T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TRAKTÖRLERDE ÇEKİ PERFORMANSI ÜZERİNE BAZI FAKTÖRLERİN ETKİSİ

Hanifi KÜÇÜKSARIYILDIZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OTOMOTİV EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

Konya, 2006

T.C

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TRAKTÖRLERDE ÇEKİ PERFORMANSI ÜZERİNE BAZI FAKTÖRLERİN ETKİSİ

HANİFİ KÜÇÜKSARIYILDIZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

Bu tez 01.03.2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Kazım ÇARMAN

(Danışman)

Doç.Dr. Mustafa ACAROĞLU

(Üye)

Yrd. Doç.Dr. Ali KAHRAMAN

(Üye)

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

TRAKTÖRLERDE ÇEKİ PERFORMANSI ÜZERİNE BAZI FAKTÖRLERİN ETKİSİ

Hanifi KÜÇÜKSARIYILDIZ
Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim Dalı
Danışman : Prof.Dr.Kazım ÇARMAN
2006, 39 Sayfa
Jüri : Prof.Dr. Kazım ÇARMAN
Doç.Dr. Mustafa ACAROĞLU
Yrd.Doç.Dr. Ali KAHRAMAN

Bu çalışmada, dört farklı aks yükü, üç farklı lastik basıncı ve dört farklı çeki kuvvetinin traktörün çeki performansını belirlemek üzere; patinaj, çeki gücü, dinamik çeki oranı, çeki verimliliği ve özgül yakıt tüketimi değerleri belirlenmiştir.

Denemeler, beton zeminden oluşan traktör çeki gücü deney pistinde yapılmıştır. Çeki kuvvetine bağlı olarak; patinaj değerleri % 0.79 ile % 23.54, çeki gücü değerleri 12.1 kW ile 30.1 kW, dinamik çeki oranı değerleri 0.213 ile 1.156, çeki verimliliği değerleri 0.54 ile 0.97, özgül yakıt tüketimi değerleri 296 g/kWh ile 533 g/kWh arasında değişmiştir.

Dinamik aks yükü, lastik basıncı ve çeki kuvvetinin; patinaj, çeki gücü, çeki verimliliği ve özgül yakıt tüketimi üzerindeki etkisinin önemli olduğu bulunmuştur($P<0.01$).

Anahtar Kelimeler: Patinaj, çeki verimliliği, çeki kuvveti, çeki gücü, özgül yakıt tüketimi, dinamik çeki oranı.

ABSTRACT
Master Science

THE EFFECT ON THE TRACTION PERFORMANCE OF SOME FACTORS IN TRACTORS

Hanifi KÜÇÜKSARIYILDIZ
Selçuk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Education
Supervisor : Prof.Dr.Kazım ÇARMAN
2006, 39 Page
Jury : Prof.Dr.Kazım ÇARMAN
Assoc.Prof.Dr.Mustafa ACAROĞLU
Assist.Prof.Dr. Ali KAHRAMAN

In this study, effects of four different axle load, three different inflation pressure and four different drawbar pull on tractive performance was determined.

The experiments were carried out on concrete surface in drawbar power running track. Slip, drawbar power, dynamic traction ratios, tractive efficiency and specific fuel consumption as a depending on drawbar pull varied from % 0.79 to % 23.54, from 12.1 kW to 30.1 kW, from 0.213 to 1.156, from 0.54 to 0.97 and from 296 g/kWh to 533 g/kWh respectively.

The effects of dynamic axle load, inflation pressure and drawbar pull on slip, drawbar power, tractive efficiency and specific fuel consumption was found significant ($P<0.01$).

Keywords: Slip, tractive efficiency, drawbar pull, drawbar power, specific fuel consumption, dynamic traction ratio.

TEŞEKKÜR

Bu tezin planlanması, denemelerin yürütülmesi ve sonuçların değerlendirilmesinde yardımlarını esirgemeyen değerli danışman hocam, Sayın Prof. Dr. Kazım ÇARMAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Denemelerin yapılmasında yardımcı olan; Türk Traktör ve Ziraat Makineleri A.Ş.'ye, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarım Alet ve Makineleri Test Müdürlüğü İdari Personel ve çalışanlarına, çalışmalar süresince yardımlarını gördüğüm Karaman Meslek Yüksekokulu öğretim görevlilerine teşekkürlerimi sunarım.

Konya, 2006 **Hanifi KÜÇÜKSARIYILDIZ**

İÇİNDEKİLER

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
İÇİNDEKİLER iv
SİMGELER v
ŞEKİL LİSTESİ vi
ÇİZELGE LİSTESİ viii
1. GİRİŞ ..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
1.1 Çeki Kuvvetini Etkileyen Faktörler ..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
1.1.1 Toprağın fiziksel ve yüzey özellikleri. **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
1.1.2 Yuvarlanma direnci ..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
1.1.3 Aks yükü ..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
1.1.4 Lastik basıncı ..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
1.2. Traktörlerde Güç ve Verim ..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI ..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
3. MATERYAL VE METOT ..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
3.1. Materyal ..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
3.1.1. Deney pisti ve deneme traktörü..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
3.1.2. Çeki arabası ve özellikleri ..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
3.2. Metot ..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
3.2.1. Yakıt tüketiminin ölçülmesi ..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
3.2.3. Çeki performansının belirlenmesi ..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
3.2.4. Tekerlek çevresinin ölçülmesi ..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
3.2.5. Lastiklerin izdüşüm alanlarının ölçülmesi ..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
3.2.6. Denemenin planlanması ve yürütülmesi ..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
6. KAYNAKLAR .....**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

SİMGELER

b_e : Özgül yakıt tüketimi (g/kWh)

B_e : Saatlik yakıt tüketimi (kg/h)

$\eta_ç$: Çeki verimi (%)

f : Yuvarlanma direnci katsayısı (%)

$F_ç$: Çeki kuvveti (daN)

i : Patinaj (%)

N_A : Aks gücü (kW)

$N_ç$: Çeki gücü (kW)

N_e : Efektif motor gücü (kW)

N_g : Transmisyon kayıp gücü (kW)

N_n : Tekerlek gücü (kW)

N_p : Patinaj kayıp gücü (kW)

N_y : Yuvarlanma gücü (kW)

P : Lastik iç basıncı (kPa)

R : Yuvarlanma direnci (N)

V : Gerçek ilerleme hızı (m/s)

V_0 : Teorik ilerleme hızı (m/s)

W : Dinamik aks yükü (daN)

W_t : Toplam traktör ağırlığı (N)

η : Traktör verimi (%)

η_{tr} : Transmisyon verimi (%)

Ψ : Dinamik çeki oranı(çeki katsayısı)

OECD : Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No

Sayfa No

Şekil 1.1 Farklı yüzeylerde çeki kuvveti ve çeki verimliliği ……...3
Şekil 1.2 Tırnak yüksekliğinin tekerlek özelliklerine etkisi…….4
Şekil 1.3 Değişik yüzeyler için yuvarlanma direnç katsayıları……5
Şekil 1.4 Aks yükünün değişik yüzeylerde çeki kuvvetine etkileri……..6
Şekil 1.5 Lastik basıncının çeki kuvvetine etkileri……...7
Şekil 1.6 Efektif motor gücünün traktör organlarındaki değerleri……8
Şekil 1.7 Çeki kuvveti değişimine bağlı olarak, patinaj ve çeşitli güçlerin değişimi...9
Şekil 1.8 Üç farklı yüzey durumunda çeki katsayısının değişimi……...10
Şekil 1.9 Üç farklı yüzey koşulunda patinaja bağlı olarak çeki veriminin değişimi..11
Şekil 1.10 Patinaja bağlı olarak enerji tüketiminin değişimi……..12
Şekil 3.1 Çeki deney tünelinin görüntüsü……...16
Şekil 3.2 Denemede kullanılan çeki arabasının ön ve arka taraftan görünüşü……...18
Şekil 3.3 Çeki arabasında bulunan yakıt ölçüm ünitesinin görüntüsü……19
Şekil 3.4 Denemede kullanılan çeki arabası beşik düzeni…… .20
Şekil 3.5 Denemelerde kullanılan paket programın ekran görüntüsü…….20
Şekil 3.6 Traktör lastik izdüşüm alanının ölçülmesi……...21
Şekil 3.7 Denenen traktörün P.T.O. güç eğrisi……...23
Şekil 4.1 1796 daN aks yükünde patinaja bağlı olarak çeki kuvvetinin değişimi…..24

Şekil 4.2 2076 daN aks yükünde patinaja bağlı olarak çeki kuvvetinin değişimi…..24
Şekil 4.3 2276 daN aks yükünde patinaja bağlı olarak çeki kuvvetinin değişimi…..25
Şekil 4.4. 2476 daN aks yükünde patinaja bağlı olarak çeki kuvvetinin değişimi….25
Şekil 4.5 1796 daN aks yükünde dinamik çeki oranına bağlı olarak çeki gücünün değişimi……27
Şekil 4.6 2096 daN aks yükünde dinamik çeki oranına bağlı olarak çeki gücünün değişimi……27
Şekil 4.7 2296 daN aks yükünde dinamik çeki oranına bağlı olarak çeki gücünün değişimi……28
Şekil 4.8 2496 daN aks yükünde dinamik çeki oranına bağlı olarak çeki gücünün değişimi……28
Şekil 4.9 1796 daN aks yükünde patinaja bağlı olarak çeki veriminin değişimi……29
Şekil 4.10 2096 daN aks yükünde patinaja bağlı olarak çeki veriminin değişimi…..29
Şekil 4.11 2296 daN aks yükünde patinaja bağlı olarak çeki veriminin değişimi…..30
Şekil 4.12 2496 daN aks yükünde patinaja bağlı olarak çeki veriminin değişimi…..30
Şekil 4.13 1796 daN aks yükünde patinaja bağlı olarak özgül yakıt tüketiminin değişimi……33
Şekil 4.14 2096 daN aks yükünde patinaja bağlı olarak özgül yakıt tüketiminin değişimi……33
Şekil 4.15 2296 daN aks yükünde patinaja bağlı olarak özgül yakıt tüketiminin değişimi……34
Şekil 4.16 2496 daN aks yükünde patinaja bağlı olarak özgül yakıt tüketiminin değişimi……34

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge No

Sayfa No

Çizelge 1.1 Yuvarlanma direnci katsayıları……..5
Çizelge 3.1 Denemede kullanılan traktöre ait bazı değerler……...17
Çizelge 3.2 Araştırmada kullanılan lastiğin dinamik aks yüküne ve lastik iç basıncına göre izdüşüm alanlarındaki değişimi……...22
Çizelge 4.1 Patinaj değerleri üzerinde yapılan varyans analizi ve LSD testi sonuçları……...26
Çizelge 4.2 Çeki verimliliği değerleri üzerinde yapılan varyans analizi ve LSD testi sonuçları……...31

Çizelge 4.3 Özgül yakıt tüketimi değerleri üzerinde yapılan varyans analizi ve LSD testi sonuçları……...35

İÇİNDEKİLER

ÖZET……..……..i
ABSTRACT……...…….ii
TEŞEKKÜR……...……iii
İÇİNDEKİLER……...……iv
SİMGELER...……...……..…v
ŞEKİL LİSTESİ……...……....vi
ÇİZELGE LİSTESİ..…….……...…….viii
1. GİRİŞ 1
1.1 Çeki Kuvvetini Etkileyen Faktörler 2
1.1.1 Toprağın fiziksel ve yüzey özellikleri 2
1.1.2 Yuvarlanma direnci 3
1.1.3 Aks yükü 5
1.1.4 Lastik basıncı 6
1.2. Traktörlerde Güç ve Verim 7
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI 13
3. MATERYAL VE METOT 16
3.1. Materyal 16
3.1.1. Deney pisti ve deneme traktörü 16
3.1.2. Çeki arabası ve özellikleri 17
3.2. Metot 18
3.2.1. Yakıt tüketiminin ölçülmesi 18
3.2.3. Çeki performansının belirlenmesi 19
3.2.4. Tekerlek çevresinin ölçülmesi 21
3.2.5. Lastiklerin izdüşüm alanlarının ölçülmesi 21
3.2.6. Denemenin planlanması ve yürütülmesi 22
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA 24
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 36
6. KAYNAKLAR 37

1. GİRİŞ

Tarımsal mekanizasyon, tarımsal üretimde kullanılan her türlü enerji kaynağı, mekanik araç ve gerecin tasarımı, yapımı, geliştirilmesi, pazarlanması, yayımı, eğitimi, işletilebilmesi ve kullanılması gibi konuları içermektedir. Tarımsal üretimin ana güç kaynağı traktördür. Mekanizasyon yatırımları içerisinde ise en yüksek gider payı traktöre aittir. Bu nedenle, ülkemiz traktör parkı özelliklerinin irdelenmesi ve işletmeye sağlanacak traktörlere ait bazı teknik özelliklerin bilinmesi gerekmektedir (Sabancı ve ark. 2003). Türkiye'nin traktör parkı 2005 yılı sonu itibariyle 1.247.767 adet olup, ortalama motor gücü 43.3 kW, parkta en fazla 40-49.9 kW güç grubunda yer alan traktörler mevcuttur (Anonim 2006).

