



Turkish Journal of
Agricultural
Engineering Research
(Turk J Agr Eng Res)
e-ISSN: 2717-8420



Effect on Traction Performance of Driven Radial Tire Diameters

Necmettin Oğuz DEMİR^a , Kazım ÇARMAN^b ,
Ergün ÇİTİL^{b*} 

^aTAGEM, Patates Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Niğde, TÜRKİYE

^bSelçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Konya, TÜRKİYE

ARTICLE INFO: Research Article

Corresponding Author: Ergün ÇİTİL, E-mail: ecitil@selcuk.edu.tr

Received: 28 August 2024 / Accepted: 15 October 2024 / Published: 31 December 2024

Cite this article: Demir, N.O., Çarman, K., & Çıtlı, E. (2024). Effect on Traction Performance of Driven Radial Tire Diameters. Turkish Journal of Agricultural Engineering Research, 5(2), 167-179.
<https://doi.org/10.46592/turkager.1538787>

ABSTRACT

The main purpose of agricultural tractors, especially in the medium and high power range, is to improve traction. The value of a tractor is measured by the amount of work done according to the cost spent to do the job. The function of forward speed and traction force is traction force. In this study, the effects of three different radial tire sizes and axle loads on traction performance were examined and evaluated with the help of data obtained from the experiments. The trials were conducted on a hard field road. A single wheel test system was used in the trials. Slip, traction force, axle power, net traction ratio and traction efficiency values were obtained as performance values. Depending on the traction force; slip values varied between 1.2% and 19.10%, net traction ratio between 0.14 and 0.8, and traction efficiency between 0.35 and 0.84. According to the results of the variance analysis performed on traction efficiency values, it was found that the effect of wheel tire size and axle load on traction efficiency was significant ($P < 0.01$). Tire contact surface area and traction performances increased due to increased tire size and axle load. The effect of axle load on traction performance was greater than tire size.

Keywords: Tire size, Axle load, Skid, Traction efficiency



Muharrrik Radyal Lastik Çapının Çeki Performansına Etkisi

MAKALE BİLGİSİ: Araştırma Makalesi

Sorumlu Yazar: Ergün ÇITIL, E-mail: ecitil@selcuk.edu.tr

Alınış tarihi: 28 Ağustos 2024 / **Kabul tarihi:** 15 Ekim 2024 / **Basım tarihi:** 31 Aralık 2024

ÖZET

Özellikle orta ve yüksek güç aralığındaki tarım traktörlerinin temel amacı çeki geliştirmektir. Bir traktörün değeri, işin yapılması için harcanan maliyete göre yapılan iş miktarıyla ölçülür. İlerleme hızının ve çeki kuvvetinin fonksiyonu çeki gücüdür. Bu çalışmada, çeki performansı üzerine üç farklı radyal lastik ölçüsünün ve aks yükünün etkileri, yapılan deneylerle elde edilen veriler yardımıyla incelenerek değerlendirilmiştir. Denemeler, sert tarla yolu üzerinde yürütülmüştür. Denemelerde tek tekerlek test sistemi kullanılmıştır. Patinaj, çeki gücü, aks gücü, net çeki oranı ve çeki verimliliği değerleri, performans değerleri olarak elde edilmiştir. Çeki kuvvetine bağlı olarak; patinaj değerleri %1.2 ile %19.10, net çeki oranı 0.14 ile 0.8 arasında ve çeki verimliliği ise 0.35 ile 0.84 değerleri arasında değişmiştir. Çeki verimliliği değerlerine yapılan varyans analizi sonuçlarına göre tekerlek lastik ölçüsünün ve aks yükünün çeki verimliliği üzerine etkisinin önemli olduğu bulunmuştur ($P < 0.01$). Artan lastik ölçüsü ve aks yüküne bağlı olarak lastik temas yüzey alanı ve çeki performansları artmıştır. Çeki performansı üzerine aks yükünün etkisi, lastik ölçüsüne göre daha büyük olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Lastik ölçüsü, Aks yükü, Patinaj, Çeki verimliliği

Alıntı için: Demir, N.O., Çarman, K., & Çıtıl, E. (2024). Muharrrik Radyal Lastik Çapının Çeki Performansına Etkisi. Turkish Journal of Agricultural Engineering Research, 5(2), 167-179.

<https://doi.org/10.46592/turkager.1538787>

GİRİŞ

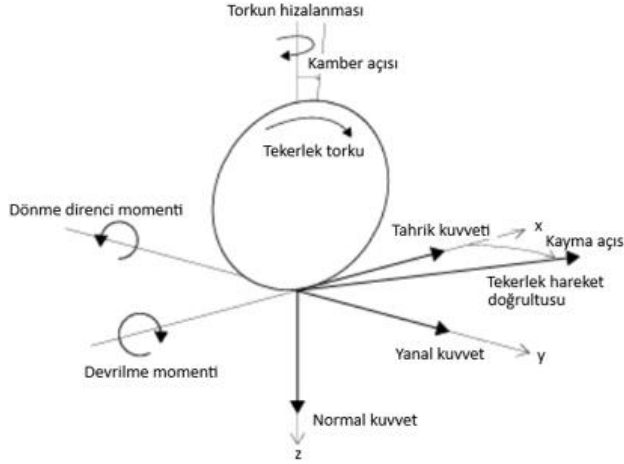
Toprak işlemede çekiş performansının optimizasyonu, yani enerji kaybına neden olan patinajın sınırlandırılması için traktör konfigürasyonunun seçimi birincil öneme sahiptir. Bu durum yakıt tüketimini ve toprak işleme süresini büyük ölçüde etkilemektedir. Lastik boyutları, bir traktörün çeki performansının kontrolünde önemli rol oynayan, kolaylıkla yönetilebilen parametrelerdir (Svendenius, 2007). Lastikler, yol ile araç arasındaki tek arayüz olmalarına ve lastik-zemin arasındaki sürtünmede önemli bir rol oynamalarına rağmen tüketiciler tarafından sıklıkla göz ardı edilmektedir (Grip, 2021).

