Tractor, Hydraulic System, Power Transmission, Electro-Hydraulic Lift



1. GİRİŞ

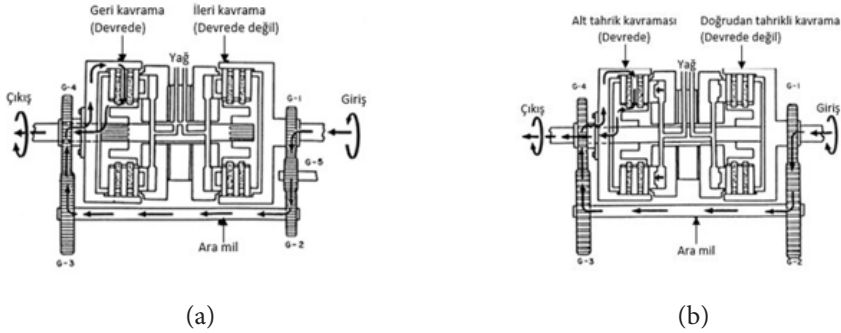
Traktöre yönelik performansı belirleyen kriterler çeşitli viteslerdeki çeki kuvveti ve çeki gücü, traktör ilerleme hızı ve vites aralıkları, transmisyon tipi (power shift, mekanik hız değiştirme, ileri-geri hız dönüştürme mekanizması, shuttle), lastiklerin durumu, standart devir sayısında kuyruk mili gücü, değişik yüklerde yakıt tüketimi, gürültü düzeyi, ağırlıklar ve bu ağırlıkların akslara dağılımı ile ek ağırlıklar olarak sıralanabilmektedir. Bu performans kriterlerinin her birinin bağlı önemi traktörlerin kullanılma koşullarına bağlı olmaktadır (Keçecioglu ve Gülsoylu, 2005).

Traktörler düşük hızda yüksek çekiş gücü sağlamak üzere tasarlanmışlardır. Bir aktarma organının işlemler sırasında tahrik akslarına sürekli güç sağlaması önemlidir. Bu nedenle birçok araştırmacı ve üretici çeşitli güç aktarım sistemleri geliştirmiştir. Traktörlerde manuel ve otomatik şanzıman tipleri mevcuttur. Otomatik şanzımanda vites oranları çeşitli adımlarda, otomatik veya kendi değiştirmektedir ve n-speed şanzıman olarak adlandırılmaktadır. Otomatik şanzımanlı traktör ayrıca kademeli ve kademesiz şanzıman olmak üzere iki tiptir. Power shift transmisyon (PST) kademeli değişken şanzımana sahiptir. PST, kısmi PST ve tam PST olmak üzere iki tiptedir. Kısmi PST debriyaj olmadan iki veya daha fazla hız sağlar ancak vites değişimi için kavrama gerekmektedir. Tam PST ise kullanıcıların tüm vitesleri kavrama olmadan değiştirebileceği anlamına gelmektedir (Kim ve ark.,2020).

Power shift sistemine sahip transmisyonlar ile sürüş sırasında güç aktarımını kesmeden vitesler arası geçiş yapmak bu sistemin önemli özelliklerinden biridir. Mekanik transmisyonlarda ise ancak motor ile transmisyon arasındaki güç aktarımını keserek vitesler arasında geçiş yapılabilir. Diğer adıyla yük altında devreye giren hız kutuları (power shift) ile sürüş sırasında bir çevrim oranından diğerine geçiş yapmak, yani bir vitesten diğerine kesintisiz (güç iletimini kesmeden) geçmek mümkündür. Power shift mekanizmasına sahip transmisyonlardaki kavrama hidrolik yardımlıdır ve aktarma elemanları arasındaki güç aktarımını denetlemektedir. Güç aktarımını ise dişli mekanizma sağlamaktadır (Keçecioglu ve Gülsoylu, 2005).

Güç kaydırmalı transmisyonlar karşı şaft tipi ve planet tiptedir. Şekil 1.âdeki yüksek-düşük ünite olarak kullanılan karşı şaft tipi şanzımanı gösterirken, Şekil 1.b geri vites şanzımanı göstermektedir. Her iki durumda da giriş mili, giriş milinin sağ ucundaki tamburu tahrik etmektedir. Şekil 1.âdeki sol tambur G-1 dişlisinden G-2 dişlisine ve G-3 dişlisinden de G-4 dişlisine kadar olan dişli ağlardan geçirilir, böylece dişlilerdeki diş sayısına bağlı olarak sol tambur sağ tamburdan daha hızlı veya daha yavaş dönebilmektedir. Şekil 1.âdeki ünite düşük tahrik içindir ve bu nedenle sol tambur sağ tamburdan daha yavaş dönmektedir. Her iki kavramadaki diskler çıkış miline yiv bağlantılıdır. Şekil 1.âda gösterildiği gibi sol kavrama devreye girdiğinde, güç iki dişli ağdan ve sol kavramadan akar ve çıkış mili giriş milinden daha yavaş dönmektedir. Dişlideki diş sayısı ile hız oranı hesaplanabilmektedir.

Sağ kavrama devreye girdiğinde çıkış mili ile giriş mili aynı hızda dönmektedir. Her iki kavrama da devre dışı bırakıldığında vites boşa olduğu anlamına gelmektedir. Her iki kavrama da devreye girdiğinde şanzıman park freninde olduğu gibi kilitlenmektedir. Şekil 1.b'de sol tamburun sağ tambura ters yönde dönmesini sağlamak için fazladan bir dişlinin (G-5) eklenmesi dışında aynı prensipte çalışmaktadır. Böylece araç sol kavrama devreye girdiğinde geri yönde gitmektedir (Carrill ve ark., 2003).



Şekil 1. Karşı shaft tipi, a)yüksek-alçak b) geri vites için power-shift transmisyenler (Carrill ve ark., 2003)

Figure 1. Counter shaft type, a)high-low b)powershift transmission for reverse gear (Carrill ve ark., 2003)

Günümüzde birçok yerli traktör üreticisi firma yük altında devreye giren hız kutularına (powershift) sahip traktör üretmektedir. Bu sistemde vites geçişleri debriyaja basmadan yapıldığı için vites geçişleri daha hızlı olmaktadır. Bu durumda motorun optimum devirde çalışması sağlanarak yakıt verimliliği artmaktadır ve işletme maliyetleri düşmektedir. Ayrıca zorlu arazi koşullarında hızlı vites değişimleri sırasında güç ve torkun iyi bir şekilde kullanılması sağlanarak çekiş gücü ve iş verimliliği de artmaktadır. Traktörün ileri ve geri hareketi (powershuttle) kabin içerisindeki bir buton yardımıyla elektro-hidrolik olarak kontrol edilmektedir. Transmisyon üzerine entegre edilen kaldırıcı da elektro-hidrolik kontrollüdür. Elektronik kontrol ile traktörün ideal hız ve vites tutularak en az yakıt sarfiyatı yapması sağlanmaktadır.

Çeşitli ekipmanlar ile çalışılması sırasında elde edilen çeki kuvvetleri alt bağlantı noktalarındaki yük hücrelerinden okunan kuvvet değerleri ve hidrolik orta kola yerleştirilen basınç sensöründen alınan basınç verilerinin kuvvet değerlerine çevrilmesi ile elde edilmiştir. Hidrolik kaldırıcı tasarım aşamasında matematiksel olarak hesaplanan çeki kuvveti değeri ile denemelerde elde edilen çeki kuvveti değerleri kıyaslanabilmektedir. Bu çalışma ile yerli bir traktör firması tarafından

geliştirilen powershift mekanizmasına sahip traktörün tarla testleri yapılarak sistemin performansının ortaya koyulması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

Denemelerde çizel, diskaro, pulluk, dipkazan, rotovator ve pülverizatör gibi çeşitli çeki gücü ve tork gereksinimlerine sahip ekipmanlar kullanılmıştır. Torkmetre, manyetik etkili sensör, load pin ve basınç sensörü, yakıt sayaçları kullanılarak ölçüm düzenekleri oluşturulmuştur.