Ülkemizde traktör parkında ortalama her beş yılda bir artış ve azalışlar görülmektedir. Bu durum, yıl içerisinde üretilen traktör sayısına bağlı olarak değişmektedir. Bir başka deyişle, yıl içerisinde traktör üretimindeki artış, toplam traktör sayısını artırmaktadır. Traktör parkındaki bu değişim, ülke ekonomisindeki durgunluk ve iyileşmeler ile açıklanabilir (Sabancı ve ark. 2003).

Traktör günümüzde tarım için vazgeçilmez bir kuvvet kaynağıdır. Bu durum traktörün ulusal ve uluslar arası alanda ticari bir araç olmasını sağlamıştır. Çiftçinin bu önemli kuvvet kaynağını verimli kullanabilmesi ve traktör ticaretinin sağlıklı yapılabilmesi için traktör performansının tespit edilmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Taşbaş ve ark. 2003).

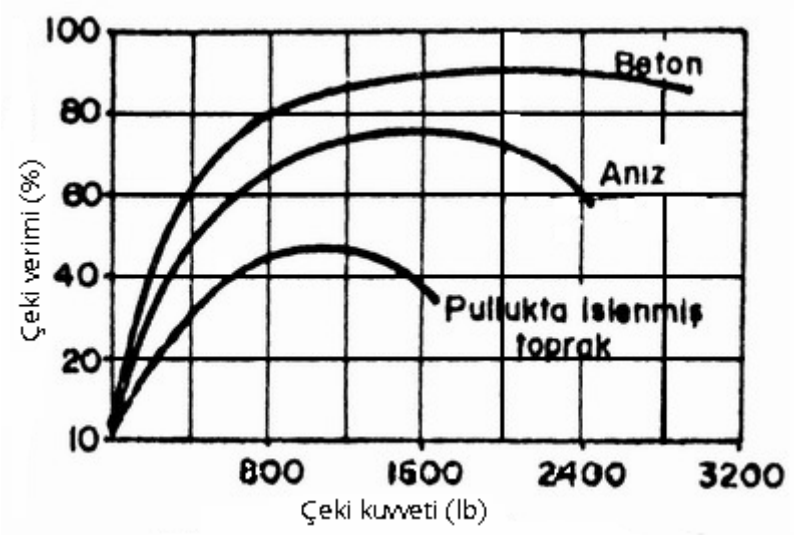
Günümüzde yoğun tarım uygulaması; traktör, tarım alet ve makinelerinin kütlelerindeki artışlar tarımda bazı sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu sorunlar; toprak sıkışması, enerji tüketimi, işgücü ve üretim masraflarındaki artışlardır. Ekonomik tarım için bu sorunları en az düzeye indirecek optimum traktör-ekipman seçiminin yapılması gereklidir (Çarman 2005). Traktör muharrik lastiklerine iletilen enerjinin % 20-55'i işe dönüşmeden çeki elemanlarında kaybolmaktadır. Bu enerji sadece kaybolmamakta, aynı zamanda toprakta sıkışmaya neden olarak, bitkisel üretim için önemli bir problem olan toprak sıkışmasını gündeme getirmektedir (Burt ve ark. 1983).

Aktarma organlarındaki güç kaybı, genelde geliştirilen çeki kuvvetinden ve ilerleme hızından bağımsızdır. Temelde bunun değerini en çok patinaj ve yuvarlanma direnci etkiler. Traktörde patinaj güç kaybı, maksimum çeki kuvveti geliştirme koşulunda ve küçük vitesle çalışmada yükselir. Buna karşın aynı traktör yüksek vitesle ve maksimum çeki kuvveti geliştirme koşulunda çalıştığında ise patinaj güç kaybı azalır. Ancak yuvarlanma direncinin neden olduğu güç kaybı artar. Kural olarak, yuvarlanma direncinin neden olduğu güç kaybı ağırlıkla orantılıdır (Kadayıfçılar 1992).

1.1 Çeki Kuvvetini Etkileyen Faktörler

1.1.1 Toprağın fiziksel ve yüzey özellikleri

Genel olarak çeki kuvveti, tekerleğin toprakta meydana getirdiği temas alanı ile aks yükünün etkisi altındadır. Kum gibi yapışma kuvveti olmayan topraklarda, çeki kuvveti ağırlık artışı ile sağlanabilir. Çünkü bu koşullarda tekerleğin batma miktarı yeterli değildir. Çok rutubetli killi topraklarda sürtünme kuvveti yoktur. Bu nedenle yük artırılsa bile toprak reaksiyonu artmaz, çeki kuvveti artışı tekerlek yüzeyinin artışı ile sağlanabilir. Ayrıca yürüme organlarının çeki yeteneğine, yuvarlanma direnci etkilidir. Yuvarlanma direnci ise tekerleğin toprakla temas alanı büyüklüğü ile ters orantılıdır. Araştırmalar maksimum çeki verimini; beton yüzeyde % 87, anızda % 74, pullukla sürülmüş tarlada % 47 olarak saptanmıştır. Çeki verimliliği pullukla işlenmiş ve anız toprak yüzeylerinde maksimum çeki yükünün yaklaşık 2/3'ünde maksimum değerlere ulaşmaktadır. Bu nedenle çeki verimliliğinin uygun değerlerde bulunması için traktörün geliştirebileceği maksimum çeki kuvvetinin % 100'ü ile çalıştırılmasına gerek yoktur. Farklı yüzeylerde çeki kuvveti ve çeki verimliliği ilişkisi Şekil 1.1'de verilmiştir (Sabancı 1993).

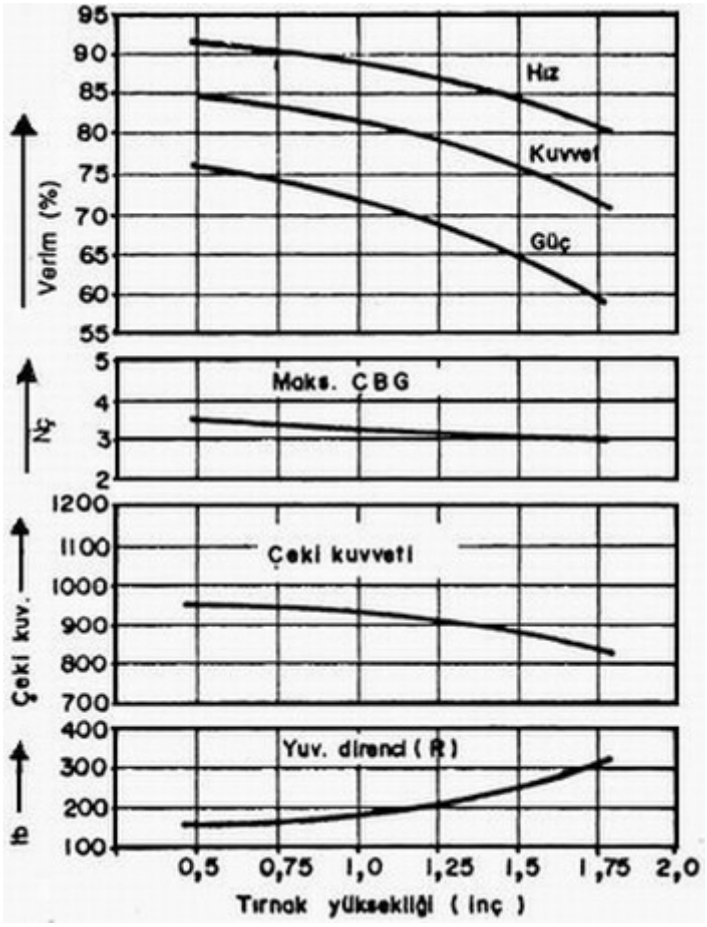


Şekil 1.1 Farklı yüzeylerde çeki kuvveti ve çeki verimliliği (Sabancı 1993)

1.1.2 Yuvarlanma direnci

Toprak deformasyonunun yapışma katsayısı ve sürtünme katsayısı arttıkça yuvarlanma direnci azalır. Bu katsayılar toprak rutubet yüzdesi ile ters orantılıdır. Diğer bir deyimle, toprak su içeriği arttıkça, yuvarlanma direnci de azalır, çeki kuvveti artar (Sabancı 1993).

Yuvarlanma direnci katsayısı lastik diş yüksekliğine bağlı olarak değişmektedir. Diş yüksekliği arttıkça yuvarlanma direnci katsayısı artar. Lastik diş yüksekliğinin artmasına bağlı olarak maksimum çeki verimi azalmaktadır. (Gee-Clough ve ark. 1977). Şekil 1.2'de tırnak yüksekliğine bağlı olarak tekerlek özelliklerinin değişimi gösterilmektedir.

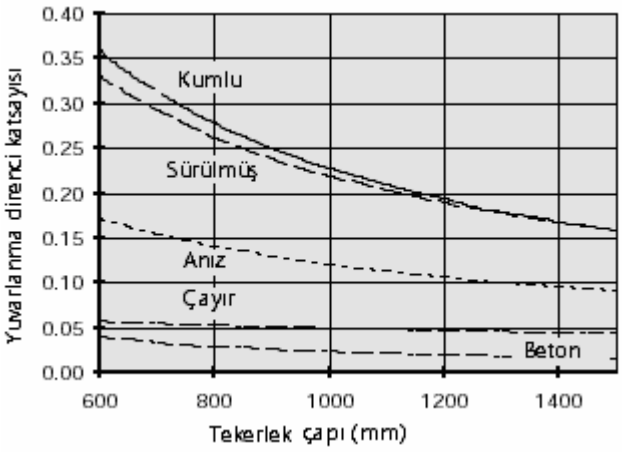


Şekil 1.2 Tırnak yüksekliğinin tekerlek özelliklerine etkisi (Sabancı 1993)

Çeki gücü arttıkça, yuvarlanma dirençleri de artmaktadır. Bu artış, tekerlekli traktörlere kıyasla paletli traktörlerde daha da yüksektir. Traktörün hareket ettirilmesi için gerekli kuvvet yani traktörün yürüme direnci aşağıdaki eşitlikle belirlenebilir (Sabancı 2003):

$$R = f.W_t$$

Şekil 1.3'de tekerlek dış çapına bağlı olarak değişik yüzeyler için yuvarlanma direnç katsayılarının değişimi gösterilmiştir.



Şekil 1.3 Değişik yüzeyler için yuvarlanma direnç katsayıları (Macmillan 2002)

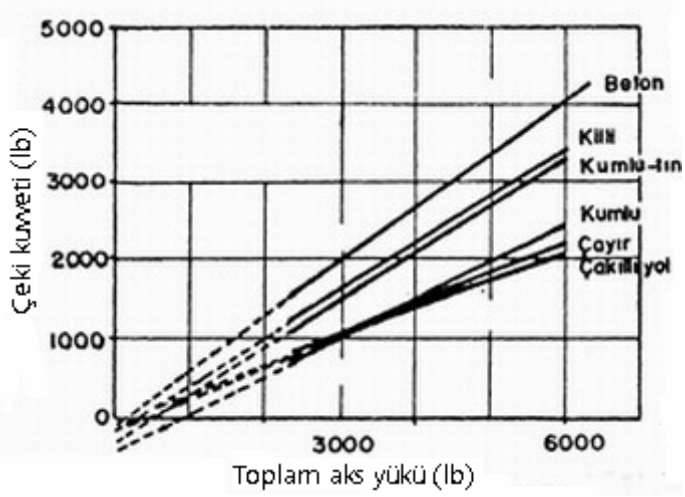
Çeşitli yüzey şekillerinin yuvarlanma direnci katsayıları Çizelge 1.1'verilmiştir.

Çizelge 1.1 Yuvarlanma direnci katsayıları (Sabancı 1993)

Yüzey Şekli	***f* (%)**
Beton	1.5
Tarla yolu	4
Çayır	5
Anız	10
Gevşek kumlu toprak	22
Yumuşak ve ıslak tarla	32

1.1.3 Aks yükü

Aks yükünün değişik yüzeylerde çeki kuvveti üzerindeki etkileri Şekil 1.4'de gösterilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi, değişik topraklarda çeki kuvvetlerini etkileyen en önemli etken taşınan ağırlıklardır. Ayrıca patinajın % 15'in üzerine çıkması, çeki kuvvetini bir miktar artırmasına karşılık, lastiklerde aşırı yıpranma oluşturmaktadır. Bu nedenle traktör çeki yeteneği, toplam ağırlıkla doğru orantılı değildir, zemin koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Örneğin aks ağırlığının etkisi çayır yüzeylere kıyasla beton zeminde çok daha yüksektir.