Traktörler ülkemizdeki mevcut motor mekanik gücünün yaklaşık %10'unu oluşturmaktadır. Traktörlerde çeki kuvvetinin iş makinalarına iletimi, üç nokta askı sistemi ve çeki demiri yardımıyla yapılmaktadır. Çeki kuvveti, iletim sistemlerinde tekerlek ve diğer yürüme organları ile çeki kuvvetine çevrilmektedir. Tekerlekler, traktör ve traktöre farklı bağlantı elemanları ile bağlanan makinaların taşınması, traktörün yol ile arasında sönümleme sağlanması, toprakta tutunmayı artırarak dümenleme etkinliğinin sağlanması gibi görevleri de yapmaktadır (Hassan ve ark., 1987; Wong, 2001).

Lastikler bir araçtaki en önemli çekiş noktasıdır. Traktör lastikleri uygun şekilde optimize edilmezse ihtiyacımızdan daha fazla yakıt tüketimine neden olmaktadır. Uygun lastik seçimi %5 ila %15 aralığında yakıt tasarrufu sağlayabilir. Dikkate alınması gereken faktörler arasında lastik sırt profili, ölçüsü, yük endeksleri, tekli/çiftli/üçlü düzenlemeler ve çalışma hızları yer almaktadır. Uygun olmayan lastikler diğer yakıt verimliliği tedbirlerinin uygulanmasını zorlaştırabilir veya

imkansız hale getirebilir. Daha büyük ölçüdeki lastikler ise ağırlığı dağıtmakta ve daha düşük basınçlarda çalışmayı mümkün kılmaktadır (Svendenius, 2007).

Lastiğe etki eden çok sayıda kuvvet bulunmaktadır (Şekil 1). Boyuna kuvvet F_x ve yanal kuvvet F_y , aracın yol tutuşunu ve kontrolünü etkileyen kuvvetlerdir. Tahrik kuvveti F_x , sürüş veya frenleme sırasında üretilir ve F_y , viraj alma sırasında üretilmektedir. Ayrıca, normal kuvvet F_z , traktör kütlesine göre değişmektedir.



Şekil 1. Lastik üzerinde etkili kuvvet ve momentler (Wong, 2008; Grip, 2021).

Figure 1. Forces and moments acting on the tire (Wong, 2008; Grip, 2021).

Düz bir yüzey üzerinde herhangi bir tahrik torku uygulanmadan serbestçe dönen ve düz bir çizgide giden bir tekerlekte, başlangıç koşulunda sıfıra eşit bir patinajın olduğu kabul edilir. Yuvarlanma direnci nedeniyle, direnci aşmak için bir kuvvet uygulanması gerekir ve bunun sonucunda bir yan kuvvet ve kendiliğinden hizalanan tork gelişir. Yan kuvvet ve kendi kendine hizalanan torkun ortaya çıkması, lastiğin yapısının tamamen simetrik olmamasıyla açıklanabilir (Pacejka, 2006). Tekerlek hareketinin, patinajın sıfıra eşit olduğu başlangıç durumuna göre sapması, ek deformasyonlara ve lastik ile yüzey arasındaki temas alanında patinaja neden olur. Tahrik torku uygulandığında ortaya çıkan patinaj aşağıdaki şekilde tanımlanır (Grip, 2021);

$$S = \frac{R_e \Omega - V_x}{V_x} \quad (1)$$

Burada; S patinajı, V_x tekerleğin merkezinin hız vektörünün boyuna bileşenini, R_e etkin yuvarlanma yarıçapını ve Ω tekerleğin açısal hızını göstermektedir. İlerleme hareketi durumunda patinaj ve çekme kuvveti F_x pozitifdir. Frenleme durumunda ise patinaj negatiftir. Kararlı durum koşulları altında, geliştirilen çeki kuvveti F_x , uygulanan tekerlek torkuyla orantılıdır ve patinaj, çeki kuvvetinin fonksiyonudur. Başlangıçta patinaj, elastik deformasyonların sonucudur ve dolayısıyla çeki kuvveti ve tekerlek torku, patinajla birlikte doğrusal olarak artar. F_x kuvvet ve tekerlek torku arttıkça lastik sırtının bir kısmı patinaja başlar ve patinaj ile çeki kuvveti arasındaki doğrusal ilişki, parabolik hale dönüşür (Wong, 2008).

Araçlar, sürekli bir hıza ulaşmak için meydana getirilen gücün, yaklaşık %25'lik bir bölümünü yuvarlanma direnci için harcarlar. Kaliforniya' da yapılan bir

çalışmada düşük yuvarlanma direncine sahip lastiklerin kullanılması koşulunda yıllık 1.135.623,53 m³ dizel yakıtından (yaklaşık 1 milyar \$) tasarruf sağlanabileceği ortaya konmuştur (Anonim, 2015).