2.1.1. Deneme Alanı

Tarla denemeleri, Çerkezköy'de Bağlık mahallesinde bulunan üzeri buğday anızı ile örtülü olan arazi üzerinde yapılmıştır (Şekil 2). Tarım alet ve ekipmanların, traktör ile çalışılması sırasında alınan verim üzerine etkilerini değerlendirmek amacıyla arazi ve traktör ile ilgili olarak ölçümler yapılmıştır.



Şekil 2. Deneme alanı genel görünüşü

Figure 2. General view of the study area

2.1.2.Traktör

Denemelerde Hattat Traktör 4125 serisi traktörün (Şekil 3) teknik özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Traktörde Stage 5 motor kullanılarak çevreye yaydığı zararlı emisyonların en aza indirilmesi amaçlanmıştır.



Şekil 3. Traktör

Figure 3. Tractor

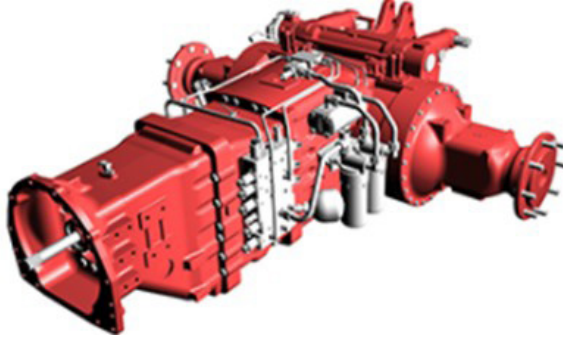
Çizelge 1. Traktörün teknik özellikleri

Table 1. Technical spesification of the tractor

Özellik	Değer
Motor Tipi	I tipi
Motor Gücü	140 BG
Motor Devri	Maksimum 2200 min ⁻¹
Silindir Sayısı	3
Traktör Ağırlığı	5400 kg
Lastik Ölçüleri	Ön lastikler 420/85/R24 ; Arka lastikler 420/85/R38

2.1.3. Transmisyon Sistemi

Transmisyon sistemi 140 BG'ne ve 560 Nm torka sahip motorlar ile kullanılmaktadır ve 2200 min⁻¹ devirlerde çalışmaya uygundur (Çizelge 2). Powershift, powershuttle, dört çeker ve diferansiyel özellikleri kontrol valfi ile elektro-hidrolik olarak kontrol edilmektedir. Ayak freni hidrolik, el freni ise mekanik kontrollüdür. Elektrohidrolik kaldırıcı transmisyon gövdesine entegredir, hidrolik silindirler transmisyon üzerindeki dış kol ve fren gövdesindeki alt bağlantı kısımları ile sisteme dahil edilmiş, üçüncü bir hidrolik silindir sisteme PTO gövde mesnedi ile bağlanmıştır. Kaldırıcının yönetimi kontrol valfi ile yapılmaktadır.



Şekil 4. Transmisyon sistemi

Figure 4. Transmission system

Çizelge 2. H104 serisi transmisyon sisteminin teknik özellikleri (Anonim, 2019)

Table 2. Technical spesification of the H104 series transmission system (Anonymouse, 2019)

Özellik	Değer
Max Motor Gücü	140 HP
Max Motor Torku	560 Nm
Nominal Güçte Max Motor Devri	2200 rpm
Vites (ileri+geri)	24F+24R (24 İleri-24 Geri)
Vites Kutusu Şekli	Powershift+senkromeç
Vites Geçiş	Senkromeç
İleri Geri Hareketi	Power shuttle
Dört Çeker Geçiş	Hidrolik
Diferansiyel Kilidi	Hidrolik
Ayak Freni	Islak tip Hidrolik
El Freni	Mekanik
İki Flanş Arası Mesafe	1750 mm
Arka Aks Merkezi İle Ön Uç Arası Mesafe	1445 mm
Alt Bağlantıda Arka Kaldırma Kapasitesi	70 kN
Hidrolik Kaldırma Kontrolü	Elektronik

2.1.4. Tarım Makineleri

Çizel, dipkazan, diskaro, pulluk, rotovator ve pülverizatör gibi farklı ekipmanlar kullanılarak denemeler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5. Çizel

Figure 5. Chisel

Çizelge 3. Çizelin teknik özellikleri

Table 3. Technical specifications of the chisel

Özellik	Değer
Toplam Ağırlık	340 kg
Ayak Sayısı	7 adet
İş Genişliği	210 cm
Uç Demiri Kesme Açısı	50°
Çizel Ayak Boyu (ana şasiye kadar)	50 cm
İş Derinliği	20-25 cm



Şekil 6. Dipkazan

Figure 6. Subsoiler

Çizelge 4. Dipkazan teknik özellikleri

Table 4. Technical spesification of the subsoiler

Özellik	Değer
Toplam Ağırlık	250 kg
Ayak Sayısı	2 adet
İş Genişliği	80 cm
Çatı Yüksekliği	80 cm



Şekil 7. Diskaro

Figure 7. Disc harrow

Çizelge 5. Diskaro teknik özellikleri**Table 5.** *Technical spesification of the disc harrow*

Özellik	Değer
Disk Sayısı	24 adet
Disk Çapı	30 cm
İş Genişliği	300 cm
Ağırlık	1100 kg
Gerekli Güç	80-95 BG

**Şekil 8.** Pulluk**Figure 8.** *Plow***Çizelge 6.** Pulluk teknik özellikleri**Table 6.** *Technical spesifications of the plow*

Özellik	Değer
Gövde Kulak Sayısı	4 adet
Şasi Yüksekliği	66 cm
Gövde Arası	64 cm
İş Genişliği	24,5 cm
İş Derinliği	22 cm
Ağırlık	400 kg



Şekil 9. Rotovator

Figure 9. Rotovator

Çizelge 7. Rotovator teknik özellikleri

Table 7. Technical specifications of the rotovator

Özellik	Değer
İş Genişliği	210 cm
İş Derinliği	22 cm
Flanş Sayısı	8 adet
Bıçak Sayısı	48 adet
Ağırlık	490 kg



Şekil 10. Pülverizatör

Figure 10. Pulverizator

Çizelge 8. Pülverizatör teknik özellikleri**Table 8.** Technical specifications of the pulverizator

Özellik	Değer
Yükseklik	220 cm
Genişlik	180 cm
Uzunluk	360 cm
Ağırlık	450 kg
Depo Kapasitesi	800 L
Pompa Debisi	105 L min ⁻¹
Max. Basınç	50 bar
Pompa Devri	540 min
İş Genişliği	12 m

2.1.5. Ölçüm Aletleri

Çalışma yapılan arazideki toprak sertliğinin ölçülmesinde kullanılan Eijkelkamp marka penetrometre (Şekil 11) kullanılmıştır. Cihazın teknik özellikleri Çizelge 9'da verilmiştir.

**Şekil 11.** Toprak sertliğinin ölçülmesi için kullanılan penetrometre cihazı

Figure 11. Penetrologger device used for measurement of the soil hardness

Çizelge 9. Penetrometre cihazının teknik özellikleri (Anonim,2022a)**Table 9.** Technical specifications of the penetrometer device (Anonymous,2022a)

Özellikler	Açıklama
Çalışma Sıcaklığı	0–50 °C
Çalışma Nemi	IP 54 (Suya dayanıklı)
Penetrometre Ağırlığı	3.4 kg (piller dahil, prob çubukları hariç)
Hafıza	1500 ölçüm
Maksimum Kuvvet	1000 N
Kuvvet Çözünürlüğü	1 N
Ölçüm Çubuğu Toplam Uzunluğu	97 cm (koni hariç)
Derinlik Kaydı	80 cm
Derinlik Çözünürlüğü	1 cm
GPS Doğruluğu	Olası dairesel hata (CEP) 2 cm
	Olası küresel hata (SEP) 3.5 cm
	Olası dairesel hata (CEP), %50 24 saat statik, -130 dBm (µBlox LEA-6H) < 2.5 m CEP (Olası dairesel hata)
Toprak Nemi Çözünürlüğü	%1

Traktör ile rotovator ve pülverizatör arasında oluşan torku ölçmek için Digi-Tech marka DTM2K-BP-V3 model tork metrenin (Şekil 12) kullanılmıştır. Ölçüm aletinin teknik özellikleri Çizelge 10'da verilmiştir.