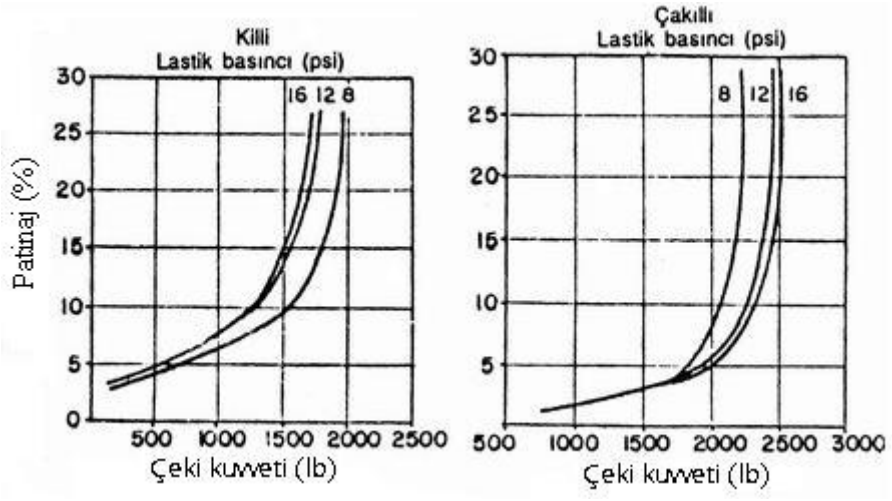


Şekil 1.4 Aks yükünün değişik yüzeylerde çeki kuvvetine etkileri (Sabancı 1993)

1.1.4 Lastik basıncı

Muharrik tekerleklere ağırlık ilavesi; ek ağırlık, tekerleklere su doldurma gibi değişik yöntemlerle yapılmaktadır. Bu yöntemler lastik basıncında değişiklik sağlayarak çeki yeteneğini farklı şekillerde etkilemektedir. Killi toprakta tekerlek temas yüzeyi artışı, toprak reaksiyon kuvvetini artırır. Temas yüzeyi artışı lastik basıncı azaltılarak sağlanabilir. Böylece toprak reaksiyon kuvvetlerine paralel olarak çeki yeteneği artışı sağlanabilir. Ayrıca çeki kuvvetini azaltan yuvarlanma direnci, tekerleğin toprağa batma miktarı ile artmaktadır.

Lastik basıncının azalması, tekerleğin toprağa batma miktarını da azaltmaktadır. Buna göre lastik basıncındaki azalış, çeki yeteneğinin artmasına sebep olur. Ancak, bu durum toprak koşullarına göre de farklılık göstermektedir. Killi toprak yüzeyinde lastik basıncı ile çeki yeteneği ters, kumlu toprakta ise doğru orantılı bir ilişki içinde değişmektedir (Şekil 1.5). Çeki yeteneğini artırmak için killi topraklarda lastik iç basıncı azaltılmalı, kumlu ve çakıllı topraklarda aks yükü artırılmalıdır. Normal koşullarda, lastik iç basıncı azaltılarak çeki yeteneği artırılabilir. Ancak bu işlem lastik ömrünü kısaltacağından zorunlu olmadıkça uygulanmamalıdır (Sabancı 1993).

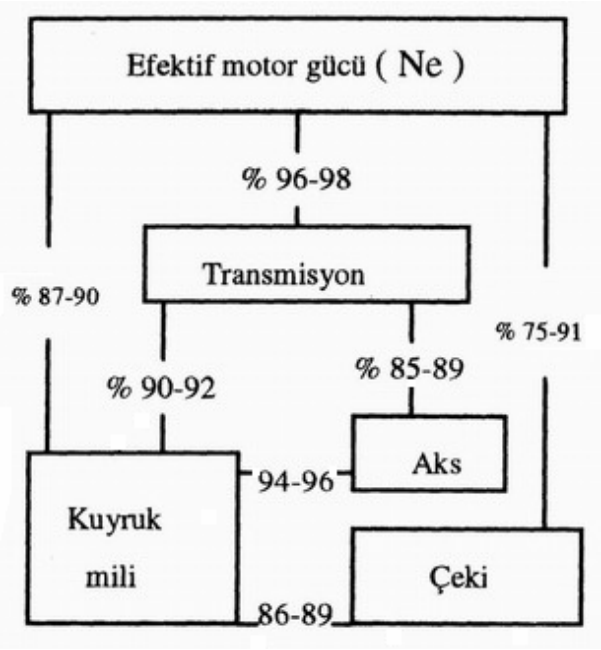


Şekil 1.5 Lastik basıncının çeki kuvvetine etkileri (Sabancı 1993)

1.2. Traktörlerde Güç ve Verim

Tarım işletmelerinde traktör, çok değişik yük, hız ve ortam koşullarında çalışmaktadır. Motorda enerji yakıtla sağlanmaktadır. Bu enerjinin sağladığı güç, çeki noktasında çeki gücü olarak ve kuyruk milinde kuyruk mili gücü olarak iki yönde kullanılmaktadır (Kadayıfçılar 1991). Şekil 1.6'da efektif motor gücünün traktör organlarındaki değerlerini göstermektedir. Traktör, çeki kancası ve üç nokta bağlantı düzeni ile çekilen ve asılan tarım makinelerine güç sağlamaktadır. Bu organ aracılığı ile sağlanan çeki gücü aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır (Sabancı 1993):

$$N_{ç} = \frac{F_{ç} * V}{1000}$$

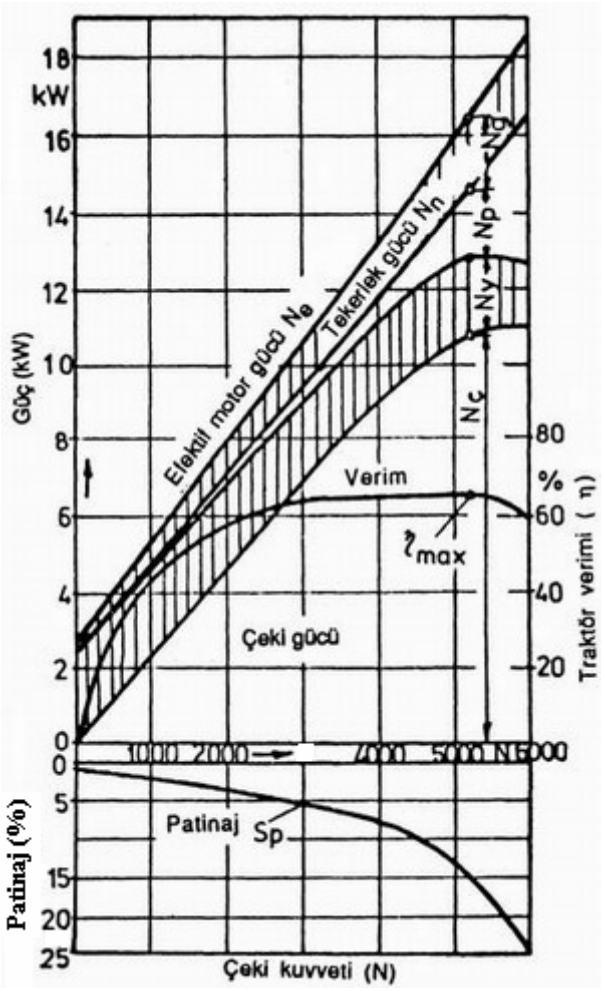


Şekil 1.6 Efektif motor gücünün traktör organlarındaki değerleri (Öğüt 1995)

Traktör verimine, yuvarlanma direnç gücü, patinaj kayıp gücü, çeki gücü ve transmisyon verimi etkili olmaktadır. Traktör verimi aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır:

$$\eta = \left[\frac{1}{1 + \left(\frac{N_y + N_p}{N_ç} \right)} * \eta_{tr} \right] (\%)$$

Traktörün ilerleme hızı sabit tutularak; efektif motor gücü (N_e), yuvarlanma direnç gücü (N_y), patinaj kayıp gücü (N_p) ve transmisyon kayıp gücü (N_g) ile patinajın çeki kuvvetine bağlı olarak değişimi Şekil 1.7'de gösterilmektedir. Efektif motor gücünün büyük bir kısmının kayıp güç olarak tüketilmektedir. Patinaja bağlı olarak artan çeki kuvveti ile faydalı çeki gücü artışı bir noktaya kadar devam etmekte, daha sonra patinaj kayıp gücünün çok fazla artmasıyla azalmaya başlamaktadır. Çeki kuvveti arttıkça traktör verimi de artmaktadır. Aynı zamanda çeki kuvveti arttıkça, patinaj kayıp gücü ve transmisyon gücü de artmaktadır (Kadayıfçılar 1991).

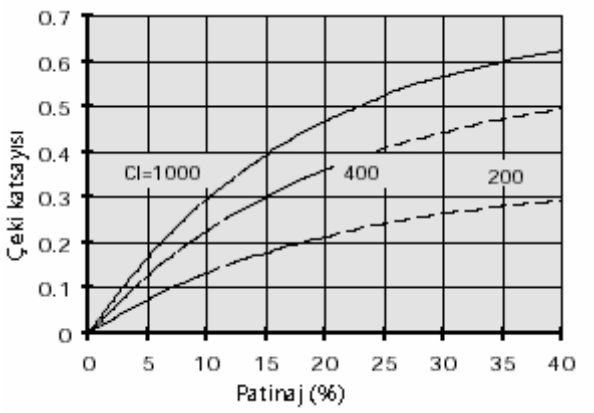


Şekil 1.7 Çeki kuvveti değişimine bağlı olarak, patinaj ve çeşitli güçlerin değişimi (Saral 1984)

Güç denemelerinde, traktörün etkinlik derecesi ve yakıt tüketimi belirlenmekte ve ölçülmektedir. Doğru ve hatasız sonuçlar yani doğru kuyruk mili ve çeki gücü değerleri, imalatçıya traktörün tarla başarılarını ve kuyruk mili çalışmalarını daha iyileştirmesi için, uygun lastik tipi ve ölçüsü ile uygun ağırlık seçimine ve uygun transmisyon oranlarının belirlenmesine yardımcı olurlar. Bu deney sonuçları çiftçilere de güç ünitesinin seçiminde yardımcı olmaktadır. Özellikle toprak işleme ve ona ait yakıt tüketim değerlerinin tahmini olarak belirlenmesi, pratik çalışmalar yönünden önemlidir.

Maksimum çeki kuvvetinin, traktör ağırlığına oranı dinamik çeki kuvveti olarak bilinir ve traktörlerin kıyaslanmasında önemli bir teknik kriteri oluşturur. Dinamik çeki oranının yüksek değeri, özellikle tekerlekli traktörlerde % 15-16 patinaj koşulunda maksimum çeki kuvveti elde edilmektedir (Kadayıfçılar 1992). Ancak çok fazla dinamik ağırlık sıkışmaya ve traktör aksında büyük gerilmelere sebep olmaktadır. Dinamik çeki oranı (çeki katsayısı)-patinaj ilişkisi Şekil 1.8'de gösterilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi sabit patinajda çeki katsayısı değeri; toprak direnci CI=1000 kPa olan kuru anızda, toprak direnci CI=200 kPa olan nemli gevşek toprağa göre daha yüksektir. Teknik olarak dinamik çeki oranının artırılması için değişik lastik profilleri geliştirilmiş ve radyal lastiklerin kullanımı yaygınlaşmıştır (Öğüt 1995). Arka tekerlekleri muharrik traktörün dinamik çeki oranı aşağıdaki eşitlikten hesaplanabilir (Macmillan 2002):

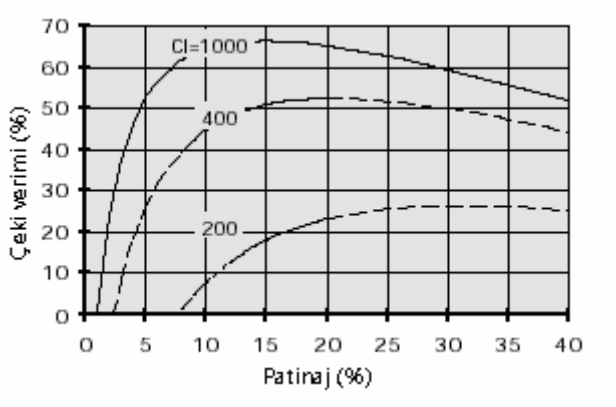
$$\psi = \frac{F_ç}{W}$$



Şekil 1.8 Üç farklı yüzey durumunda çeki katsayısının değişimi (Macmillan 2002)

Değişik yüzey durumlarına göre çeki verimi değişimi Şekil 1.9'da gösterilmektedir. Çeki verimi, çeki gücünün aks gücüne oranı olarak bilinmekte ve aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır (Öğüt 1995):

$$\eta_ç = \frac{N_ç}{N_A}$$

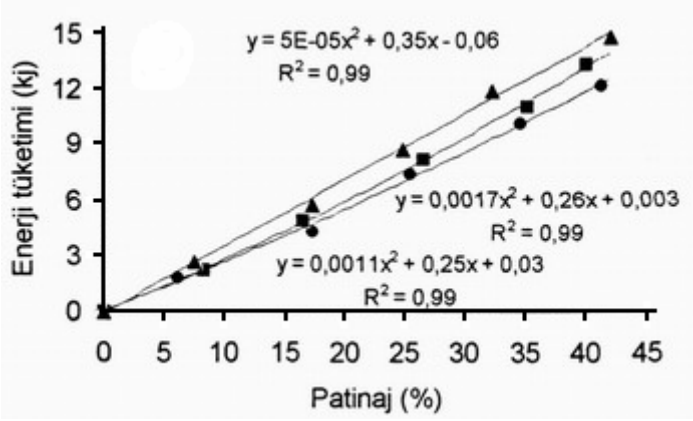


Şekil 1.9 Üç farklı yüzey koşulunda patinaja bağlı olarak çeki veriminin değişimi (Macmillan 2002)