Battiato ve Diserens (2013) çalışmalarında traktör lastik iç basıncı düştüğünde ve tekerlek aks yükü arttığında traktörün daha yüksek çeki geliştirdiğini saptamışlardır. Yalnızca lastik iç basıncındaki azalma çeki katsayısını, çeki verimliliği ve özgül yakıt tüketimi açısından iyileştirmeler sağlamıştır. Tekerlek aks yükündeki artıştan kaynaklanan tek önemli faydanın, 160 kPa lastik basıncında ve %15'in altındaki patinajda özgül yakıt tüketiminde azalma olduğunu saptamışlardır.

Serrano ve ark. (2009), 59 kW motor gücüne sahip sıvı lastik balastlı ve sıvı lastik balastsız bir traktörün üç farklı lastik iç basıncındaki performansını incelemiştir. Lastiklerde sıvı balast kullanımının hektar başına yakıt tüketimini %5-10 oranında artırdığını saptamışlardır. Daha yüksek lastik iç basınçlarının kullanılması, hektar başına yakıt tüketiminde (%10-25) büyük bir artışla birlikte iş başarısında %3-5' lik bir düşüşe neden olduğunu bulmuşlardır. Smerda ve Cupera (2010) tarla koşullarında standart lastik (Ön:14.9 R28; Arka: 18.4 R28) ile yaptıkları çalışmada 170 kPa lastik iç basıncında en yüksek çeki oranına (0.61) ulaşmışlardır. Yüzeyletilen motor gücü verimliliğinin azalması nedeniyle tekerleklerdeki patinajın %15'i aşmaması gerektiğini önermişlerdir.

Farklı toprak yapısına sahip arazide, radyal ve diagonal iki farklı yapıdaki lastik tekerlekler ve bu yapıdaki tekerlekler ile oluşturulan farklı uygulamaların (arka aksa lastiklerin tek ve çift lastik olarak bağlanması) traktörün performansına etkilerinin incelendiği çalışmada; radyal ve çift lastik tekerleklerin arka aks üzerinde kullanımının bazı avantajlar sağladığı belirlenmiştir. Traktörlerde radyal lastiklerin diagonal lastiklerin yerine kullanılması, traktörün verimini ortalama %3.44 oranında artırmış ve ortalama %3.08 oranında özgül yakıt tüketimini azaltmıştır. Arka aks üzerinde, çift lastik tekerlek kullanılması, traktör verimini ortalama %14.73 oranında artarken, özgül yakıt tüketimi ise ortalama %12.77 oranında azalmıştır (Sümer ve Sabancı, 2005). Zoz ve Grisso (2003) yaptıkları çeki deneylerinde 520/85R46 radyal lastiğin farklı aks yüklerinin ve iç basıncının, maksimum çeki verimliliği üzerindeki etkilerinin ihmal edilebilir olduğunu bulmuşlardır. Farklı sırt profiline ve çapa sahip iki traktör lastiği üzerinde yapılan çeki testlerinde; benzer yüzeyletilen yuvarlanma direncindeki değişime bağlı olarak lastiklerin çeki performansları da değişmiştir. 11.2R24 ölçülerindeki radyal lastik, 31x15.5-15 ölçülerindeki diyagonal lastikten daha yüksek çeki performansı göstermiştir (Biatczyk ve ark., 2013).

Ülkemizde tarım traktörlerinde kullanılan muharrik lastik çaplarının değişiminin gerek tarla gerekse de laboratuvar koşullarında çeki performansı üzerindeki etkilerini inceleyen sınırlı sayıda ulusal ve uluslararası çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada, sabit lastik kesit genişliğine sahip üç farklı lastik çapının değişen aks yüklerine bağlı olarak çeki performansları saptanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Deneylerde üç değişik lastik ölçüsünde 280/70 R16 (R16), 280/70 R18 (R18) ve 280/70 R20 (R20) radyal tip muharrik lastik kullanılmıştır (Çizelge 1). Çalışmada kullanılan lastik ölçüleri, dört tekerleği muharrik traktörlerde ön tekerleklerde ve ülkemizde yaygın olarak kullanımı bulunan bahçe traktörlerinde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, “Tek Tekerlek Test Düzeneği” kullanılmıştır (Şekil 2 ve Şekil 3).

Çizelge 1. Deneylerde kullanılan lastiklere ait teknik özellikler.

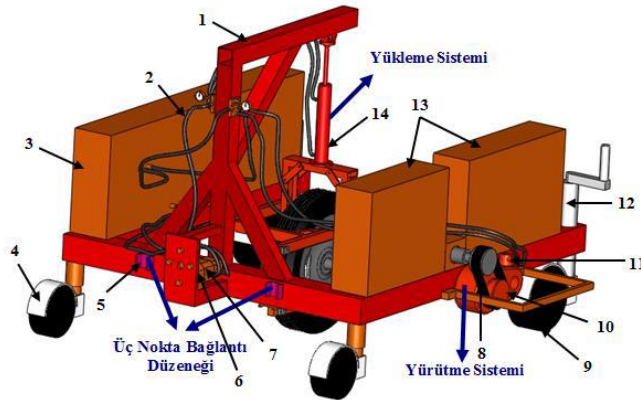
Table 1. Technical specifications of the tires used in the experiments.

Lastik Tipi	Jant Tipi	Statik Dış Çap (mm)	Taşıma Kapasitesi (daN)
280/70 R16	V9	805	1120
280/70 R18	V9	849	1180
280/70 R20	V9	912	1250



Şekil 2. Tek tekerlek test düzeneği.