**Şekil 12.** Tork metre**Figure 12.** Torque meter

Çizelge 10. Tork metre cihazının teknik özellikleri**Table 10.** Technical specifications of the torque meter

Özellik	Değer
Ölçüm Aralığı	0-2000 N m
Maksimum Devir	2000 min ⁻¹
Ölçüm Duyarlılığı	%0.1
Çalışma Akımı	50 mA
Yükseltici Gerilimi	8-18 V

Patinaj ölçüm sisteminde kullanılan MEFA marka manyetik etkili sensör traktörün sağ arka tekerleğine sabit olacak şekilde yerleştirilmiştir. Patinaj değerleri sensörden alınan sinyaller yardımıyla hesaplanmıştır. Manyetik etkili sensörün (Şekil 13) teknik özellikleri Çizelge 11’de verilmiştir.

**Şekil 13.** Manyetik etkili sensör**Figure 13.** Hall effect sensor

Çizelge 11. Manyetik etkili sensörün teknik özellikleri**Table 11.** Technical specifications of the hall effect sensor

Özellik	Değer
Sensör Tipi	3 kablolu DC sensör
Algılama Mesafesi	20 mm
Çalışma Gerilimi	10-30 V DC
Maksimum Anahtarlama Akımı	200 mA
Çıkış Tekniği	PNP
Kontak Tipi	NO (Normalde açık)
Bağlantı Şekli	2 m PVC Kablo
Çalışma Sıcaklığı	-25...+70°C

Transmisyon giriş devri, çıkış devri ve PTO devrinin ölçülmesinde ASG marka devir sensörü (Şekil 14) kullanılmıştır. Sensörün teknik özellikleri Çizelge 12’de verilmiştir. Bu sensörler transmisyondaki dahili sensörler arasındadır. Tasarım aşamasında transmisyon üzerindeki konumları belirlenmiştir.

**Şekil 14.** Devir sensörü**Figure 14.** Speed sensor

Çizelge 12. Devir sensörünün teknik özellikleri**Table 12.** Technical specifications of the speed sensor

Özellik	Değer
Ölçme Prensibi	Temassız
Koruma Sınıfı	IP6k7
İşletme Gerilimi	8V.....16 V (12V) 21V.....32 V (24V)
Çevre Sıcaklığı	-40°C.....125°C (Sadece 27V'a kadar sabit)

Pulluk, çizel, goble diskaro ile yapılan çalışmalarda traktörün oluşturduğu çeki kuvvetini ölçmek için kullanılan ve elektrohidrolik kaldıracının alt bağlantı kısımlarına yerleştirilen pin tipi ESIT marka yük hücresinin (Şekil 15) teknik özellikleri Çizelge 13'de verilmiştir. Bu sensör traktörde dahili olarak bulunmakta ve her iki yönde ölçüm yapabilmektedir.

**Şekil 15.** Yük hücresi**Figure 15.** Load pin**Çizelge 13.** Yük hücresinin teknik özellikleri**Table 13.** Technical specifications of the load pin

Özellik	Değer
Normal Yük	±60 kN
Maksimum Yük	±160 kN
Kaynak Gerilimi, V _{kaynak}	5-12 VDC
Çalışma Sıcaklığı Aralığı	35°C...+85°C
Toplam Hata	±0.5 %FS
Okunan Kuvvet Değerindeki Değişme Miktarı (30 dakika)	±0.1 %FS

Çizel, dipkazan, diskaro ve pulluk ile yapılan çalışmalarda hidrolik orta kola gelen çeki kuvvetini ölçmek için Atek marka BCT 22 model basınç sensörü (Şekil 16) kullanılmıştır. Sensörün teknik özellikleri Çizelge 14’de verilmiştir.



Şekil 16. Basınç sensörü

Figure 16. Pressure sensor

Çizelge 14. Basınç sensörünün teknik özellikleri

Table 14. Technical specifications of the pressure sensor

Özellik	Değer
Üretilen Ölçüm Aralığı	0...600 Bar
Ölçüm Şekli	Relative olarak ortam basıncı ölçümü Hava, Su, Yağ, Patlayıcı olmayan gazlar
Maksimum Basınç Dayanımı	300 % T.S. $\leq$ 700 mba, 200 % T.S. $<$ 250 Bar 150 % T.S. $\geq$ 250 Bar
Doğruluk	$\pm$ % 0,5 T.S veya $\pm$ % 0,3 T.S @ 25 °C
Çalışma Sıcaklığı	-40 °C ... +85 °C

Elektrohidrolik kaldırıcının dış koluna yerleştirilen Honeywell marka RTY serisi açısı sensörü (Şekil 17) ile pulluk, çizel, goble diskaro, ekim makinesi ile çalışıldığı durumlarda ekipmanın yere göre açısı ölçülmektedir. Bu sensör standart olarak traktörlerde bulunmaktadır. Her iki yönde ölçüm yapabilmektedir.



Şekil 17. Açı sensörü

Figure 17. Angular sensor

Transmisyon sistem sıcaklığını anlık olarak kontrol etmek için kullanılan ve transmisyon kontrol valfi üzerine yerleştirilen Honeywell marka ES120 serisine ait sıcaklık sensörünün (Şekil 18) ölçüm aralığı 4.5 V'dur. Sıcaklık sensörü -50 °C ile +150 °C arasındaki sıcaklık değerlerini okuyabilmektedir.



Şekil 18. Sıcaklık sensörü

Figure 18. Temperature sensor

Çalışmalar sırasında yakıt sarfiyatının ölçülmesi için Aquametro Contoil VZD4 yakıt sayacı (Şekil 19) kullanılmıştır. Yakıt sayacının teknik özellikleri Çizelge 15'de verilmiştir. Yakıt sayacından alınan verilerin kaydedilmesinde kullanılan BQTEK marka dönüştürücünün (Şekil 20) teknik özellikleri Çizelge 16'da verilmiştir. Alınan verilerin bilgisayara aktarımı BQTEK marka RS486 model USB çevirici kart ile yapılmıştır.



Şekil 19. Yakıt sayacı

Figure 19. Fuel flow meter

Çizelge 15. Yakıt sayacı teknik özellikleri (Anonim, 2018)

Table 15. Technical specifications of the fuel flow meter (Anonymous, 2018)

Özellikler	Değer
Nominal Çap	4 mm
Anma Basıncı, PN	25 bar
Ortalama Sıcaklık	60°C
Sürekli Akış Hızı	50 L h ⁻¹



Şekil 20. Dönüştürücü (Anonim, 2022b)

Figure 20. Converter (Anonymous, 2022b)

Çizelge 16. Çevirici teknik özellikleri (Anonim, 2022b)**Table 16.** *Technical specifications of the converter (Anonymous, 2022b)*

Özellik	Değer
Güç	24V DC 100mA
Röle Çıkışı	1 Adet (5A @ 277VAC / 3A 30V DC)
Pulse/Dijital Giriş	3 Adet (5-24V DC + / NPN veya PNP tetiklenebilir.)
İzolasyon	Optik (Girişler) Maks. 3750 Volt rms
Maks. Frekans	20 Kilohertz (kHz)
Min. Pulse Süresi	10 Mikrosaniye (µs)
Aktif Giriş Voltajı	Min. 5V DC (VPHi > 5V)
Pasif Giriş Voltajı	Maks. 1V DC (VPLo < 1V)
Protokol	RS485 Modbus RTU
Klemens Tipi	Vidalı Klemens (5.08mm)
Boyut	35 x 90 x 60mm

Sensörlerden alınan verilerin kaydedilmesi için Çizelge 17'deki teknik özelliklere sahip elektronik kontrol ünitesi kullanılmıştır.