Tekerlekli traktörlerde patinajın neden olduğu güç kaybı, kullanılan muharrik lastiğin ölçüsüne ve tipine, muharrik tekerlek üzerindeki ağırlık miktarına, lastik hava basıncına ve lastik tırnaklarının durumuna bağlı olmaktadır. Muharrik tekerlekler üzerindeki ağırlığın yetersiz olması ve lastiklerin uygun olmayan tırnaklarla donatılması aşırı patinaja neden olmaktadır (Kadayıfçılar 1992). Tekerleklerde oluşan patinaj, ilerleme hızlarına bağlı olarak aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır (Macmillan 2002):

$$i = \frac{V_0 - V}{V_0}$$

Motorda elde edilen gücün, en az yakıt tüketimi ile gerçekleştirilmesi önemli bir husustur. Teknikte saatlik yakıt tüketiminden daha çok özgül yakıt tüketimi önem arz etmektedir. Motorlar birbirleri ile mukayese edilirken, saatlik yakıt tüketimi ile değil, birim gücün üretilmesindeki tüketilen yakıt miktarını ifade eden özgül yakıt tüketimi ile mukayese edilmelidir. Aynı zamanda özgül yakıt tüketimi; tüketilen enerji miktarının, motordan alınan enerji miktarına oranını ifade etmektedir (Öğüt 1995). Şekil 1.10'da üç faklı dinamik aks yükü ve üç farklı ilerleme hızında patinaja bağlı olarak enerji tüketimi değerleri gösterilmiştir.



Şekil 1.10 Patinaja bağlı olarak enerji tüketiminin değişimi (Çarman 2001)

Bu çalışmada dört farklı aks yükü, üç farklı lastik basıncı ve dört farklı çeki kuvvetinin, traktörün çeki gücüne, özgül yakıt tüketimine ve çeki verimliliğine etkisi belirlenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Çarman (2001), 7.00-18 ölçülerindeki bir radyal lastiğin çeki performansı ve enerji tüketiminin belirlenmesi amacıyla yaptığı araştırmada muharrik lastiğin ilerleme hız ve aks yüküne bağlı olarak çeki performansı değerlerini belirlemiştir. Araştırmada üç farklı ilerleme hızı ve iki farklı aks yükünde, tekerleğin çeki performansını ortaya koyabilmek için dinamik çeki oranı ve çeki verimliliği hesaplanmıştır. Farklı çalışma koşullarında elde edilen %5.6-42.0 patinaj değerlerinde çeki kuvveti 1.20-3.35 kN, dinamik çeki oranı 0.30-0.725 ve çeki verimliliği 0.22-0.74 arasında bulmuştur. Artan patinaj değerlerine bağlı olarak lastiğin enerji tüketimi değerlerinin de artığını ve aks yükünün enerji tüketimi üzerindeki etkisinin daha da etkili olduğunu bulmuştur.

Lee ve Kim (1998), traktörlerdeki bias dokulu lastiğin çeki performansı üzerindeki lastik basıncı etkisini deneysel olarak araştırmışlardır. Muharrik tekerlek aks torku ve hızı, çeki gücü ve ilerleme hızını tarla testlerinde ölçmüşlerdir. Ölçüler; sürekli sürülen tarla, anızlı çeltik tarlası I, anızlı çeltik tarlası II ve beton zemin gibi dört farklı yüzeyde, saatte 3, 4 ve 5.5 km/h gibi üç farklı ilerleme hızlarından elde etmişlerdir.Araştırmada ayrıca lastik basıncı da 250 kPa'dan 40 kPa'a kadar 30 ya da 50 kPa düşürülerek test alanlarında uygulamışlardır. Sürekli sürülen tarla da ve beton yüzeyde lastik basıncı çeki performansına kesin bir etki sağlamazken, anızlı çeltik tarlalarında lastik basıncının düşürülmesi çeki performansını artırdığını bulmuşlardır. 4 km/h ilerleme hızında lastik basıncı %20 patinajda 160 kPa'dan 40 kPa'a düşürüldüğünde çeki katsayısı 0.35'den 0.49'a yaklaşık %40 artarken, 5.5 km/h ilerleme hızında ise aynı lastik basınçlarında %6 arttığını bulmuşlardır.

Shmulevich ve ark. (1998), tekerlek hızının, toprak-tekerlek ilişkisinde performans üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışmada, ilerleme hızının 0.083 m/s'den 3 m/s'ye artması ile tekerlek performansını tanımlayan maksimum net çeki oranı ve çeki verimliliği değerleri de artış göstermiştir. İlerleme hızının artması yuvarlanma direnç katsayısını % 20 oranında azaltmıştır.

Çarman (1992), tekerlek performansına etkili olan kuvvetlerin, tekerlek patinajı, aks momenti, çeki kuvveti, lastiğin yapısal ve işletme karakteristikleri ve toprak koşulları olarak belirtmiştir. Araştırmacı, tarımda kullanılan lastiklerin performanslarını belirlemek amacı ile, lastik performansının tahmin edilmesinde Plackett, Wismer ve Luth tarafından önerilen modelleri esas alarak bir bilgisayar programı hazırlamıştır.

Schwanghart (1991), bir tekerleğin yükü ve temas alanın büyüklüğü ile ilgili olan temas basıncı, toprak üst yüzeyinden toprağın derinliklerine ve yanlara doğru yayılmakta olduğunu belirtmişlerdir. Temas basıncının bu etkisi; toprağın tipine göre elastik veya plastik şekil değişimine neden olduğunu, lastik tekerleklerinin temas alanı bu şekil değişimine bağlı olarak lastik iç basıncı ile yakından ilgili olduğunu vurgulamışlardır. Lastik yükündeki iki katlık artışın temas alanını % 30-40 oranında artırırken, lastik iç basıncındaki iki katlık artışın ise temas alanının %70-80 oranında azalmasına neden olduğunu saptamışlardır.

Monroe (1990), tarla şartlarında değişik tip lastik sırt profillerinin kullanımının tekerlek performansına etkilerini belirlemek amacı ile yaptıkları çalışmada, dört farklı lastik sırt profilini denemeye almışlardır. Araştırmada % 5 ve % 20 patinaj değerlerinde çeki verimi ve net çeki değeri değişimi ölçülmüştür. Bütün sırt profilleri için çeki verimi % 5 patinajda daha yüksek çıkmıştır. Sırt profilleri arasındaki çeki verimi değerinin değişimi çok az olmuştur. Net çeki değeri ise % 20 patinajda daha yüksek çıkmıştır.

Bashford ve ark. (1987), dört farklı yüzey üzerinde tek ve çift tekerleklerle donatılmış bir traktörün dinamik çeki oranı ve çeki verimliliğini değerlendirmişlerdir. Beton zemin üzerinde; patinaja bağlı olarak her iki teker tipinin dinamik çeki oranı artmıştır. Ayrıca çift tekerin dinamik çeki oranı tek tekere göre daha yüksek çıkmıştır. Bununla beraber, tek ve çift tekerlek arasındaki dinamik çeki oranı ve çeki verimliliği farkı çok az olmuştur.

Burt ve Lyne (1985), 0.2-0.6 m/s'lik ilerleme hızı bölgesinde yaptıkları çalışmada, patinajın sabit tutulması koşulunda, hızın net çeki ve çeki verimliliği üzerindeki etkisini önemsiz bulmuşlardır.

Coates (1985), ikisi radyal biri çapraz (diyagonal) katlı üç değişik tip lastiği gevşek (yumuşak) toprak koşullarında denemiştir. Aynı çalışma koşulları için çapraz katlı lastik patinajı radyal lastiklerden daha fazla veya eşit durumda çıkmıştır. Her iki lastik tipi için patinaja bağlı olarak hızın 2.0-3.0 m/s arasında değişmesi çeki kuvveti değerini % 25 oranında arttırmış, ancak hızın 3.9 m/s değerine çıkması durumunda ise çeki kuvveti değeri azalmıştır.

Burt ve Bailey (1982), traktör veriminde dinamik yükün ve lastik basıncının birbirleriyle alakalı etkilerini araştırmış olup, dinamik yükün ve lastik basıncının çeki verimini artırdığını belirlemişlerdir.

Burt ve ark.(1979), çeki verimindeki dinamik yükün etkilerini araştırmışlardır. Sabit hızdaki dinamik yükün artırılmasının sonucunda sıkıştırılmış toprakta çeki verimi arttığını fakat yumuşak toprakta çeki veriminin düşmesine neden olduğunu bulmuşlardır.

Clark ve Liljedahl (1969); tek, çift ve tandem tekerlekler üzerinde model çalışmalarında, performans eğrisi üzerindeki değişiklikleri daha iyi görebilmek için % 4, 8, 12, 16, 22, ve 30 patinaj değerlerinde denemeler yaparak üç tekerlek tipi için çeki verimliliği ve çeki kuvveti değerlerini belirlemişlerdir. Patinaja bağlı olarak her üç tekerlek tipi için çeki kuvveti ve çeki verimliliği değerleri artış göstermiştir.

Zombori (1967), çeki verimini ve çeki gücündeki lastik basıncının etkilerini araştırmıştır. Bu araştırma sonuçları sabit hızda düşürülen şişirme basıncının çeki gücünü artırdığı göstermiştir. Çeki gücü sabit tutulduğunda lastik basıncının düşmesi ilerlemeyi yavaşlatmıştır. Sonuç olarak çeki verimini artırmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Deney pisti ve deneme traktörü

Bu çalışma, T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarım Alet ve Makineleri Test Merkezi Müdürlüğü'nün Traktör Çeki Gücü Deney Pisti'nde yapılmıştır. Çeki gücü deneyi pisti, yaklaşık olarak 400 m uzunluğunda beton zeminden oluşmaktadır. Pistte 65 m uzunluğunda, düz, atmosfer şartlarından etkilenmeyecek kapalı bir bölüm olan çeki deney tüneli bulunmaktadır. Şekil 3.1'de çeki deney tüneli gösterilmektedir. Denemeler sırasında ölçüm değerleri pistin kapalı bu bölümde alınmaktadır. Çeki tüneli boyunca lastiklerin tutunmalarını artırabilmek amacıyla, beton zemin yüzeyi işlenmiştir.



Şekil 3.1 Çeki deney tünelinin görüntüsü

Araştırmada; Türk Traktör ve Ziraat Makineleri A.Ş. tarafından üretilen NEWHOLLAND TD 60 D-2 WD marka traktör kullanılmıştır. Denemede kullanılan traktör daha önceden Test Merkezi tarafından "Tarım Traktörleri Resmi Testi OECD Standart Kodu (Kod-2)"na uygun olarak test edilmiş ve deney raporu hazırlandıktan sonra araştırmada kullanılmıştır. Traktöre ait bazı değerler Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Denemede kullanılan traktöre ait bazı değerler (Anonim 2004)

Vites	Grup veya Oran	Toplam oran (Motor/ hareket veren tekerlek)		2500rev/min nominal motor hızında nominal ilerleme hızı* (km/h)	
		İLERİ	GERİ	İLERİ	GERİ
1	YAVAŞ I	366.666	366.669	1.71	1.71
2		237.980	237.269	2.63	2.64
3		175.000	174.476	3.58	3.59
4		122.163	121.798	5.13	5.15
1	YAVAŞ II	156.987	156.518	3.99	4.00
2		101.891	101.586	6.15	6.17
3		74.926	74.702	8.37	8.39
4		52.304	52.148	11.98	12.02
1	YAVAŞ III	66.682	66.483	9.40	9.43
2		43.279	43.150	14.48	14.52
3		31.826	31.730	19.69	19.75
4		22.217	22.150	28.21	28.30

* Arka tekerlek yarıçapı r =665 mm değerine göre hesaplanmıştır.(ISO 4251/1-1998)

3.1.2. Çeki arabası ve özellikleri

Özel olarak tasarlanmış olan çeki arabası Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Çeki arabasının ön kısmında bulunan kumanda kabini; operatör kısmı ve kumanda kısmı olarak iki kısma ayrılmaktadır. Kumanda kısmında dümenleme, yakıt sayacı, fren pedalı ve üç kademeli vites kolu gibi donanımlar bulunmaktadır. Operatör kısmında ise; dizüstü bilgisayarın konulduğu bölme, konvertör ve hemen yanında jeneratöre bağlı potansiyometre bulunmaktadır. Elektrik ihtiyacı 2 adet batarya ile sağlanmaktadır.