Figure 2. Single wheel test setup.



1.Yükleme çatısı, 2. Hidrolik geri dönüş hortumları, 3.Hidrolik deposu, 4. Ön destek tekerleği, 5. Üç nokta askı sistemi bağlantı noktası, 6. Dişli pompa, 7. Hidrolik pompa, 8. Zincir, 9.Arka denge tekerleği, 10. Redüktör, 11. Hidrolik motor, 12. Arka denge tekerleği yükseklik ayar kolu, 13. Beton denge ağırlıklar, 14. Hidrolik silindir.

Şekil 3. Tek tekerlek test düzeneği bölümleri (Ekinci, 2011).

Figure 3. Single wheel test setup sections (Ekinci, 2011).

Tek tekerlek test düzeni üç ana bölümden oluşmaktadır:

1.Çeki bölümü: Testlerde kullanılan düzeneğe hareket veren ve traktörün üç nokta askı düzeni alt bağlantı noktalarına bağlanan bölümüdür.

2.Yürütme sistemi: Traktörün PTO çıkışına bağlanarak çalışan hidrolik pompa ve hareketini bu pompadan alan hidrolik motor ve test düzeneği tekerleğine hareket veren yürütme bölümüdür.

3.Tekerlek aksı yükleme sistemi: Deneylerin yapılması esnasında test tekerleğine dinamik aks yükünün uygulanmasını sağlar. Test düzeneği ana şasisi ile tekerlek çatısı arasına bir hidrolik silindir yerleştirilmiştir.

Tek tekerlek test düzeneği ile yapılan denemelerde, test düzeneğinin ihtiyaç duyduğu kuyruk mili hareketi, frenleyici (çeki arabası) olarak kullanılan New Holland TD90D marka traktörden sağlanmıştır. Ayrıca traktörün park freni üzerindeki kademeler kullanılarak farklı itme (çeki) kuvvetlerindeki değerlerin elde edilmesi sağlanmıştır (Ekinçi ve ark., 2015).

Yöntem

Denemeler üç farklı aks yükünde (W_1 : 3.5, W_2 : 5.0 ve W_3 : 6.5 kN), sabit lastik iç basıncı (190 kPa) ve ilerleme hızında (5 km h^{-1}) yürütülmüştür. Deneyler, sert tarla yolu koşullarında yürütülmüştür (Şekil 4). Çalışma zemininin özelliklerinin belirlenmesi amacıyla kayma dirençleri ölçülmüştür. Bundan dolayı Stanley London marka ASTM E303 ve BS EN 13036-4:2003 standartlarındaki taşınabilir kayma direnci ölçüm cihazı kullanılmıştır (Ekinçi ve ark., 2015).



Şekil 4. Sert tarla yolu.

Figure 4. Hard field road.

Denemesi yapılan lastiklerin iz düşüm alanlarını belirlemek amacıyla bütün aks yükleri ve lastik iç basınçlarında, beton zemin üzerinde lastiğin zemin ile teması kesilecek kadar kaldırılarak lastiğin belirli bir yüzeyi siyah renge boyanmış ve zemin üzerine sabitlenmiş A3 ebadındaki kağıt üzerine indirilmiştir. Kağıt üzerindeki oluşan iz alanının tam olarak doldurulabilmesi için lastik her seferinde $5-10^\circ$ döndürülerek siyah renge boyanmış farklı bölgelerin kağıt üzerine indirilmesi 4-5 kez tekrar edilmiştir (Çarman ve Şeflek, 2005). Bilgisayarda UTHSCSA Image Tool Version 3.0 yazılımı kullanılarak, kâğıt üzerinde oluşan temas alanları belirlenmiştir.

Traktör üzerine bağlanabilen, Dickey John DJCMS200 marka hız sensörü kullanılarak gerçek çalışma hızları (V_g) bütün kombinasyonlar için ölçülmüştür. Teorik hızın (V_t) belirlenmesinde ise test tekerleği miline direk bağlanmış olan torkmetre yardımıyla manyetik algılayıcıdan alınan sinyaller ile devir ölçülmüş ve farklı aks yüklerinde tekerleğin çevresi dikkate alınarak hesaplanmıştır. Patinajın belirlenmesinde aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$S = (1 - \frac{V_g}{V_t}) \quad (2)$$

Eşitlikte;

S : Patinaj oranı (%)

V_t : Teorik hız (km h⁻¹)

V_g : Gerçek ilerleme hızı (km h⁻¹)

Çalışmada, itme (çeki) dirençleri (P), tekerlek şasisi ile şasi arasına oynak olarak bağlantısı yapılmış 4 tane tekerlek itme kollarına bağlanmış yük hücreleri yardımıyla ölçülmüştür. Denemeler sırasında DT 80 Datataker marka veri toplayıcı tarafından dört noktadan alınan ÇK değerleri kaydedilmiştir.

Gücün belirlenmesi amacıyla traktör kuyruk miline (PTO) takılan 1800 Nm' lik Datum P7947 marka elektronik torkmetre kullanılmıştır. Torkmetrenin üzerinde gücün belirlenmesi yanında, devir ölçer de bulunmaktadır. Bilgisayarda Datum Electronics Torquelog 1.0 yazılımı ile torkmetreden alınan sinyallerle her kombinasyon için devir (n), güç ve tork (T) değerleri kaydedilmiştir. Sistemin dışı kutusu verimleri (η_{d1} ve η_{d2} için %98), ve hidrolik pompa verimi (η_{hp}) ve hidrolik motor verimleri (η_{hm}) için %86 olarak dikkate alınmış ve toplam verim $\eta_T = 0.71$ olarak belirlenmiştir (Niemann, 1970; Anonim, 1985).