Çizelge 17. Elektronik kontrol ünitesinin teknik özellikleri**Table 17.** *Technical specifications of the electronic control unit*

Özellik	Değer
Elektriksel Bağlantı	25 PIN
Besleme Gerilimi	12-15 V DC
Koruma Faktörü	IP54 A Konektör ile Birlikte
Çalışma Sıcaklığı	-30°C...+65°C

Alınan verilerin okunmasında National Instruments marka 6216 model veri kaydedici (Şekil 21) kullanılmıştır. Veri kaydedicinin teknik özellikleri Çizelge 18'de verilmiştir.



Şekil 21. Veri kaydedici

Figure 21. Data logger

Çizelge 18. Veri kaydedicinin teknik özellikleri (Anonim, 2017)

Table 18. Technical specifications of the data logger (Anonymous, 2017)

Analog Input	Değer
Kanal Sayısı	8 diferansiyel veya 16 tek uçlu
ADC Çözünürlüğü	16 bit
Zamanlama Çözünürlüğü	50 sn
Zamanlama Doğruluğu	50 ppm örnekleme hızı
Giriş Bağlantısı	DC
Giriş Aralığı	± 0.2 V, ± 1 V, ± 5 V, ± 10 V
Analog İçin Max Çalışma Gerilimi Girişler (sinyal+ortak mod)	$\pm 10,4$ V AI GND
Analog Output	Değer
Kanal Sayısı	2
DAC (Digital to analog converter) Çözünürlüğü	16 bit
Maksimum Güncelleme Hızı	1.kanal 250 kS/s 2.kanal kanal başına 250 kS/s
Zamanlama çözünürlüğü	50 sn
Çıktı Aralığı	± 10 V
Çıkış Bağlantısı	DC
Çıkış Akımı Sürücüsü	± 2 mA

2.2. Yöntem

Denemede elde edilen veriler tanımlayıcı istatistikler (minimum, maksimum, ortalama, standart sapma, varyasyon katsayısı) ile tek yönlü varyans analizi yöntemlerine göre değerlendirilmiştir.

2.2.1. Toprak Nem İçeriğinin Belirlenmesi

Deneme alanlarından üç farklı derinlikten (10,20 ve 30 cm) 100 g toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örnekleri etüve yerleştirilmeden tartılmıştır. Tartılan örnekler, daha sonra 105 °C sıcaklıkta 24 saat süre ile etüvde kurutulmuştur. Toprak örneklerinin nem içeriği değerleri gravimetrik yöntemi içeren Eşitlik 1 kullanılarak belirlenmektedir (Sümer,2005).

$$P_w = \frac{M_w}{M_s} \quad (1)$$

Eşitlikte;

P_w : Toprak nem içeriği (kuru baza göre), %

M_w : Topraktan uzaklaştırılan nem, g

M_s : Nemi uzaklaştırılmış toprak örneği kütlesi, g

Arazi ile ilgili olarak toprak nem içeriği hesaplanmıştır. Gravimetrik yöntemle göre yapılan toprak nemi hesabında 10 cm'den alınan toprak örneğinin nem içeriği %14.2, 20 cm'den alınan toprak örneğinin nem içeriği %16.5, 30 cm'den alınan toprak örneğinin nem içeriği %19.2 bulunmuştur. Toprak sertliğinin belirlenmesi amacıyla yapılan penetrometre cihazı ile ölçümler 0-30 cm'lik derinlikten alınmıştır. Toprağın penetrasyon direnci 2.54 mPa okunmuştur.

2.2.2. Penetrometre Cihazı İle Toprak Sertliğinin Ölçülmesi

Sondaj çubuğu iki parçadan oluşur ve hızlı bağlantı kullanılarak penetrometre cihazının altındaki darbe emiciye bağlanmıştır. Daha küçük koniler 8 mm'lik sondaj çubuğuna, daha geniş koniler ise 10 mm'lik çubuğuna montajlanmıştır. Koninin yerleştirilmesi sırasında, penetrometre cihazının dahili ultrasonik sensörü, derinlik referans plakasını kullanarak 80 cm'ye kadar derinliği doğru bir şekilde kaydetmiştir. Ölçülen penetrasyon direnci, GPS verileri penetrometre cihazının dahili kayıt cihazına kaydedilmiştir. Bu ölçüm verilerinden ortalama değer belirlenmiştir.

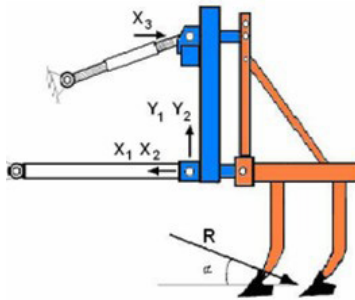


Şekil 22. Penetrometre cihazı ile toprak sertliğinin ölçülmesi

Figure 22. Measuring soil hardness with a penetrometer device

2.2.3. Çeki Kuvvetinin Saptanması

Üç nokta askı sisteminde X düzleminde oluşan yatay kuvvet Eşitlik 2 ile, Y düzleminde oluşan düşey kuvvet Eşitlik 3 yardımı ile hesaplanmaktadır. X ve Y düzleminde oluşan bu kuvvetlerin bileşkesi Eşitlik 4 yardımıyla bulunmaktadır (Gülsoylu ve Günhan,2007).



Şekil 23. Traktör-alet ikilisinde kuvvetler (Gülsoylu & Günhan,2007)

Figure 23. Forces on tractor and implements (Gülsoylu & Günhan,2007)

$$F_x = X_1 + X_2 - X_3 \quad (2)$$

Eşitlikte;

F_x : Yatay düzlemdeki çeki kuvveti (kN)

X_1 : Sağ alt bağlantı kolu kuvveti (kN)

X_2 : Sol alt bağlantı kolu kuvveti (kN)

X_3 : Üst bağlantı kolu kuvveti (kN)

Alt bağlantı kollarında düşey düzlemde oluşan Y kuvvetlerinin toplamı sistemdeki düşey kuvveti (F_y) verir.

$$F_y = Y_1 + Y_2 \quad (3)$$

Eşitlikte;

F_y : Alt bağlantı kollarında düşey düzlemde oluşan kuvvet (kN)

Y_1 : Sağ alt bağlantı kolu düşey kuvveti (kN)

Y_2 : Sol alt bağlantı kolu düşey kuvveti (kN)

Bulunan F_x ve F_y kuvvetleri yardımıyla (R) bileşke kuvvet 4 numaralı formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$R = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \quad (4)$$

Eşitlikte;

F_x : Alt bağlantı kollarındaki toplam çeki kuvveti (kN)

F_y : Üst bağlantı kolundaki çeki kuvveti (kN)

Ekipmanın ihtiyaç duyduğu çeki gücü gereksinimi Eşitlik 5 yardımı ile hesaplanmaktadır (Gülsoylu ve Günhan, 2007).

$$P_z = \frac{F_z \times v}{3600} \quad (5)$$

Eşitlikte;

P_z : Çeki gücü gereksinimi (kW)

F_z : Çeki kuvveti (N)

v : İlerleme hızı (km h^{-1})

2.2.4. Tork Ölçüm Düzeneğinin Oluşturulması

Ölçüm düzeneğini oluştururken öncelikle tork metreyi traktöre sabitlemek için aparat yapılmıştır. Öncelikle tork metrenin konumlandırılacağı yerin ölçüleri alınarak buna uygun şekilde CREO programında aparat tasarımı yapılmıştır ve SAE1020 malzeme kullanılarak torna tezgahında üretimi yapılmıştır. Bilgisayar destekli ölçüm sisteminde, traktör ve hidrolik kaldırıcı üzerinde bulunan dahili ve harici sensörlerden alınan analog ve dijital sinyaller Analog I/O-Dijital I/O dönüştürücü ve USB sinyal akışı/programlanmış I/O ile bilgisayara aktarılmaktadır. Dönüştürücü ve bilgisayarın güç kaynağı traktörün aküsüdür. Ölçüm düzeneğinin oluşturulması için tork metre Şekil 24'deki gibi aparatla traktöre sabitlenmiştir.