Traktörün çeki kancası ile çeki arabası bağlantı demirinin yerden yükseklikleri, dinamometrede sağlıklı ölçüm yapılabilmesi için aynı seviyede tutulmuştur. Çeki demiri pimi alt noktasının zeminden yüksekliği 275 mm olarak ayarlanmıştır. Bu değer traktörün çeki kancasın yerden yüksekliği ile aynı değerdedir.

Kabinin arka üst kısmında yakıt deposu bağlıdır. Çeki arabasının arka kısmında dört adet soğutma kulesi vardır. Denemeler sırasında jeneratörde oluşan fazla elektrik, soğutma kulelerindeki direnç telleri ile atmosfere atılır.

Deneme traktöründe, yükleme işlemini yapmak için çeki arabasının güç aktarma organlarına bir jeneratör bağlanmıştır. Traktörün çeki arabasını hareketlendirmesi ile birlikte tekerlekten alınan hareket, diferansiyele iletilmektedir. Diferansiyelde yönü değişen hareketin yüksek olduğu devirlerde, jeneratörde hasar oluşturmaması için hareketin devri vites kutusunda üç kademeli olarak değiştirilebilmektedir.



Şekil 3.2 Denemede kullanılan çeki arabasının ön ve arka taraftan görünüşü

3.2. Metot

3.2.1. Yakıt tüketiminin ölçülmesi

Yakıt tüketimini ölçmek için traktörün yakıt deposunun, yakıt pompası girişi sökülmüş ve yakıt hortumu ile çeki arabasında bulunan yakıt deposuna bağlanmıştır. Denemeler esnasında çeki arabasında bulunan yakıt deposundan birim hacimdeki ölçü kabına yakıt doldurulmuştur. Şekil 3.3'de çeki arabasında bulunan yakıt ölçüm ünitesi görülmektedir. Kumanda kabininde bulunan zaman sayacı yardımıyla da ölçü kabındaki yakıtın tüketilme süresi tespit edilmiştir. Böylece saatlik yakıt tüketimi (B_e) değerleri aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır:

$$B_e = \frac{90}{(t/1{,}026)}(l/h)$$

Yukarıdaki eşitlikle belirlenen saatlik yakıt tüketiminden, aşağıdaki eşitlik ile özgül yakıt tüketimi hesaplanmıştır (Öğüt 1995):

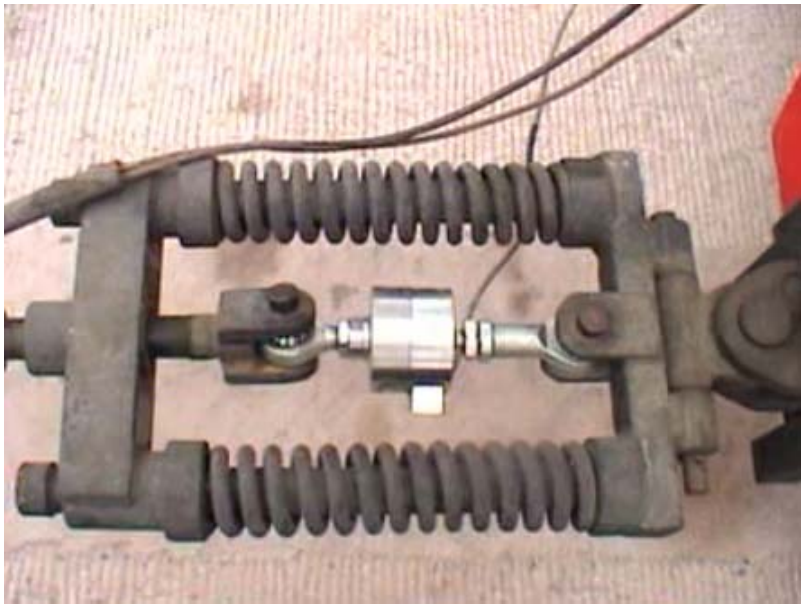
$$b_e = \frac{B_e}{N_e} * 1000$$



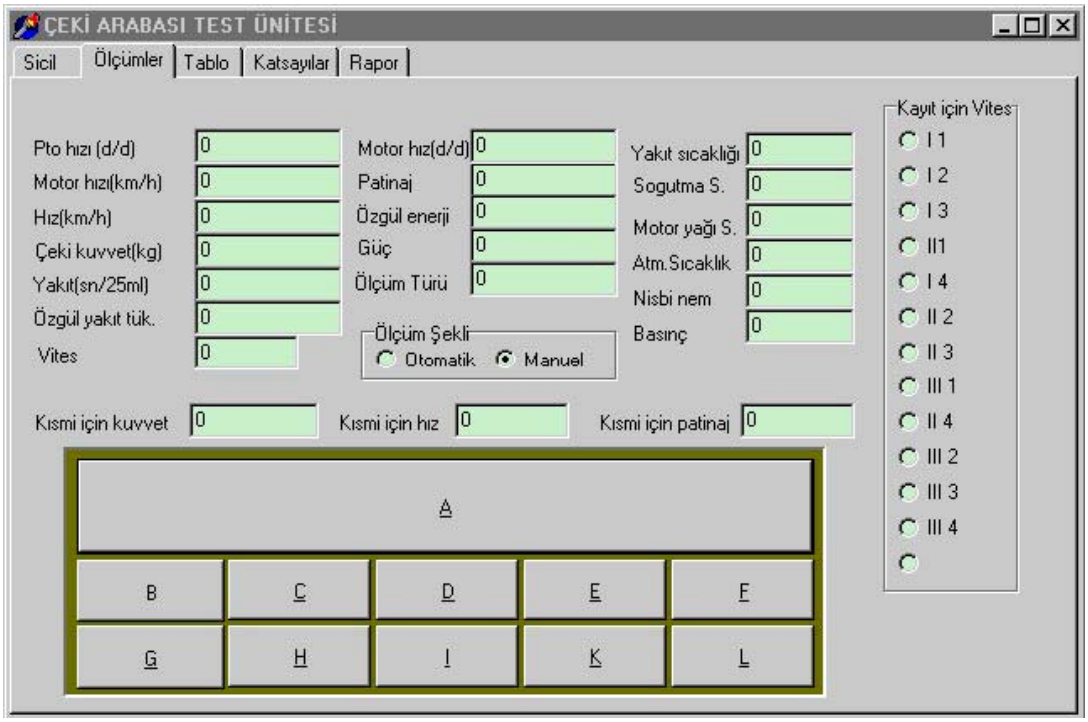
Şekil 3.3 Çeki arabasında bulunan yakıt ölçüm ünitesinin görüntüsü

3.2.3. Çeki performansının belirlenmesi

Çeki performansını belirlemek amacı dinamometre Şekil 3.4'deki beşik düzeni ile çeki demirine bağlanmıştır. Traktörün kuyruk mili devrini ölçen devir sensörü ve çeki arabasının arka tarafında bulunan ve ilerleme hızını ölçen tekerlek sensörü ile dinamometrede bulunan sensör çeki arabasında bulunan konvertörden geçirilerek dizüstü bilgisayara aktarılmıştır. Ölçülen değerler ise paket program yardımı ile çeki gücü, ilerleme hızı ve patinaj değerleri olarak bilgisayardan okunmaktadır (Şekil3.5).



Şekil 3.4 Denemede kullanılan çeki arabası beşik düzeni



Şekil 3.5 Denemelerde kullanılan paket programın ekran görüntüsü

Motordan tekerleklere aktarılan güç kaybı % 10 kabul edilerek, çeki verimi hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Macmillan, 2002):

$$\eta_{ç} = \frac{N_{ç}}{0.9 * N_{e}}$$

3.2.4. Tekerlek çevresinin ölçülmesi

Tekerlek çevresi her aks yükünde ve her lastik basıncında ölçüldü. Bunun için traktörün muharrik her iki tekerleğin yere temas eden diş üzerine gres yağı sürüldü. Traktör, çeki pistinde düşük hızda düz çizgide kullanılarak tekerleklerin 4 tur sapması sağlandı. Lastiğin temas noktaları mesafesi metre ile ölçülüp aritmetik ortalaması alındı. Her deneme kademesinde alınan bu değer çeki programına girildi. Denemeler süresince traktörünün muharrik tekerleğinde 14-9 R30 [129 A8] lastik kullanılmıştır.

3.2.5. Lastiklerin izdüşüm alanlarının ölçülmesi

Lastiklerin beton zemin üzerinde izdüşüm alanlarını belirlemek amacıyla lastik kriko yardımı ile yeren kaldırılarak belirli bir yüzeyi boyanmış ve daha sonra zemin üzerindeki beyaz kağıt üzerine indirilmiştir. Bu işleme lastik her seferinde 5-10° döndürülerek 4-5 kez devam edilmiştir (Şekil 3.6). Kağıt üzerinde oluşan iz alanları bilgisayar ortamında SigmaPro Scan yazılımı kullanılarak ölçülmüştür. Çizelge 3.2'de araştırmada kullanılan lastiğin, dinamik aks yükü ve lastik iç basıncına göre ölçülen izdüşüm değerleri verilmiştir (Çarman 2005).



Şekil 3.6 Traktör lastik izdüşüm alanının ölçülmesi

Çizelge 3.2 Araştırmada kullanılan lastiğin dinamik aks yüküne ve lastik iç basıncına göre izdüşüm alanlarındaki değişimi

Dinamik Aks Yükü (daN)	Muharrik Tekerlek Lastik İç Basıncı (kPa)	Ölçülen İzdüşüm Alanı (cm^2)
1796 daN	160	943,88
	120	977,89
	80	1201,60
2076 daN	160	1022,33
	120	1066,88
	80	1205,78
2276 daN	160	1031,90
	120	1119,71
	80	1305,12
2476 daN	160	1040,48
	120	1201,38
	80	1318,24

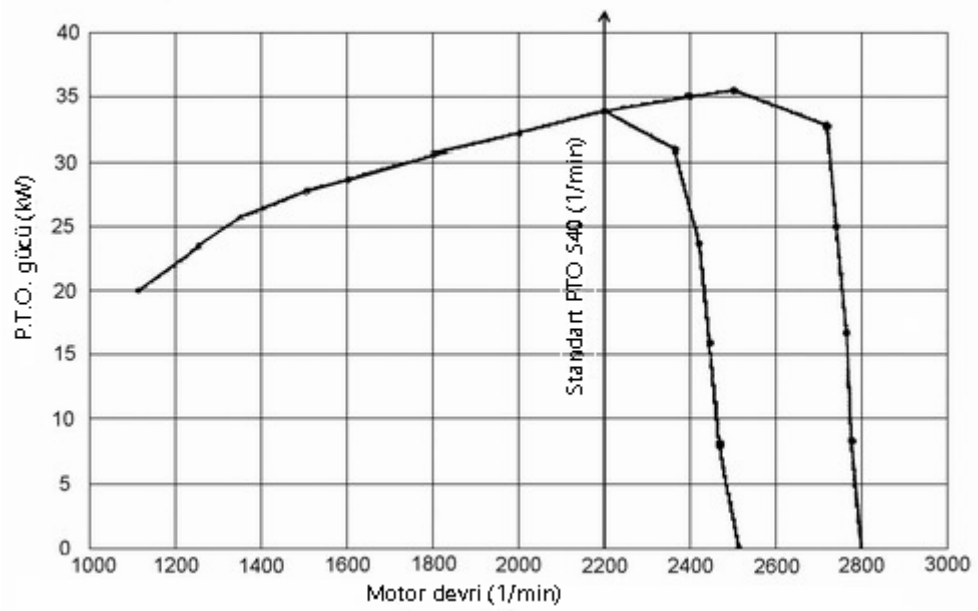
3.2.6. Denemenin planlanması ve yürütülmesi

Denemeler muharrik tekerlek lastik iç basınçları (P)160 kPa, 120 kPa ve 80 kPa olmak üzere üç kademede yapılmıştır.

Dinamik aks yükleri (W); standart ağırlık (1796 daN), bu ağırlığa ilaveten 280 kg, 480 kg ve 680 kg'lık ağırlıklar olarak belirlenmiştir. Denemenin her aşamasında 2000 daN, 1500 daN, 1000 daN ve 500 daN'luk dört farklı çeki kuvveti uygulanmıştır. Çeki arabası ölçme sistemi, çeki kuvvetinin kontrol edilmesine imkan vermesi sebebiyle çeki kuvveti kontrollü değişken olarak alınmıştır.

Ayarlanan lastik basıncı ve aks yükünde, lastik çevresi ölçülerek çeki programına girilmiştir. Traktör ilerleme hızı olarak, tarımsal faaliyetlerdeki çalışma hızları dikkate alınmış olup, II-3 vites kademesi seçilmiştir. Bu vites kademesi ise yaklaşık 7.5 km/h'lik ilerleme hızına karşılık gelmektedir. Çeki programına traktörün özellikleri, çalışma vites kademesi ve motor/PTO oranı girilmiş olup, bu değerler deneme traktörünün deney raporundan alınmıştır. Traktör çalışma sıcaklığına gelip kararlı değerler verinceye kadar pistte 7 ila 8 tur atılmış ve daha sonra denemelere geçilmiştir.