Aks gücü, devir (n= 540 min⁻¹) ve tork verilerinden aşağıdaki eşitlik vasıtasıyla hesaplanabilmektedir (Demir, 2014; Ekinci ve ark., 2015).

$$N_a = \frac{T \cdot 0.71 \cdot n}{9550} \quad (3)$$

T : Tork metreden ölçülen tork değeri (Nm)

n : Tekerlek devri (min⁻¹)

Ölçülen çeki direnci ve gerçek çalışma hızları yardımıyla, ayrı ayrı bütün kombinasyonlar için çeki gücü, aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (Demir, 2014; Ekinci ve ark., 2015).

$$N_{\zeta} = \frac{P \cdot V_g}{1000} \quad (4)$$

N_{ζ} : Çeki gücü (kW)

P : Çeki kuvveti (N)

V_g : Traktörün gerçek ilerleme hızıdır (m s⁻¹)

Net çeki oranı (NÇO), lastik tekerleklerle gerçekleştirilen düzenlemelerin performans yönünden değerlendirilmesinde faydalanılan etkili bir parametredir. Net çeki oranı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Tiwari ve ark., 2009; Demir, 2014; Ekinci ve ark., 2015).

$$N_{\zeta O} = \frac{P}{W} \quad (5)$$

$N_{\zeta O}$: Net çeki oranı (%)

P : Çeki kuvveti (kN)

W : Aks yükü (kN)

Diğer bir performans parametresi lastik tekerleğin çeki verimliliği (η) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır ([Tiwari ve ark., 2009](#); [Demir, 2014](#); [Ekinci ve ark., 2015](#)).

$$\eta = \frac{N_c}{N_a} \quad (6)$$

η : Çeki verimliliği (-)

N_c : Çeki gücü (kW)

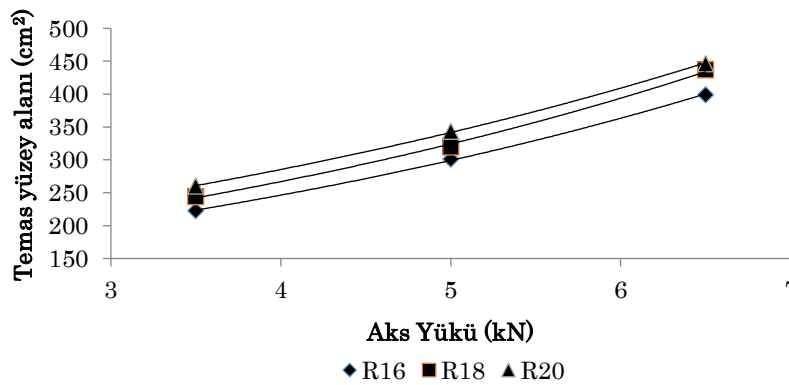
N_a : Aks gücü (kW)

İstatistiksel analizler

Çeki verimliliği üzerine, çalışmada kullanılan muharrik lastik çapı ve aks yükü gibi kontrollü değişkenlerin etkilerini belirlemek için varyans analizi yapılmıştır. Varyans analizi sonuçlarının önemli çıktığında ise LSD testleri yapılmıştır ([Düzgüneş ve ark. 1987](#)).