Şekil 24. Torkmetre-traktör bağlantısı görünümü

Figure 24. View of torque meter and tractor connection

2.2.4. Patinaj Ölçüm Sisteminin Oluşturulması

Patinaj verilerini elde etmek için, traktörün sağ arka tekerleğinin merkezine, bijonları (8 adet) görecektir şekilde bir adet manyetik etkili sensör (Şekil 25) yerleştirilmiştir. Arka tekerleklerin bir devrinde, 8 adet algı noktasından alınan sinyaller ile aktif çalışma süresi içindeki tekerlek devir sayısı belirlenmiştir. Manyetik etkili sensörden gelen 8 çıkış sinyali ile traktörün tekerleğinin bir tam tur attığı durumdaki mesafe Eşitlik 6 ile hesaplanmaktadır (Sümer, 2005).



Şekil 25. Manyetik etkili sensörün konumu

Figure 25. Location of the hall effect sensor

$$P = \left(1 - \frac{L}{L_0}\right) \times 100$$

$$P = \left(1 - \frac{L}{\left(\frac{TAS}{ANS}\right) \times L_n}\right) \times 100 \quad (6)$$

Eşitlikte;

P: Patinaj (%),

L: Traktör arka çeki lastiği tarafından alınan gerçek yol uzunluğu (50 m),

L_0 : Traktör arka çeki lastiği tarafından alınan teorik yol uzunluğu (m),

L_a : Arka çeki lastiğinin yüksüz olarak bir devrinde aldığı yol uzunluğu (m),

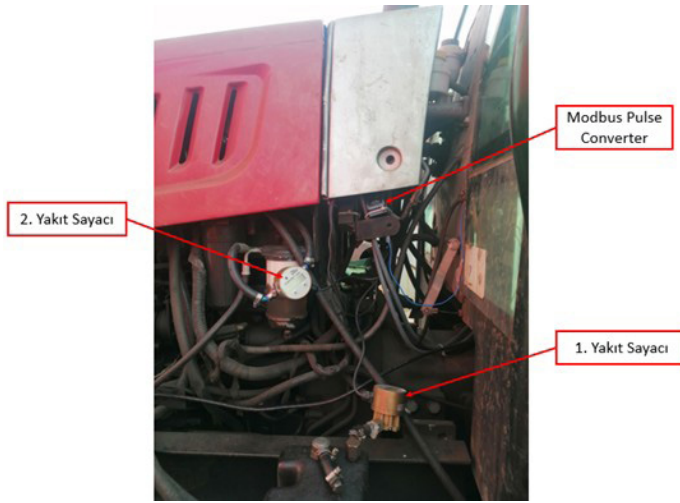
TAS: Aktif çalışma süresinde arka tekerlek toplam algı sayısı (adet),

ANS: Arka tekerlek algı noktası sayısıdır (8 adet)

Patinaj ölçüm sisteminde kullanılan manyetik etkili sensör ise bijonlara yakın olacak şekilde arka aksa sabitlenmiştir. Bilgisayar destekli ölçüm sisteminde, traktör ve hidrolik kaldırıcı üzerinde bulunan dahili ve harici sensörlerden alınan analog ve dijital sinyaller Analog I/O-Dijital I/O dönüştürücü ve USB sinyal akışı/programlanmış I/O ile bilgisayara aktarılmaktadır. Dönüştürücü ve bilgisayarın güç kaynağı traktörün aküsüdür.

2.2.6. Yakıt Sarfıyatı Ölçüm Sisteminin Oluşturulması

Yakıt tüketimi değerleri, yakıt deposu ve enjeksiyon pompası arasındaki gidiş hattından geçen yakıt miktarını ölçen bir sayaç (Aquametro VZD4) ve enjeksiyon pompası ile enjektörlerden depoya geri dönen yakıt miktarını ölçen diğer bir sayaç kullanılarak belirlenmiştir. İki sayacın belirlediği yakıt geçişleri arasındaki fark ile net yakıt tüketimi belirlenmiştir (Çiçek ve ark., 2010). İki adet yakıt sayacı ve bir adet çevirici traktör üzerine Şekil 26'daki gibi konumlandırılmıştır.



Şekil 26. Yakıt sayacı ve dönüştürücünün traktör üzerindeki konumu

Figure 26. Location of the fuel flow meters and converter on the tractor

Verilerin alınması için dönüştürücü kullanılmıştır. Cihazın bilgisayar ile bağlantısı USB-to-RS485 çevirici ile gerçekleştirilmiştir. Datazen yakıt sarfıyatı takibi uygulaması ile de sinyal girişlerinin cihaz üzerinden Modbus protokolü ile okunması ve kaydı gerçekleştirilmektedir. Hatlardan geçen toplam miktar ve anlık debi değeri uygulamada görülmektedir. Ayrıca program ile veriler dakika veya saniye cinsinden kaydedilmiştir.

2.2.7. Yük Hücresinin Kalibrasyonu

Ölçüm sisteminde yer alan kuvvet ölçüm pimlerinin özelliklerinin belirlenmesi için tekrarlı ölçüm yöntemi bulunmuştur. Kuvvet ölçüm pimlerinin tekrarlı yüklenme koşullarında kuvvet değişim oranının saptanması için pimler çok tekrarlı olarak aynı sabit yük etkisi altında bırakılmaktadır (Akıncı ve ark.,1994).

Ölçüm setinde kullanılan yük hücrelerinin tekrarlı yükleme koşullarında ölçülen yük değerleri Çizelge 19'da verilmiştir. Tekrarlı ölçümlerde 3335.4 N (340 kg) yük uygulanmıştır.

Çizelge 19. Yük hücreleri tekrarlı yüklenme değerleri

Table 19. Repeated loading values of load pins

Tekrar Sayısı	Yüklenme Değeri	Ölçülen Değer
1	3335.4 N	3335.4 N
2	3335.4 N	3335.4 N
3	3335.4 N	3335.4 N
Ortalama	3335.4 N	3335.4 N
Standart Sapma	0	0

Üç tekrarlı yapılan ölçüm denemelerinde ortalama yüklenme değeri 3335.4 N'dur. Standart sapma ise 0'dır. Yapılan tekrarlı ölçümler ile elde edilen yüklenme değerlerindeki farklılığın küçük olduğu görülmektedir. Bu durum sistemin değişik zamanlarda ve farklı yüklenme koşullarında doğru ve güvenilir ölçümler yapabileceğini göstermektedir (Akıncı ve ark.,1994).