Şekil 3.7'de verilen deneme traktörünün PTO güç eğrisinden faydalanılarak bazı güç hesaplamaları yapılmıştır.



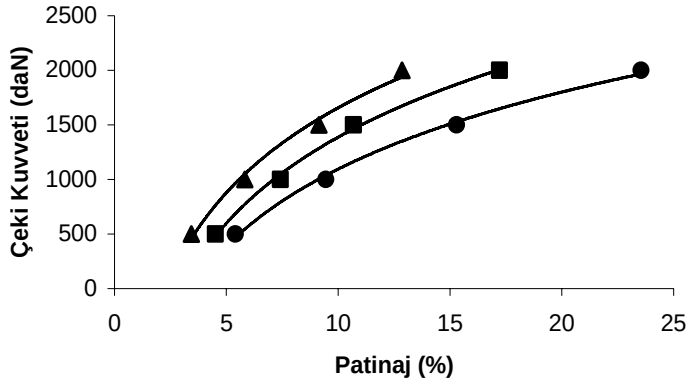
Şekil 3.7 Denenen traktörün P.T.O. güç eğrisi (Anonim 2004)

Önceden belirlenen vites kademesinde ve tam gaz durumunda traktör, çeki arabasında bulunan potansiyometre yardımıyla manuel olarak önceden belirlenen çeki kuvveti değerlerinde yüklenmiştir. Denemeler 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır.

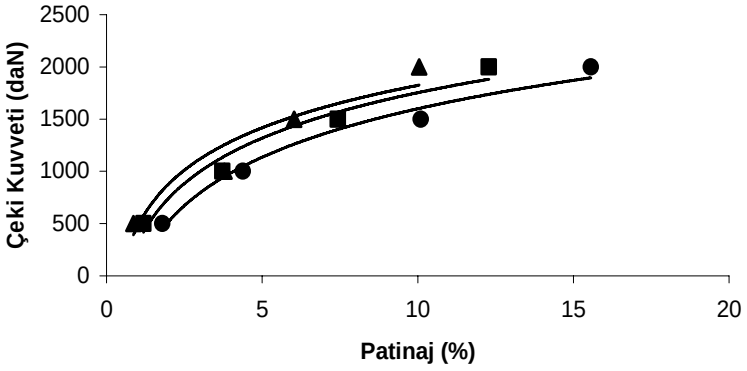
Çalışmada kullanılan aks yükü, lastik iç basıncı ve çeki kuvveti kontrollü değişkenlerinin; patinaj, çeki verimi ve özgül yakıt tüketimi değerleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla varyans analizleri uygulanmıştır. Elde edilen sonuçların önemli çıktığı durumlarda ise bunun hangi faktörlerden kaynaklandığını belirlemek amacıyla LSD testleri yapılmıştır (Düzgüneş ve ark. 1987). Varyans analizleri ve LSD testi sonuçlarının elde edilmesinde TARİST programı kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

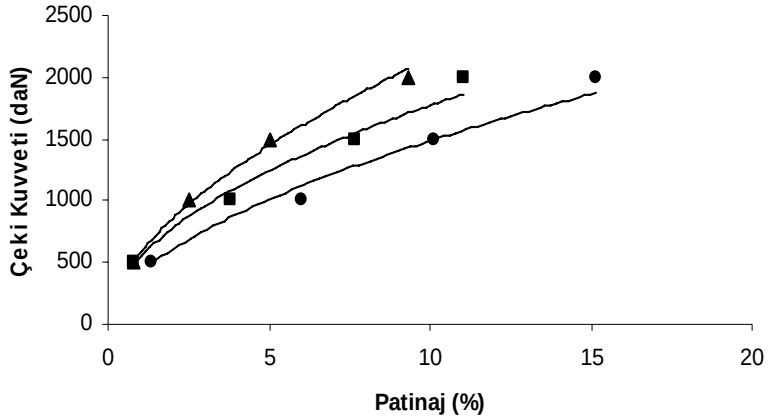
Denemeler sonunda traktörünün muharrik aks yükü, lastik iç basıncı ve patinaja bağlı olarak çeki kuvveti, çeki gücü, çeki verimliliği, ve özgül yakıt tüketimi değerleri Şekil 4.1..4.16'da verilmiştir.



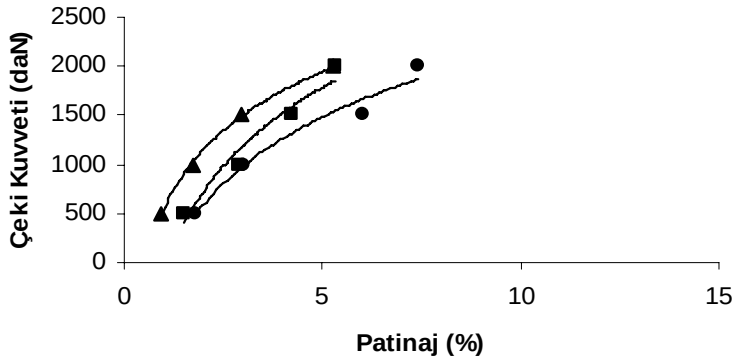
Şekil 4.1 1796 daN aks yükünde patinaja bağlı olarak çeki kuvvetinin değişimi (●:160 kPa ■:120 kPa ▲: 80 kPa)



Şekil 4.2 2076 daN aks yükünde patinaja bağlı olarak çeki kuvvetinin değişimi (●:160 kPa ■:120 kPa ▲: 80 kPa)



Şekil 4.3 2276 daN aks yükünde patinaja bağlı olarak çeki kuvvetinin değişimi (●:160 kPa ■:120 kPa ▲: 80 kPa)



Şekil 4.4. 2476 daN aks yükünde patinaja bağlı olarak çeki kuvvetinin değişimi (●:160 kPa ■:120 kPa ▲: 80 kPa)

Şekil 4.1..4.4 incelendiğinde artan patinaj değerlerine bağlı olarak çeki kuvveti değerlerinin arttığı gözlenmiştir. Çeki kuvvetindeki bu artış aks yüküne bağlı olarak %10 patinaja kadar belirgin bir artış göstermiştir. Bu patinaj değerinden sonra ise çeki kuvvetindeki artışın yavaşladığı söylenebilir. Çeki kuvvetine bağlı olarak patinaj değerleri % 0.79 ile % 23.54 arasında değişmiştir. Çeki kuvvetindeki % 300'lük artış patinajda % 480'lik bir artışa neden olmaktadır. Patinaj değerleri üzerinde yapılan varyans analizi ve LSD testi sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Varyans analiz sonuçları, çeki kuvvetinin patinaj üzerindeki etkisinin önemli olduğunu göstermiştir ($P< 0.01$).

Artan aks yüküne bağlı olarak patinaj değerlerinin azaldığı görülmüştür. Aks yükündeki % 38'lik artışa karşılık patinaj değerlerinde % 180'lik bir azalma meydana gelmiştir. Bu durum artan aks yüküne bağlı olarak lastik izdüşüm alanının artması ve lastik-beton yüzey arasındaki tutunmanın neden olduğu söylenebilir. Varyans analiz sonuçları, aks yükünün patinaj üzerindeki etkisinin önemli olduğunu göstermiştir (P< 0.01) (Çizelge 4.1).

Patinaj değerleri, artan lastik iç basıncına bağlı olarak artmıştır. Lastik iç basıncındaki % 50'lik bir artış, patinaj değerlerinde % 68'lik bir artışa neden olmuştur. Varyans analiz sonuçları, lastik iç basıncının patinaj üzerindeki etkisinin önemli olduğunu göstermiştir (P< 0.01) (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 Patinaj değerleri üzerinde yapılan varyans analizi ve LSD testi sonuçları

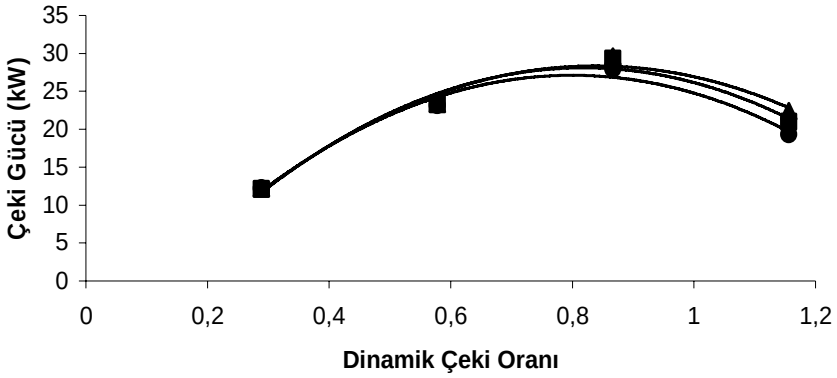
V. K.	**S. D.**	**K. T.**	**K. O.**	**H. F.**
Dinamik Aks Yükü(**A**)	3	570.150	190.050	37128.173 **
Lastik İç Basıncı (**B**)	2	197.590	98.795	19300.570 **
A*B	6	31.932	5.322	1039.718 **
Çeki Kuvveti (**C**)	3	1364.849	454.950	88879.069 **
A*C	9	145.840	16.204	3165.701 **
B*C	6	63.113	10.519	2054.977 **
A*B*C	18	22.174	1.232	240.660 **
Hata	48	0.246	0.005	
Genel	95	2395.893	25.220	

** İstatistiksel olarak %1 seviyesinde önemli (P<0.01)

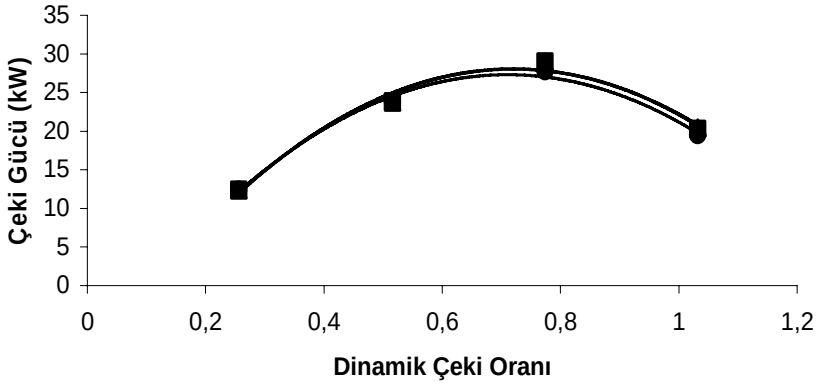
Faktör A(*)	**Faktör B(*)**	**Faktör C(*)**
10.450 $_{a}$	8.569 $_{a}$	12.13 $_{a}$
6.482 $_{b}$	6.406 $_{b}$	7.93 $_{b}$
6.182 $_{c}$	5.089 $_{c}$	4.59 $_{c}$
3.637 $_{d}$		2.08 $_{d}$
LSD % 5: 0.042	LSD % 5: 0.036	LSD % 5: 0.042

* Aynı harfler ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiki fark önemli değildir

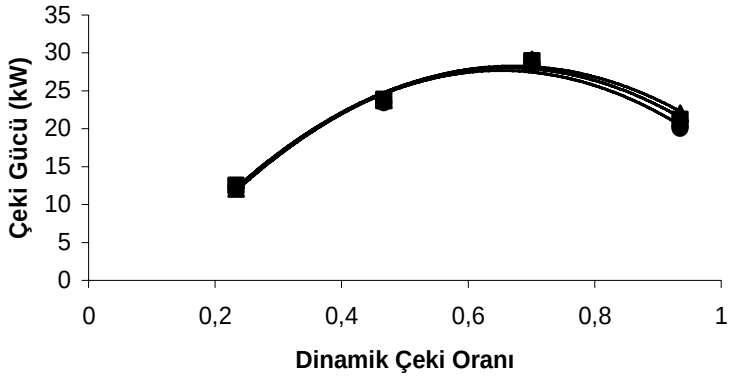
Çeki kuvvetinin aks yüküne oranı olarak tanımlanan dinamik çeki oranı ile çeki gücü arasındaki ilişki Şekil 4.4..4.8'de verilmiştir. Dinamik aks yükünün düşük olduğu durumlarda, yüksek dinamik çeki oranı elde edilmiştir. Dinamik çeki oranı 0.213 ile 1.156 arasında değişmiştir. Dinamik aks yükü 1796 daN'da dinamik çeki oranı 1.156 olurken, 2476 daN aks yükünde 0.213 olmuştur. Maksimum çeki gücüne 0.626-0.867 arasındaki dinamik çeki oranı değerlerinde ulaşılmıştır. Dinamik aks yükünün artırılmasıyla çeki gücü de artmıştır. Muharrik tekerlekteki aks yükü arttıkça, maksimum çeki gücü daha düşük dinamik çeki oranlarında elde edilmektedir.