BULGULAR ve TARTIŞMA

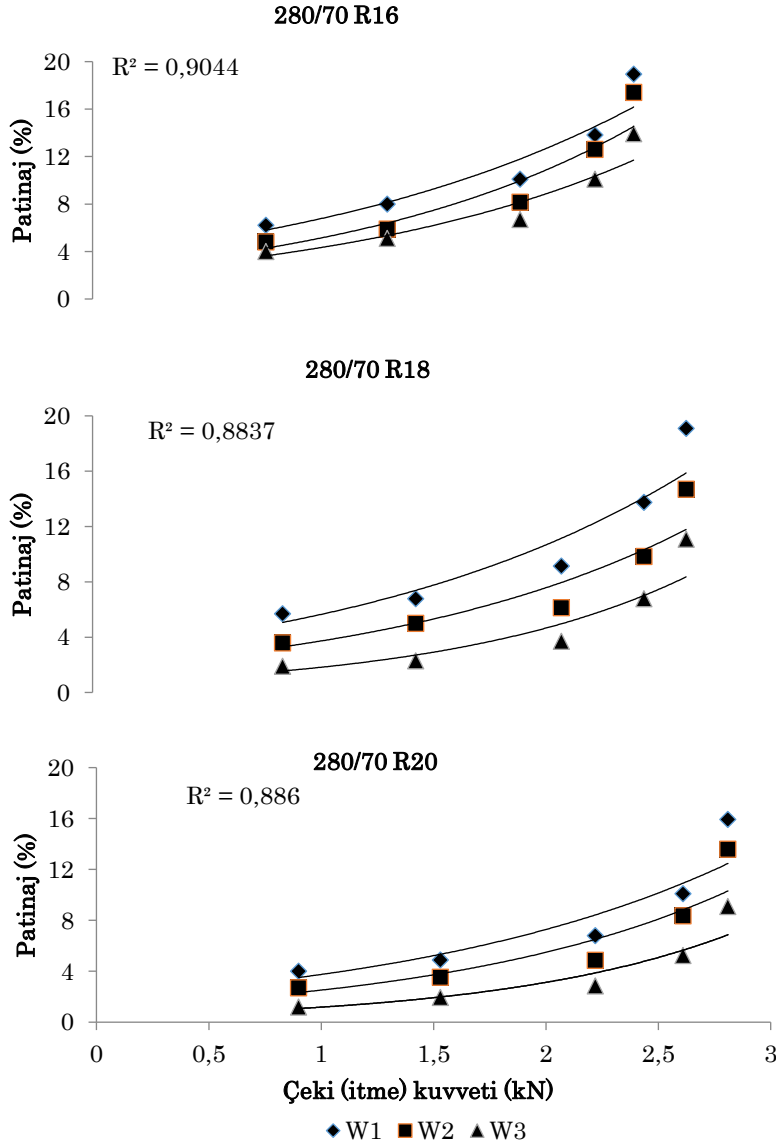
Lastik ile zemin arasındaki tutunmanın bir fonksiyonu olarak çekici tekerleğin oluşturduğu ÇK elde edilmektedir. Sert tarla yolunun kayma direnci, kuru koşullarda 61, ıslak koşulda ise 47 olarak ölçülmüştür. Lastik temas yüzey alanı ile tutunma arasında doğrusal bir ilişki mevcuttur. Lastiklerin değişen lastik aks yükü değerlerinde temas alanları 222.91-446.35 cm² arasında değişmiştir (Şekil 5). Çalışmada, lastik aks yükündeki %85.7'lik bir artış temas alanlarında ortalama %74'lük bir artışa neden olmuştur. [Ekinci \(2011\)](#), 7.50-18 diyagonal ve 7.50 R18 radyal muharrik lastiklerle yaptığı çalışmasında, lastik aks yükündeki %86'lık bir artış iz düşüm alanlarında diyagonal lastiklerde %31, radyal lastiklerde ise %20'lik bir artışa sebep olduğunu saptamıştır. [Ekinci ve ark. \(2016\)](#) 280/70R20 ölçülerindeki radyal lastikte aks yükündeki %67'lik artışın, temas yüzey alanında %84'lik bir artışa neden olduğunu belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlar, literatür değerleri ile benzerlik göstermektedir. Lastik statik çapındaki %13.3'lük bir artış ise, lastik temas alanında ortalama %13.7'lik bir artışa neden olmuştur.



Şekil 5. Aks yüküne bağlı olarak lastik temas yüzey alanındaki değişim.

Figure 5. Change in tire contact surface area depending on axle load.

Çalışmada kontrol edilebilen değişken olan çeki kuvvetine (itme) bağlı olarak patinaj değerleri %1.2 ila %19.10 arasında değişmiştir (Şekil 6). Ortalama patinaj değerleri 3.5 kN'luk aks yükünde %10 iken, 6.5 kN'luk aks yükünde %4.6 azalarak %5.7 olmuştur. Ortalama patinaj, R16 lastik ölçüsünde %9.72 iken, R20 lastik ölçüsünde %34.7 azalarak %6.34 olmuştur. Lastiklerde çap artışıyla birlikte temas yüzey alanları da artış göstermiştir. Temas yüzey alanlarının artması, lastiklerin zemine daha iyi tutunduğu ve patinajın azaldığı anlamına gelmektedir (Smerda ve Cupera, 2010; Ekinci ve ark., 2016).

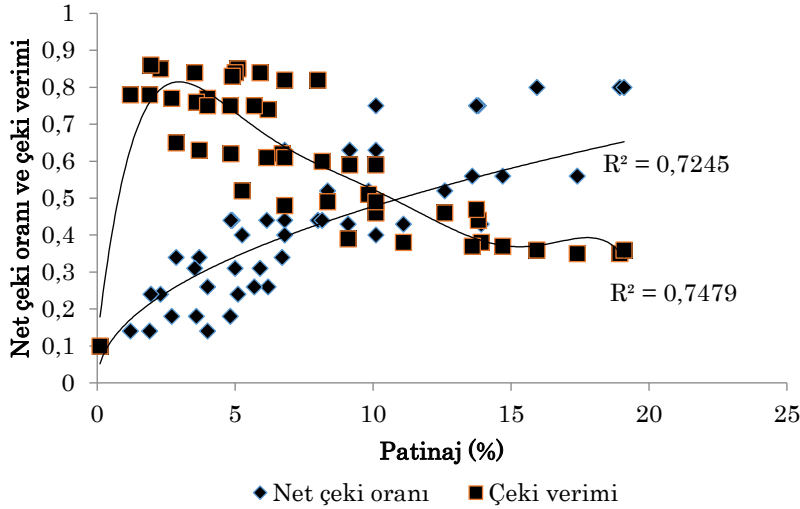


Şekil 6. Çeki kuvvetine (itme) bağlı olarak patinajın değişimi.

Figure 6. Change in slippage depending on traction (push) force.