2.2.8. Patinaj Ölçüm Sisteminin Kalibrasyonu

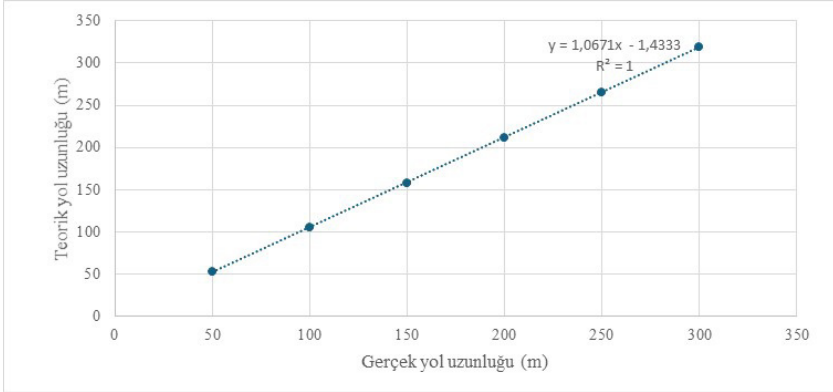
Çalışmalarda traktörün belirli parsel (50 m) uzunluğu boyunca ilerlemesi sonunda, belirlenen tekerlek devir sayısı kullanılarak, traktörün yüksüz olarak ilerlemesi gereken yol hesaplanmaktadır. Bu yol uzunluğu ve parsel uzunluğu arasındaki oran, traktör patinaj değerini vermektedir (Sümer,2005).

Denemelerde geliştirilen patinaj ölçüm sistemi kullanılmıştır. Traktör arka tekerleğinin manyetik sensörden gelen sinyale bağlı olarak aldığı yol (teorik yol) ve gerçek yol ölçümleri Çizelge 20'de verilmiştir. Teorik yol uzunluğu ile gerçek yol arasındaki fark en fazla 19.2 m bulunmuştur. Ölçüm sisteminden elde edilen sonuçlar ile gerçek yol ölçümleri birbirine yakın bulunmuştur.

Çizelge 20. Patinaj sistemi kalibrasyon değerleri**Table 20.** Calibration values of skid system

Deneme	Gerçek Yol Uzunluğu(m)	Teorik Yol Uzunluğu(m)	Patinaj (%)
1	50	52.5	4.76
2	100	105.2	4.94
3	150	158.1	5.12
4	200	211.5	5.43
5	250	265.4	5.80
6	300	319.2	6.02

Çizelge 20’de verilen kalibrasyon değerleri ile oluşturulan kalibrasyon eğrisi Şekil 27’de verilmiştir.

**Şekil 27.** Kalibrasyon eğrisi**Figure 27.** Calibration curve

2.2.9. Yakıt Tüketimi Ölçüm Sisteminin Kalibrasyonu

Yakıt tüketimi ölçüm sisteminin kalibrasyonunda (Çizelge 21) dolu depo yöntemi kullanılmıştır. Yakıt tüketimi ölçme sisteminden elde edilen değerler ile depodaki yakıt miktarı karşılaştırılmıştır.

Çizelge 21. Yakıt tüketimi ölçüm sisteminin kalibrasyonu**Table 21.** Calibration of the fuel consumption measurement system

Tekerrür	Depoya Eklenen Yakıt Miktarı (L)	Çalışmada Harcanan Yakıt Miktarı (L)	Ölçüm Sisteminden Okunan Sarfiyat (L)
1	40	40	40.4
2	40	40	40.72
3	40	40	40.8
4	40	40	40.88
5	40	40	41.2

Yakıt deposunun hacmi 40 lt'dir. Her deneme başlangıcında depoya 40 L yakıt konulmuştur ve depodaki yakıt bitene kadar çalışmaya devam edilmiştir. Bu süre sonunda ölçüm sisteminden elde edilen yakıt sarfiyatına bakılmıştır. Denemeler sonucunda ölçüm sisteminin %1.95 oranında sapma olduğu gözlemlenmiştir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Çalışmalar kumlu tın (SL) sınıfına ait olan yüksek kum içeriğine sahip toprak üzerinde gerçekleştirilmiştir. Toprak analiz sonuçları Çizelge 22'de verilmiştir.

Çizelge 22. Toprak analiz sonuçları**Table 22.** Soil analysis results

Derinlik	Numune	Mineral İçeriği			Toprak Sınıfı
		Kum (%)	Kil (%)	Silt (%)	
0-30 cm	1	72.144	17.568	10.288	Kumlu Tın (SL)
0-30 cm	2	71.784	19.784	8.432	Kumlu Tın (SL)

3.1. Test Sonuçları**3.1.1. Çizel İle Yapılan Denemelerde Alınan Ölçüm Sonuçları**

Gerçek iş genişliği 200 cm ve gerçek iş derinliği 20 cm olan çizel ile yapılan denemeler 6 km h⁻¹ hızda yapılmıştır. Çalışma sırasındaki sabit motor devri 1000 min⁻¹'dir. Transmisyon çıkış hızı ise ortalama 1630 min⁻¹ ölçülmüştür.

Çalışmalarda ortalama 23.7 L ha⁻¹ yakıt tüketimi olmuştur. Ayrıca çalışmalar sırasındaki patinaj değeri ortalama % 10.29 ölçülmüştür. Çalışma süresince sistemin basıncı ortalama 19.14 kg cm⁻² olarak kaydedilmiştir.

Çizel ile yapılan çalışmalardan alınan çeki kuvveti ve hesaplanan çeki gücü değerleri istatistiksel açıdan değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonuçları Çizelge 23'de verilmiştir.

Çizelge 23. Çeki kuvveti ve çeki gücü ölçüm sonuçları

Table 23. Traction forces and power measurement results

	Çeki kuvveti (kN)	Çeki gücü (kW)
Ölçüm Sayısı (adet)	400	400
Minimum	2.49	4.16
Maksimum	11.86	19.8
Ortalama	5.75	9.61
Standart Sapma	1.74	2.91
Varyasyon Katsayısı (%)	30.29	30.27

3.1.2. Dipkazan İle Yapılan Denemelerde Alınan Ölçüm Sonuçları

Dipkazanın gerçek iş genişliği 75 cm, gerçek iş derinliği ise 30 cm'dir. Çizel ile yapılan denemeler 6 km h⁻¹ hızda yapılmıştır. Çalışma sırasındaki sabit motor devri 1000 min⁻¹'dir. Transmisyon çıkış devri ise 1620 min⁻¹'dir.

Deneme süresince 400 adet ölçüm kaydedilmiştir. Çalışmada dipkazan ortalama 5.41 kN çeki kuvveti ve ortalama 9.03 kW çeki gücü oluşturmuştur. Çalışmalarda ortalama 19.7 L ha⁻¹ yakıt tüketimi olmuştur. Ayrıca çalışmalar sırasındaki patinaj değeri ortalama % 8.63 ölçülmüştür. Çalışma süresince sistemin basıncı ortalama 19.25 kg cm⁻² olarak kaydedilmiştir.

Dipkazan ile yapılan denemelerden elde edilen çeki kuvveti değerleri ve hesaplanan çeki gücü değerleri istatistiksel açıdan değerlendirilmiştir (Çizelge 24).

Çizelge 24. Çeki kuvveti ve çeki gücü ölçüm sonuçları

Table 24. Traction forces and power measurement results

	Çeki Kuvveti (kN)	Çeki Gücü (kW)
Ölçüm Sayısı (adet)	400	400
Minimum	2.37	3.95
Maksimum	6.37	10.64
Ortalama	5.41	9.03
Standart sapma	1.12	1.81
Varyasyon Katsayısı (%)	20.71	25.84

3.1.3. Diskaro İle Yapılan Denemelerde Alınan Ölçüm Sonuçları

Diskaro gerçek işgenişliği 290 cm, gerçek iş derinliği ise 20 cm'dir. Diskaro ile yapılan denemeler 6 km h⁻¹ hızda yapılmıştır. Çalışma sırasındaki sabit motor devri 1000 min⁻¹'dir. Çalışma süresince transmisyon çıkış devri ortalama 1630 min⁻¹'dir.

Çalışmada diskaro ortalama 5.71 kN çeki kuvveti ve ortalama 9.54 kW çeki gücü oluşturmuştur. Çalışmalarda ortalama 22.4 L ha⁻¹ yakıt tüketimi olmuştur. Ayrıca çalışmalar sırasındaki patinaj değeri ortalama % 9.82 ölçülmüştür. Çalışma süresince sistemin basıncı ortalama 19.4 kg cm⁻² olarak kaydedilmiştir.