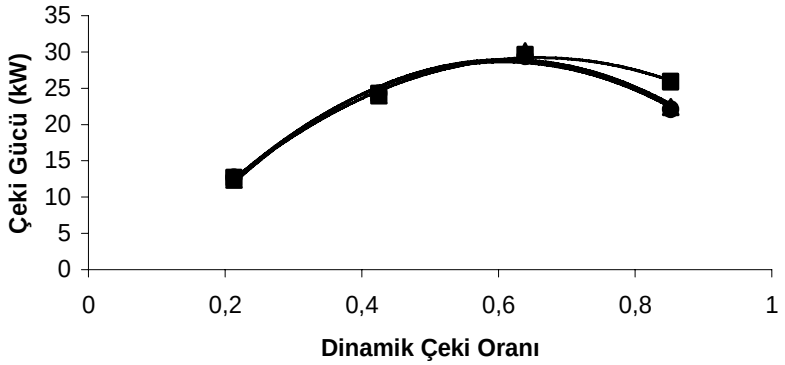
Şekil 4.5 1796 daN aks yükünde dinamik çeki oranına bağlı olarak çeki gücünün değişimi (●:160 kPa ■:120 kPa ▲: 80 kPa)



Şekil 4.6 2096 daN aks yükünde dinamik çeki oranına bağlı olarak çeki gücünün değişimi (●:160 kPa ■:120 kPa ▲: 80 kPa)



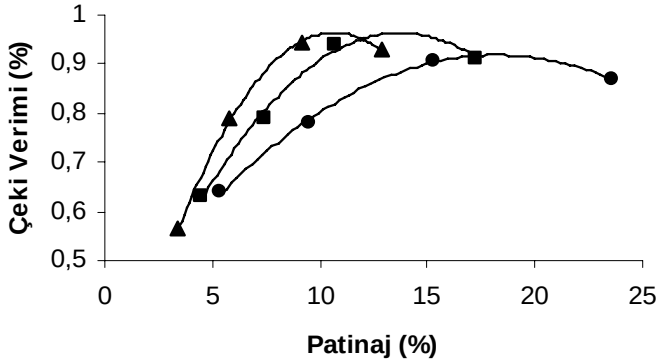
Şekil 4.7 2296 daN aks yükünde dinamik çeki oranına bağlı olarak çeki gücünün değişimi (●:160 kPa ■:120 kPa ▲: 80 kPa)



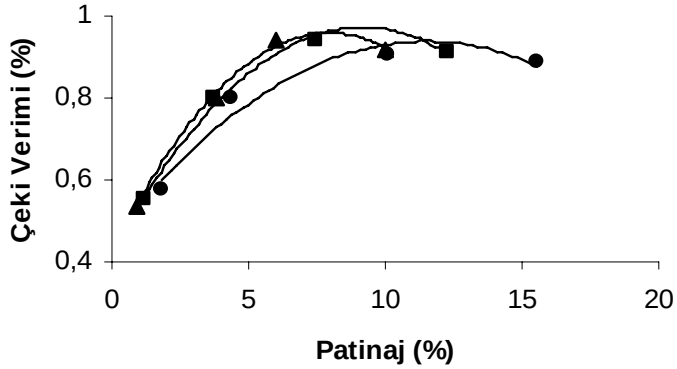
Şekil 4.8 2496 daN aks yükünde dinamik çeki oranına bağlı olarak çeki gücünün değişimi (●:160 kPa ■:120 kPa ▲: 80 kPa)

Lastik basıncının azaltılmasında, dinamik çeki oranı ile çeki gücü arasındaki ilişkide fazla değişiklik gözlenmemiştir. Üç farklı lastik basıncında da yaklaşık birbirine yakın değerler elde edilmiştir.

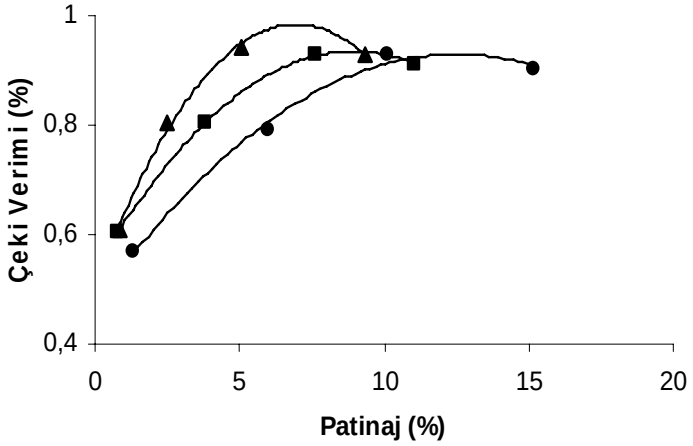
Çeki verimliliğinin, farklı aks yüklerinde patinaja bağlı olarak değişimi Şekil 4.9..4.12'da verilmiştir.



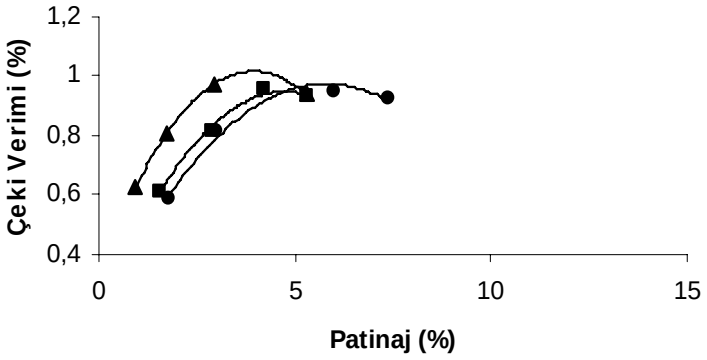
Şekil 4.9 1796 daN aks yükünde patinaja bağlı olarak çeki veriminin değişimi (●:160 kPa ■:120 kPa ▲: 80 kPa)



Şekil 4.10 2096 daN aks yükünde patinaja bağlı olarak çeki veriminin değişimi (●:160 kPa ■:120 kPa ▲: 80 kPa)



Şekil 4.11 2296 daN aks yükünde patinaja bağlı olarak çeki veriminin değişimi (●:160 kPa ■:120 kPa ▲: 80 kPa)



Şekil 4.12 2496 daN aks yükünde patinaja bağlı olarak çeki veriminin değişimi (●:160 kPa ■:120 kPa ▲: 80 kPa)

Çeki verimi değerleri, farklı çalışma koşullarına bağlı olarak yaklaşık % 10 patinaj değerlerine kadar artar iken; daha büyük patinaj değerlerinde azalmıştır. Maksimum çeki verimi (0.97), 2476 daN dinamik aks yükünde, 120 kPa lastik iç basıncında, 2000 daN çeki kuvvetinde elde edilmiştir. Çeki verimi ile patinaj arasındaki ilişki önemli bulunmuş olup, ilişkinin regresyon denklemi ve korelasyon katsayısı aşağıda verilmiştir;

$$\eta_ç = 0.52 + 0.09\ i - 0.006\ i^2 + 0.0001 i^3 \qquad R=0.90$$

Çeki kuvvetine bağlı olarak çeki verimliliği değerleri 0.59 ile 0.935 arasında değişmiştir. Çeki kuvvetindeki % 300'lük artış, çeki verimliğinde % 55'lik bir artışa neden olmaktadır. Çeki verimliliği değerleri üzerinde yapılan varyans analizi ve LSD testi sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir. Varyans analiz sonuçları, çeki kuvvetinin çeki verimliliği üzerindeki etkisinin önemli olduğunu göstermiştir (P< 0.01).

Çizelge 4.2 Çeki verimliliği değerleri üzerinde yapılan varyans analizi ve LSD testi sonuçları

V. K.	**S. D.**	**K. T.**	**K. O.**	**H. F.**
Dinamik Aks Yükü(**A**)	3	0.013	0.004	212.169 **
Lastik İç Basıncı (**B**)	2	0.004	0.002	90.514 **
A*B	6	0.001	0.000	11.317 **
Çeki Kuvveti (**C**)	3	1.783	0.594	28906.205 **
A*C	9	0.010	0.001	52.223 **
B*C	6	0.005	0.001	37.904 **
A*B*C	18	0.012	0.001	31.718 **
Hata	48	0.001	0.000	
Genel	95	1.828	0.019	

** İstatistiksel olarak %1 seviyesinde önemli (P<0.01)

Faktör A(*)	**Faktör B(*)**	**Faktör C(*)**
0.794 $_{a}$	0.800 $_{a}$	0.912 $_{a}$
0.805 $_{b}$	0.813 $_{b}$	0.935 $_{b}$
0.809 $_{c}$	0.813 $_{b}$	0.797 $_{c}$
0.826 $_{d}$		0.590 $_{d}$
LSD % 5: 0.003	LSD % 5: 0.002	LSD % 5: 0.003

* Aynı harfler ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiki fark önemli değildir

Artan aks yüküne bağlı olarak çeki verimliliği değerlerinin arttığı görülmüştür. Aks yükündeki % 38'lik artışa karşılık çeki verimliliği değerlerinde % 4.03'lük artma meydana gelmiştir. Bu durum artan aks yüküne bağlı olarak lastik izdüşüm alanının artması ve lastik-beton yüzey arasındaki tutunmanın neden olduğu söylenebilir. Varyans analiz sonuçları, aks yükünün çeki verimliliği üzerindeki etkisinin önemli olduğunu göstermiştir (P< 0.01) (Çizelge 4.2).

Çeki verimliliği değerleri, artan lastik iç basıncına bağlı olarak azalmıştır. 80 kPa ve 120 kPa'lık lastik iç basınçlarının aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Lastik basıncı 160 kPa'da çeki verimliliği en düşük bulunmuştur. Zombori (1967) ile Lee ve Kim (1998)'de yaptıkları çalışmada benzer sonuçlar bulmuşlardır. Varyans analiz sonuçları, lastik iç basıncının çeki verimliliği üzerindeki etkisinin önemli olduğunu göstermiştir (P<0.01)(Çizelge 4.2).

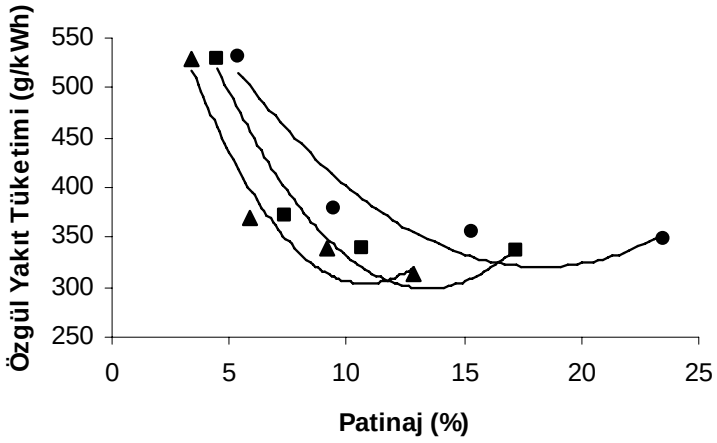
Çeki verimi ile dinamik aks yükü ve lastik iç basıncı arasındaki ilişki önemli bulunmuş olup, ilişkinin regresyon denklemi ve korelasyon katsayısı aşağıda verilmiştir:

$$\eta_ç = 1.192\text{-}0.0002\ W + 0.0003\ P - 0.00003\ P^2 \qquad R=0.94$$

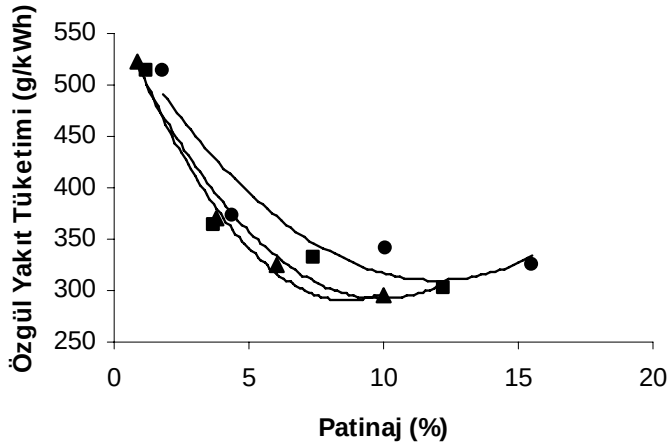
Özgül yakıt tüketiminin, farklı aks yüklerinde patinaja bağlı olarak değişimleri Şekil 4.13..4.16'da verilmiştir. Özgül yakıt tüketimi değerleri, farklı çalışma koşullarına bağlı olarak yaklaşık % 5-12 patinaj değerlerine kadar hızla azalırken; daha büyük patinaj değerlerinde ise hafif bir artışa geçmiştir. Minimum özgül yakıt tüketimi (296 g/kWh), 2076 daN dinamik aks yükünde, 80 kPa lastik iç basıncında, 2000 daN çeki kuvvetinde elde edilmiştir. Çarman (2001), yaptığı çalışmasında benzer sonuçlar bulmuştur. Özgül yakıt tüketimi ile patinaj arasındaki ilişki önemli bulunmuş olup, ilişkinin regresyon denklemi ve korelasyon katsayısı aşağıda verilmiştir:

$$b_e = 544.27 - 49.83\ i + 3.52\ i^2 - 0.07\ i^3 \qquad R=0.86$$

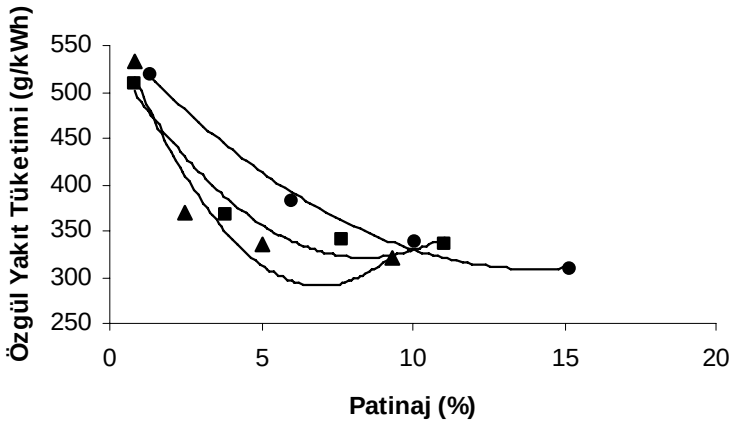
Çeki kuvvetine bağlı olarak özgül yakıt tüketimi değerleri 320.9 g/kWh ile 519.6 g/kWh arasında değişmiştir. Çeki kuvvetindeki % 300'lük artış çeki verimliğinde % 62'lik bir azalmaya neden olmaktadır. Özgül yakıt tüketimi değerleri üzerinde yapılan varyans analizi ve LSD testi sonuçları Çizelge 4.3'de verilmiştir. Varyans analiz sonuçları, çeki kuvvetinin özgül yakıt tüketimi üzerindeki etkisinin önemli olduğunu göstermiştir (P< 0.01).