Lastik ölçüsü ve aks yüküne bağlı olarak net çeki oranı 0.14-0.80 arasında değişirken, çeki verimi değerleri 0.35-0.84 arasında değişmiştir (Şekil 7). Farklı çalışma kombinasyonlarında %4-10 patinaj aralığında maksimum çeki verimine ulaşılmıştır. Maksimum çeki verimlerine karşılık gelen net çeki oranı ise 0.24-0.44 arasında değişmiştir. Elde edilen çeki verimi sonuçları ile yapılan varyans analizi sonuçları çeki verimi üzerinde lastik ölçüsünün ve aks yükünün etkisinin önemli

olduğunu göstermiştir (Çizelge 2). [Ekinçi \(2011\)](#) asfalt zeminde aks yükündeki %86'lık bir artışın çeki verimini %2 artırdığını belirtmiştir. Patinaj, çeki verimliliğini maksimuma çıkarmak için dikkate alınması gereken temel parametrelerden biridir. Patinaj, aracın çeki kuvvetine bağlıdır ve çeki arttığında patinajda artar ([Kumar ve ark., 2016](#)). Ölçüleri 7.00-18 olan radyal bir lastiğin çeki performansını farklı çalışma şartları sonucunda elde edilen %5.6-42.0 patinaj oranı değerlerinde çeki kuvveti 1.20-3.35 kN ve çeki verimi ise 0.22-0.74 arasında değişmiştir ([Çarman, 2001](#)).



Şekil 7. Patinaja bağlı olarak net çeki oranı ve çeki veriminin değişimi.

Figure 7. Change in net traction ratio and traction efficiency depending on slippage.

Çizelge 2. Lastik ölçüsü ve aks yükünün çeki verimi üzerine etkisinin varyans analizi ve LSD testi sonuçları.

Table 2. Variance analysis and LSD test results of the effect of tire size and axle load on traction efficiency.

V.K	S.D	K.O	F	Tablo değeri (%1)
Lastik ölçüsü	2	0.001	6.240**	6.010
Aks yükü	2	0.002	20.710**	6.010
AxB	4	0.000	0.25 ns	4.580
Hata	18	0.000		
Genel	26	0.000		

**İstatiksel olarak %1 seviyesinde önemlidir. (P<0.01)

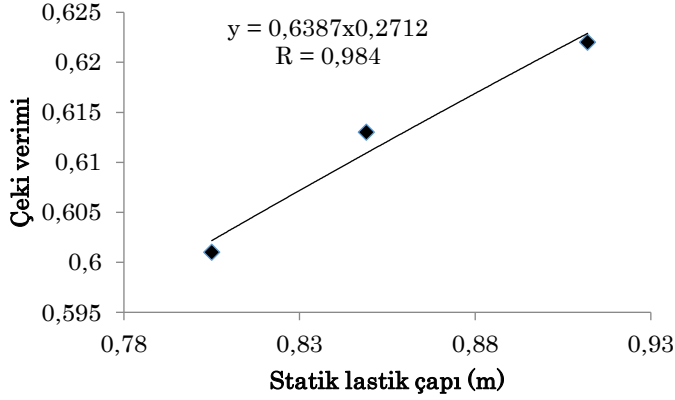
ns: İstatiksel olarak %1 seviyesinde önemsizdir. (P<0.01)

Lastik ölçüsü	Aks yükü		
(280/70 R16)	0.603a	(3.5 kN)	0.597a
(280/70 R18)	0.615b	(5.0 kN)	0.613b
(280/70 R20)	0.619c	(6.0 kN)	0.627c

LSD(%5)= 0.010

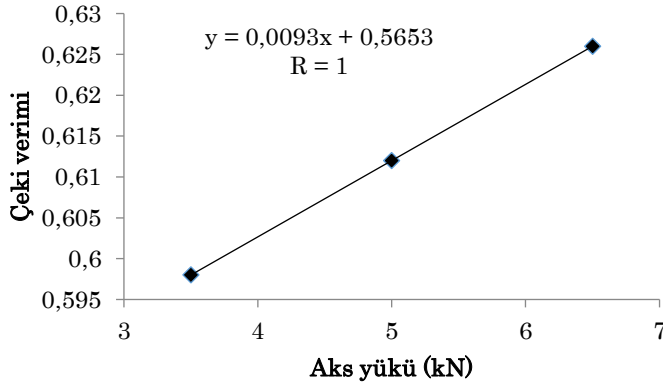
Statik lastik çapındaki %13.3'lük artış çeki veriminde %3.5'lik bir artışa neden olmuştur. Lastik çapı ve çeki verimi arasında üssel bir ilişki olup, ilişkinin korelasyon katsayısı 0.984 olarak elde edilmiştir (Şekil 8). Lastik aks yükündeki %85.7'lik bir artış, çeki veriminde %4.7'lik bir artışa neden olmuştur. Aks yükü ve

çeki verimi arasında doğrusal bir ilişki olup, ilişkinin korelasyon katsayısı 1 olarak elde edilmiştir (Şekil 9).



Şekil 8. Lastik çapı ve çeki verimi arasındaki ilişki.

Figure 8. Relationship between tire diameter and traction efficiency.



Şekil 9. Aks yükü ve çeki verimi arasındaki ilişki.

Figure 9. Relationship between axle load and traction efficiency.

SONUÇ

Çalışmanın sonuçları aşağıdaki gibi özetlenebilir.

-Lastik temas yüzey alanına, lastik çapı ve aks yükü farklı oranlarda etkili olmuştur. Lastik çapının ve aks yükünün artması, temas yüzey alanlarını da artmıştır.

-Sabit itme kuvvetinde R16 W1 kombinasyonunda en büyük, R20 W3 kombinasyonunda ise en düşük patinaj değerleri elde edilmiştir.

- Patinaj değerleri üzerinde aks yükünün etkisinin, lastik çapından daha yüksek olduğu bulunmuştur.

- Farklı çalışma koşullarına bağlı olarak ortalama çeki verimleri %62.4-58.8 arasında elde edilmiştir.