Diskaro ile yapılan çalışmalardan elde edilen çeki kuvveti ve çeki gücü değerleri istatistiksel açıdan değerlendirilmiştir (Çizelge 25).

Çizelge 25. Çeki kuvveti ve çeki gücü ölçüm sonuçları

Table 25. Traction forces and power measurement results

	Çeki Kuvveti (kN)	Çeki Gücü (kW)
Ölçüm Sayısı (adet)	300	300
Minimum	2.25	3.76
Maksimum	13.05	21.80
Ortalama	5.71	9.54
Standart Sapma	2.04	3.41
Varyasyon Katsayısı (%)	35.81	36.84

3.1.4. Pulluk İle Yapılan Denemelerde Alınan Ölçüm Sonuçları

Pulluğun gerçek iş genişliği 95 cm, gerçek iş derinliği ise 20 cm'dir. Pulluk ile yapılan denemeler 6 km h⁻¹ hızda yapılmıştır. Çalışma sırasındaki sabit motor devri 1000 min⁻¹'dir. Transmisyon çıkış devri ise 1630 min⁻¹'dir.

Deneme süresince 100 adet ölçüm kaydedilmiştir. Çalışmada pulluk ortalama 5.32 kN çeki kuvveti ve ortalama 8.88 kW çeki gücü oluşturmuştur. Çalışmalarda ortalama 21.9 L ha⁻¹ yakıt tüketimi olmuştur. Ayrıca çalışmalar sırasındaki patinaj değeri ortalama % 9.02 ölçülmüştür, sistemin basıncı ortalama 19.31 kg cm⁻² olarak kaydedilmiştir.

Pulluk ile yapılan çalışmalarda alınan çeki kuvveti ve hesaplanan çeki gücü değerleri istatistiksel açıdan değerlendirilmiştir (Çizelge 26).

Çizelge 26. Çeki kuvveti ve çeki gücü ölçüm sonuçları**Table 26.** Traction forces and power measurement results

	Çeki Kuvveti (kN)	Çeki Gücü (kW)
Ölçüm Sayısı (adet)	100	100
Minimum	2.15	3.59
Maksimum	8.66	14.46
Ortalama	5.32	8.88
Standart Sapma	1.62	2.71
Varyasyon Katsayısı (%)	30.63	30.66

3.1.5. Çeki Kuvveti Ve Çeki Gücü Verilerinin Tek Yönlü Varyans Analizi İle Değerlendirilmesi

Çizel, dipkazan, diskaro ve pulluk ile yapılan çalışmalardan alınan çeki kuvveti ve çeki gücü değerlerinin tek yönlü varyans analizi yöntemine göre değerlendirilmiştir. Değerlendirmeye yönelik veriler Çizelge 27 ve Çizelge 28'de verilmiştir.

Çizelge 27. Çeki kuvveti değerlerinin tek yönlü varyans analizi ile değerlendirilmesi

Table 27. Evaluation of draft force values using one-way analysis of variance

Varyasyon Kaynağı (VK)	Kareler Toplamı (KT)	Serbestlik Derecesi (SD)	Kareler Ortalaması (KO)	F Testi
GA	8490.37	3		
Gi	3813.68	1196	2830.12	387.25
Gn	12304.05	1199	7.308	

Çizelge 28. Çeki gücü değerlerinin tek yönlü varyans analizi ile değerlendirilmesi

Table 28. Evaluation of draft power values using one-way analysis of variance

Varyasyon Kaynağı (VK)	Kareler Toplamı (KT)	Serbestlik Derecesi (SD)	Kareler Ortalaması (KO)	F Testi
GA	12626.51	3		
Gi	6257.03	1196	4208.84	804.50
Gn	18883.54	1199	5.232	

3.1.6. Rotovator İle Yapılan Denemelerde Alınan Ölçüm Sonuçları

Rotovator gerçek iş genişliği 200 cm, gerçek iş derinliği ise 20 cm'dir. Çalışmalar sırasındaki ilerleme hızı 4 km h^{-1} ve motor devri 1000 min^{-1} olarak kaydedilmiştir. Transmisyon çıkış devri 1625 min^{-1} 'dir.

Deneme süresince 40 adet ölçüm kaydedilmiştir. Rotovator ile çalışmada kuyruk mili devri ortalama 407.52 min^{-1} , tork ise ortalama 1.38 kN m ölçülmüştür. Çalışmalarda ortalama 15.0 L ha^{-1} yakıt tüketimi olmuştur. Ayrıca çalışmalar sırasındaki patinaj değeri ortalama % 9.05 ölçülmüştür. Çalışma süresince sistemin basıncı ortalama 19.31 kg cm^{-2} olarak kaydedilmiştir.

Rotovator ile yapılan çalışmalar sonucu alınan kuyruk mili devri ve tork değerleri istatistiksel açıdan değerlendirilmiştir (Çizelge 29).

Çizelge 29. Kuyruk mili devri ve kuyruk mili torku ölçüm değerleri

Table 29. PTO revolution and PTO torque measurement results

	Kuyruk Mili Devri (min^{-1})	Kuyruk Mili Torku (kN m)
Ölçüm Sayısı (adet)	40	40
Minimum	401	1.36
Maksimum	413	1.40
Ortalama	407.52	1.38
Standart Sapma	4.05	0.01
Varyasyon Katsayısı (%)	0.99	0.72

3.1.7. Pülverizatör İle Yapılan Denemelerde Alınan Ölçüm Sonuçları

Pülverizatör ile çalışmalar boyunca transmisyon giriş hızı 4 km h^{-1} olarak kaydedilmiştir. Çalışmalar sırasında motor devri 1000 min^{-1} olarak kaydedilmiştir. Transmisyon çıkış devri 1630 min^{-1} 'dir.

Deneme süresince 40 adet ölçüm kaydedilmiştir. Pülverizatör ile çalışmada kuyruk mili devri ortalama 417.7 min^{-1} , tork ise ortalama 0.85 kN m ölçülmüştür. Çalışmalarda ortalama 2.4 L ha^{-1} yakıt tüketimi olmuştur. Ayrıca çalışmalar sırasındaki patinaj değeri ortalama % 6.6 ölçülmüştür. Çalışma süresince sistemin basıncı ortalama 19.31 kg cm^{-2} olarak kaydedilmiştir. Pülverizatör ile yapılan çalışmalarda alınan kuyruk mili devri ve kuyruk mili torku değerleri istatistiksel açıdan değerlendirilmiştir (Çizelge 30).

Çizelge 30. Kuyruk mili devri ve kuyruk mili torku ölçüm sonuçları**Table 30.** PTO revolution and PTO torque measurement results

	Kuyruk Mili Devri (min ⁻¹)	Kuyruk Mili Torku (kN m)
Ölçüm Sayısı (adet)	40	40
Minimum	410	0.82
Maksimum	426	0.86
Ortalama	417.7	0.85
Standart Sapma	4.09	0.006
Varyasyon Katsayısı (%)	0.97	0.75

Çizel, dipkazan, diskaro, pulluk, rotovator ve pülverizatör ile yapılan çalışmalarda elde edilen verilerin aynı birimleri karşılaştıracak şekilde standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Standart sapma, elde edilen her verinin ortalamaya yakın veya uzak olarak kümелendiğini ifade etmektedir. Daha fazla ve farklı veri setini karşılaştırmak için de varyasyon katsayıları hesaplanmıştır. Varyasyon katsayısı küçük olan verilerin diğerlerine göre daha az değişken olduğunu ifade etmektedir.