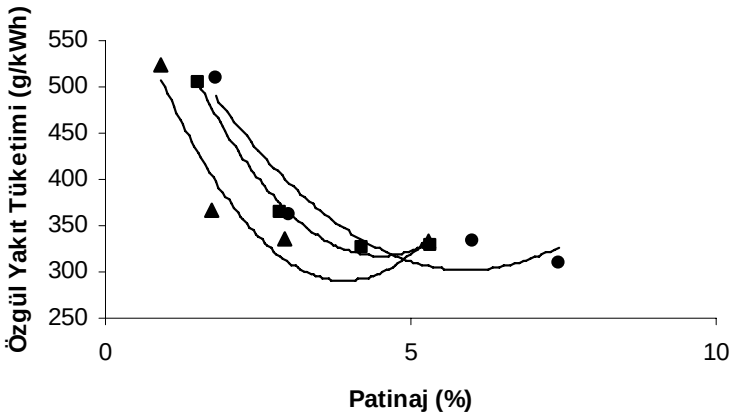
Şekil 4.13 1796 daN aks yükünde patinaja bağlı olarak özgül yakıt tüketiminin değişimi (●:160 kPa ■:120 kPa ▲: 80 kPa)



Şekil 4.14 2096 daN aks yükünde patinaja bağlı olarak özgül yakıt tüketiminin değişimi (●:160 kPa ■:120 kPa ▲: 80 kPa)



Şekil 4.15 2296 daN aks yükünde patinaja bağlı olarak özgül yakıt tüketiminin değişimi (●:160 kPa ■:120 kPa ▲: 80 kPa)



Şekil 4.16 2496 daN aks yükünde patinaja bağlı olarak özgül yakıt tüketiminin değişimi (●:160 kPa ■:120 kPa ▲: 80 kPa)

Artan aks yüküne bağlı olarak özgül yakıt tüketimi değerlerinin azaldığı görülmüştür. Aks yükündeki % 38'lik artışa karşılık özgül yakıt tüketimi değerlerinde % 3.5'lik azalma meydana gelmiştir. Bu azalışa dinamik aks yükünün artışına bağlı olarak çeki kuvvetinin artması neden olarak gösterilebilir. Çeki kuvvetinin artışı ise efektif motor gücünü artırmasından dolayı özgül yakıt tüketimi azalmaktadır. Varyans analiz sonuçları, aks yükünün çeki verimliliği üzerindeki etkisinin önemli olduğunu göstermiştir ($P< 0.01$) (Çizelge 4.3).

Özgül yakıt tüketimi değerleri, artan lastik iç basıncına bağlı olarak artmıştır. Lastik basıncındaki % 100'lük artışa bağlı olarak özgül yakıt tüketimi % 1.03 artmıştır. Varyans analiz sonuçları, lastik iç basıncının özgül yakıt tüketimi üzerindeki etkisinin önemli olduğunu göstermiştir (P< 0.01) (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 Özgül yakıt tüketimi değerleri üzerinde yapılan varyans analizi ve LSD testi sonuçları

V. K.	**S. D.**	**K. T.**	**K. O.**	**H. F.**
Dinamik Aks Yükü(**A**)	3	2506.507	835.502	2549.530 **
Lastik İç Basıncı (**B**)	2	260.319	130.159	397.181 **
A*B	6	1710.309	285.051	869.833 **
Çeki Kuvveti (**C**)	3	594766.731	198255.577	604975.696 **
A*C	9	1023.671	113.741	347.081 **
B*C	6	1457.944	242.991	741.485 **
A*B*C	18	2446.148	135.897	414.689 **
Hata	48	15.730	0.328	
Genel	95	604187.360	6359.867	

** İstatistiksel olarak %1 seviyesinde önemli (P<0.01)

Faktör A(*)	**Faktör B(*)**	**Faktör C(*)**
394.42 $_a$	388.9 $_a$	320.9 $_a$
388.17 $_b$	386.4 $_b$	336.6 $_b$
383.15 $_c$	384.9 $_c$	369.7 $_c$
381.22 $_d$		519.6 $_d$
LSD % 5: 0.333	LSD % 5: 0.288	LSD % 5: 0.333

* Aynı harfler ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiki fark önemli değildir

Özgül yakıt tüketimi ile dinamik aks yükü ve lastik iç basıncı arasındaki ilişki önemli bulunmuş olup, ilişkinin regresyon denklemi ve korelasyon katsayısı aşağıda verilmiştir:

$$b_e = 886.87 - 0.59\ W + 0.0001\ W^2 + 1.072\ P - 0.004\ P^2 \qquad R=0.72$$

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Denemelerde arka aks yükünün artırılması ile birlikte, muharrik lastiklerin zemin ile temas eden yüzeyi artmış ve lastiklerin zemine tutunmaları daha iyileşmiştir. Bunun sonucunda ise çeki verimi artmıştır. Yüksek çeki kuvvetini gerektiren tarımsal faaliyetlerde traktörün arka aks yükünün artırılması gerektiği söylenebilir.

Çeki kuvveti sabit tutulduğunda ise, lastik basıncının artırılmasıyla çeki veriminin azaldığı görülmüştür. Maksimum çeki verimi %97 olarak, 120 kPa lastik basıncı, 2496 daN dinamik aks yükünde elde edilmiştir. Lastik basıncının düşürülmesi ile aks yükünün artırılması çeki performansında benzer sonuçları vermekle birlikte, lastik basıncının düşürülmesi tarımsal faaliyetlerde artan lastik temas yüzey alanına bağlı olarak toprak sıkışmasını azalttığı için tercih edilmelidir. Ancak lastik basıncının belirli bir değerin altına düşürülmesi lastik ömrünü olumsuz yönde etkilemektedir.

Çeki kuvvetinin artırılması ise patinajı artırmış, çeki verimini ise azaltmıştır. Ancak çeki kuvvetinin artmasıyla, özgül yakıt tüketimi ise azalmıştır. Yüksek çeki kuvveti gerektiren durumlarda traktörün lastik basınçları düşürülmeli, şayet patinaj % 10-15 değerinin üzerinde ise traktörün arka aks yükü artırılmalı ve patinaj istenen düzeyde tutulmalıdır. Bu şartların sağlanması koşulunda özgül yakıt tüketimi en düşük düzeylerde olacaktır.

Günümüzde üretilen yeni nesil traktörlerde, operatör çalışma esnasında traktörden alınan çeki kuvvetini, patinaj değerlerini ve özgül yakıt tüketimi değerlerini sürücü panelinde görebilmelidir. Böylece ekonomik ve verimli bir çalışma sağlanabilecektir.

Bu konuda ileride yapılacak çalışmalarda, değişik zemin koşullarının ve çeşitli lastik profillerinin traktörlerde çeki performansı üzerindeki etkilerinin incelenmesi önerilebilir.

6. KAYNAKLAR

Anonim, 2004. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü. Deney Raporu. Rapor No:937/2217 TGK 14, Ankara.

Anonim, 2006. DİE Motorlu Kara Taşıtları İstatistikleri. Haber Bültenleri Sayı 33, Ankara.

Bashford, L. L., Bargen, K. V., Way, T. R., Xiaoxian, L., 1987. Performance Comparisons Between Duals and Singles on the Rear Axle of a Front Wheel Assist Tractor. Transactions of the ASAE 30 (3):641-645

Burt, E. C., Bailey, A. C., 1982. Load and Inflation Pressure Effects on Tires. Transactions of the ASAE 25 (4):881-884

Burt, E. C., Bailey, A. C., Patterson, R. M., Taylor, J. H., 1979. Combined Effects of Dynamic Load and Travel Reduction on Tire Performance. Transactions of The ASAE 22 (1):40-45

Burt, E. C., Lyne, P. W. L., 1985. Velocity Effects on Traction Performance. Transactions of the ASAE 28 (6):1729-1730

Burt, E. C., Lyne, P. W. L., Meiring, P., Keen, J. F., 1983. Balast and Inflation Effects on Tire Efficiency. Transactions of The ASAE. 1352-1354

Clark, S. J., Liljedahl, J. B., 1969. Model Studies of Single, Dual and Tandem Wheels. Transactions of the ASAE 28:240-245

Coates, W., 1985. comparison of Bias and Radial Tractor Tires on a Soft Soil. Transactions of the ASAE 28 (4):1090-1093

Çarman, K., 1992. Tarımda Kullanılan Lastiklerin Performanslarının Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 2(3):17-27

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., Şeflek, A.Y., 2005. Lastik Defleksiyonu-Temas Alanı İlişkisinin Değerlendirilmesi. Tarım Makineleri Bilimi Dergisi, 1(1), 49-54, Konya

Çarman, K., Şeflek, A.Y., 2005. Lastiklerin Çeki Performansı İçin Bulanık Uzman Sistem Tasarımı, Tarım Makineleri Bilimi Dergisi, 1(1), 63-68, Konya

Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F., 1987. Araştırma Deneme Metotları (İstatistik Metotları II). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Yayın No: 1021, Ders Kitabı, 295, Ankara

Gee-Clough, D., Mcallister, M., Everden, D. W., 1977. Tractive Performance of Tractor Drive Tyres. J. Agric. Engng Res., 22: 373-384

Kadayıfçılar, S., 1992.Tarım Traktörlerinin Deney Sonuçlarının İrdelenmesi. Tarımsal Mekanizasyon 14. Ulusal Kongresi, Samsun

Kadayıfçılar, S., Kadayıfçılar, S., 1991. Tarım Traktörlerinin Tasarım Esasları.Türkiye Zirai Donatım Kurumu Yayınları. Yayın No:55, Ankara

Lee, D.R., Kim, K.U., 1998. Effect of Inflation Pressure On Tractive Performance of Bias-Ply Tires. J. Terramechanics, 34(3): 187-203

Macmillan, R.H., 2002. The Mechanics of Tractor-Implement Performance, Universty of Melbourne

Monroe, G. E., 1990. Tire Performance Using Different Treads on Traffic Lines. Transactions of the ASAE 35 (4)

Öğüt, H., 1995. Tarım Traktörleri. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 23, Konya

Sabancı, A., 1993. Tarım Traktörleri. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:46. Ders Kitapları Yayın No: 9, Adana

Sabancı, A., Akıncı, İ., Yılmaz, D., 2003. Türkiye'deki Traktör Parkı ve Bazı Teknik Özellikleri, Tarımsal Mekanizasyon 21. Ulusal Kongresi, Konya

Saral, A,. 1984. Tarım Traktörleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 948. Ders Kitapları Yayın No: 271, Ankara.

Schwanghart, H., 1991. Measurement of Contact Area, Contact Pressure and Compaction Under Tires in Soft Soil. J. Terramechanics 28(4):309-318

Shmulevich, I., Mussel, U., Wolf, D., 1998. The Effect of Velocity on Rigid Wheel Performance. J. Terramechanics 35:189-207

Taşbaş, H., Aygül, A., İlban, B., Civciv, M., 2003. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarım Alet ve Makineleri Test Merkezi Müdürlüğü. Tarım Traktörlerinin OECD Test Koduna (Code 2) Göre Performans Değerleri 1999-2002, Ankara

Zombori, J., 1967. Drawbar Pull Tests of Various Traction Devices on Sandy Soils, J. Terramechanics 4 (1):9-17