-Çeki verimi üzerinde aks yükünün etkisi istatistikî açıdan önemli iken ($P < 0.01$), lastik çapının etkisi önemsiz bulunmuştur.

-Günümüzde gerek bahçe ve gerekse de tarla tarımında kullanılan traktörlerde, motor gücü tekerlek ölçüsünün uygun seçilememesi motor gücünün verimli kullanılmamasına

diğer bir ifadeyle yakıt tüketiminin artmasına buna bağlı olarak da enerji maliyetinin artmasına neden olabilecektir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Makale yazarları olarak herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz.

YAZAR KATKISI

Necmettin Oğuz DEMİR: Araştırma, metodoloji, kavramsallaştırma, biçimsel analiz ve veri analizi,

Kazım ÇARMAN: Araştırma, metodoloji, kavramsallaştırma, biçimsel analiz, veri analizi, iyileştirme ve doğrulama

Ergün ÇİTİL: Araştırma, metodoloji, yazma - orijinal taslak, inceleme, düzenleme ve görselleştirme

ETİK KURUL KARARI

Bu makale Etik Kurul Kararı gerektirmemektedir.

KAYNAKLAR

- Anonim (1985). Agrartechnik International HTL. Agrartechnische Lehrbriefe. Vogel Verlag Vürzburg.
- Anonim (2015). www.tirekingdom.com/tires/Tire-Rolling-Resistance-Education.j
- Battiato A and Diserens E (2013). Influence of tyre inflation pressure and wheel load on the traction performance of a 65 kW MFWD tractor on a cohesive soil. *Journal of Agricultural Science* 3, 5(8): 197-215. <https://doi.org/10.5539/jas.v5n8p197>
- Biatczyk W, Brennenstul M, Cudzik A and Czarnecki J (2013). Evaluation of changes in traction properties of tyres on selected farming surfaces. *Teka. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*, 13(1): 3-8.
- Çarman K (2001). 7.0-18 Ölçülerindeki bir radyal lastiğin çeki performansı ve enerji tüketiminin belirlenmesi, S.Ü. Araştırma Fonu Proje No:99-021; Konya.
- Çarman K ve Şeflek AY (2005). Lastik defleksiyonu-temas alanı ilişkisinin değerlendirilmesi, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 1(1): 49-54.
- Demir NO (2014). *Tarımda kullanılan bazı muharrik lastiklerin işletme parametrelerinin optimizasyonu*. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri A.B.D., Doktora Tezi, Konya.
- Düzgüneş O, Kesici T, Kavuncu O ve Gürbüz F (1987). Araştırma Deneme Metotları (İstatistik Metotları II), *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Yayın No: 1021, Ankara.*
- Ekinci Ş (2011). *Bahçe traktörlerinde kullanılan bazı muharrik lastiklerin yapısal ve işletme özelliklerinin çeki performansına etkisi*. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri A.B.D., Doktora Tezi, Konya.
- Ekinci Ş, Çarman K ve Kahramanlı H (2015) Investigation and modeling of the tractive performance of radial tires using off-road vehicles. *Energy*, 93:1953-1963. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.10.070>
- Ekinci Ş, Çarman K, Taşyürek M and Mirik M (2016). Relationship between deflection and contact area of drive tire. *International Journal of Materials, Mechanics and Manufacturing*, 4(3):179-182. <https://doi.org/10.7763/IJMMM.2016.V4.251>
- Grip M (2021). *Tyre performance estimation during normal driving*. Master of Science Thesis, Department of Electrical Engineering Linköping University.

- Hassan AE, Oakley R, Culshaw D and Dawson JR (1987). Comparison Test of A Forestry and Agriculture Tire. *Transactions of the ASAE*, 30(6): 1562-1568. <https://doi.org/10.13031/2013.30602>
- Kumar AA, Tewari VK and Nare B (2016). Embedded digital draft force and wheel slip indicator for tillage research. *Computers and Electronics in Agriculture*, 127: 38-49. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.05.010>
- Niemann G (1970). Makine Elemanları Cilt: III. (Çeviri: Hazardın, G., Yurdakonar, S.) *Matbaa Teknisyenleri Kool. ŞTİ.* İstanbul.
- Pacejka HB (2006). Tyre and Vehicle Dynamics. Butterworth-Heinemann; 2nd Edition.
- Serrano JM, Peça JO, Silva JR and Márquez L (2009). The effect of liquid ballast and tyre inflation pressure on tractor performance. *Biosystems Engineering*, 102: 51-62. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2008.10.001>
- Smerda T and Cupera J (2010). Tire inflation and its influence on drawbar characteristics and performance–Energetic indicators of a tractor set. *Journal of Terramechanics*, 47: 395-400. <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2010.02.005>
- Sümer SK and Sabancı A (2005). Effects of different tire configurations on tractor performance. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29: 1-8. <https://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/vol29/iss6/5>
- Svendenius J (2007). Tire modeling and friction estimation. PhD thesis, Department of Automatic Control, Lund University.
- Tiwari VK, Pandey KP and Sharma AK (2009). Development of a tyre traction testing facility. *Journal of Terramechanics*, 46: 293-298. <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2009.05.004>
- Wong JY (2001). Theory of ground vehicles. *John Wiley & Sons*, Canada.
- Wong JY (2008). Theory of ground vehicles. *Wiley*, 4th edition.
- Zoz FM and Grisso RD (2003). Traction and tractor performance. ASAE distinguished lecture series (Tractor design No. 27). *ASAE Publication* No. 913C0403. St. Joseph, Michigan.