Dipkazan ile yapılan çalışmalardan elde edilen verilere bakıldığında çeki kuvveti ve çeki gücü standart sapma değerlerinin çizel, pulluk ve diskaro ile yapılan çalışmalardan elde edilen verilerin standart sapma değerlerine kıyasla daha küçük olduğu ve bu sebeple verilerin ortalamaya yakın olarak kümелendiği görülmüştür.

Rotovator ve pülverizatör ile yapılan çalışmalardan elde edilen kuyruk mili devri ve kuyruk mili torku değerlerinin standart sapmaları incelendiğinde rotovator kuyruk mili devri standart sapmasının pülverizatör çalışmasına kıyasla daha küçük olduğu bu sebeple rotovator çalışmalarından elde edilen her verinin ortalamaya daha yakın kümелendiği görülmüştür. Pülverizatör ile yapılan çalışmada ise kuyruk mili devri standart sapma değeri daha küçüktür.

Tüm veri setleri karşılaştırıldığında en küçük varyasyon katsayısının rotovator kuyruk mili torku ölçümlerinde elde edildiği görülmüştür.

SONUÇLAR

Çeşitli ekipmanlar ile çalışılması sırasında elde edilen çeki kuvvetleri alt bağlantı noktalarındaki yük hücrelerinden okunan kuvvet değerleri ve hidrolik orta kola yerleştirilen basınç sensöründen alınan basınç verilerinin kuvvet değerlerine çevrilmesi ile elde edilmiştir. Hidrolik kaldırıcı tasarım aşamasında matematiksel olarak hesaplanan çeki kuvveti değeri ile denemelerde elde edilen çeki kuvveti değerleri kıyaslanmaktadır. Hidrolik orta kola gelen kuvvetler hidrolik kaldırıcı reaksiyon mesnedi tasarımında kullanılmaktadır. Mesnedin verilen yüklere dayanımı

ANSYS analiz programı kullanılarak belirlenmekte ve istenen yüklere dayanım sağlayacak malzeme seçiminde etkin rol oynamaktadır. Alt bağlantı noktalarından alınan çeki kuvveti değerleri aynı zamanda arka aks tasarımında kullanılmaktadır.

Dış kol açısındaki sürekli değişimler arazi yüzeyinin engebeli olmasına ve top-
rağın yapısına ve sürüm derinliğine bağlıdır. Hidrolik kaldırıcı sistemi otomatik
pozisyon ve güç kontrol özelliğine sahip olduğu için sistem kendini belirlenen sürüm
derinliğinde ve güç (çeki kuvveti) değerinde tutabilmek için sürekli olarak kendini
konumlamaya çalışmaktadır ve bu sebeple kol açıları da değişimler
olabilmektedir.

Çeşitli ekipmanlar ile çalışırken alınan basınç değerleri çok lamelli ıslak kavra-
maların basınçları olup tasarım olarak belirlenen 16-21 kg cm⁻² değerleri arasında
olduğu görülmüştür. Bu da sistemin kararlı çalıştığını göstermektedir. Çalışma sü-
resi boyunca sistem sıcaklığı ise maksimum 70° C'yi geçmemiştir.

Çalışmada kullanım amacına göre farklı güç ihtiyaçları ortaya çıkmaktadır. Bu
sebeple farklı vites aralıkları gerekmektedir. Bu çeki gücü ve kuvvetlere bağlı olarak
farklı çalışma hızlarının tasarlanması gerekliliği ortaya konmuştur. Çalışma sonu-
cunda traktörler için ihtiyaç duyulan optimum vites sayısının belirlenmesi açısın-
dan bu çalışma referans olabilmektedir ve gerek vites sayısı gerekse de hız aralıkları
belirlenmesi açısından ideal hız dişli kutusu tasarımına imkan vermektedir. Ayrıca
elektronik kontrol ile traktör ideal hız ve viteste tutularak en az yakıt sarfiyatı yap-
ması da sağlanmaktadır.

Çalışmalar tek viteste yani M3 viteste yapılmıştır. Çalışma farklı viteslerde,
farklı arazi koşullarında (engebeli vb.) ve farklı toprak şartlarında yapılarak, çalış-
ma hız ve güç sınırları daha da genişletilmesi tasarım açısından yararlı olacaktır.

Yapılan bu çalışma ve bu çalışmanın referans olacağı diğer çalışmalar farklı ko-
şullarda çalışacak traktörler için ihtiyaç duyulan optimum vites sayısının belirlen-
mesinde rol oynayabilecektir. Buna uygun gerekli vites sayısı ve hız aralıklarının
belirlenmesi açısından hız dişli kutusu tasarımına da imkan vermektedir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması: MO (%25), BA (%25), GU (%25), SG (%25)

Veri Toplanması: MO (%40), BA (%20), GU (%20), SG (%20)

Veri Analizi: MO (%50), BA (%20), GU (%15), SG (%15)

Makalenin Yazımı: MO (%65), BA (%15), GU (%10), SG (%10)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu: MO (%75), BA (%15), GU (%5), SG (%5)

Teşekkür

Bu makale Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Bilimsek Araştırma Komisyonunun tarafından desteklenen “NKUBAP.03.YL.22.383” numaralı “Yerli Yapım Çift Çeker Bir Traktörün Güç İletim ve Hidrolik Sisteminin Tarla Performansının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma” isimli yüksek lisans projesi ile desteklenen Merve Oruç’un yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Makale yazarları, çalışmaya olan katkılarından dolayı Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi’ne ve Hema Endüstri A.Ş.’ye teşekkür eder.

KAYNAKLAR

- Akinci, İ., Sabancı, A. ve Işık, A.1994. Traktör-Makine sisteminde bilgisayar destekli ölçme setinin kurulması ve geliştirilmesi üzerine bir araştırma. Tarımsal Mekanizasyon 15. Ulusal Kongresi, Türkiye, 20-22 Eylül 1994.
- Anonim, 2017. National Instruments USB-6216 Specifications. Erişim adresi <https://nubilight.nubicom.co.kr/upload/datasheet/375198d.pdf> (Erişim tarihi: 18 Haziran 2023).
- Anonim, 2018. Aquametro oil & marine contoil fuel oil meters. Available from URL: <http://www.cmar.hk/vzo4-8.pdf> (Erişim tarihi: 1 Kasım 2021)
- Anonim, 2019. Hema Endüstri H104 serisi transmisyonlar. Erişim adresi: <https://www.hemaendustri.com/h104-serisi-transmisyonlar> (Erişim tarihi: 10 Mayıs 2023).
- Anonim, 2022a. Eijkelkamp penetrolgger user manuel. Erişim adresi <https://www.royaleijkelkamp.com/media/nrwjyah3/m-0615sae-penetrologger.pdf>(Erişim tarihi: 18 Haziran 2023).
- Anonim, 2022b. BQTEK BQ361 Modbus. Erişim adresi <https://www.bqtek.com/urun/bq361-modbus-3x-pulse-giris-1x-role/> (Erişim tarihi: 18 Haziran 2023).
- Goering, Carrill E., Marvin L.Stone,David W. Smith, Paul K.Turnquist, 2003. Drive trains: chapter 12 in off-road vehicle engineering principles. . Copyright American Society of Agriculture Engineers. pp 303-350.
- Gülsoylu, E., Günhan, T., 2007. Traktör ve tarım makinaları tarla performansının belirlenmesinde kullanılan bir veri toplama sistemi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 3 (4), 225- 231.
- Keçecioğlu, G., Gülsoylu, E., 2005. Tarım traktörleri. Ege Üniversitesi, Ders Kitabı, İkinci Baskı, İzmir.
- Kim,T.J., Kim, Y. J., Siddique M. A. A., 2020. Technical trend of the power shift transmission (PST) of agricultural tractor. Journal of Drive and Control, 3(2020):68-75.
- Sümer, S. K., 2005. Değişik lastik ve tekerlek düzenlemelerinin traktör çeki verimine etkileri üzerine bir araştırma. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

