

# LASTİK HAVA BASINCI VE TAŞIT HIZININ DİNAMİK YARIÇAP DEĞİŞİMİNE ETKİLERİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

**Atila KOCA**

Otomotiv Anabilim Dalı Makine Böl., Teknik Eğitim Fak., Gazi Üni.,06500, Beşevler, Ankara

(Geliş/Received: 06.02.2006; Kabul/Accepted: 16.07.2007)

## ÖZET

Lastik dinamik yarıçapı değişimi, çeki kuvvetini ve verimini etkileyen önemli faktörlerden birisidir. Bu deneysel çalışmada; farklı yük ve hız özelliklerine sahip üç lastik değişik lastik basıncı ve taşıt hızlarında denenmiştir. Laboratuvar koşullarında taşıt üzerinde yapılan deneysel çalışmalarda hıza bağlı olarak değişik lastik basınçlarının lastik dinamik yarıçapı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Hız artışına ve lastik hava basıncı değişimine bağlı olarak tekerlek dinamik yarıçapında artma tespit edilmiştir. Dinamik yarıçapın, yaklaşık 60 km/h taşıt hızından sonra belirgin bir artış göstermediği gözlemlenmiştir. Lastik çeki kuvvetinin ise, dinamik yarıçapın bir fonksiyonu olarak değiştiği bilinmektedir. Bu nedenle; meydana gelen dinamik yarıçap artışı, çeki kuvvetini ve dolayısıyla çeki verimini azaltmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Dinamik yarıçap, çeki kuvveti, lastik hava basıncı.

## EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF TIRE PRESSURE AND VEHICLE SPEED EFFECTS ON THE CHANGE OF DYNAMIC RADIUS

### ABSTRACT

Variation of tire dynamic radius is one of the important factors affecting the wheel traction and traction efficiency. In this experimental study; three tires with the same dimensions but that have different load and velocity index were tested for several tire pressures and vehicle speeds. Influences of speed and tire pressure on the dynamic radius were investigated on a vehicle in laboratory conditions. It was seen that dynamic radius increases with increasing of vehicle speed and tire pressure. However, after 60 km/h of speed, no considerable change was observed. It is known that tire traction force is also changed by changing of tire dynamic radius. The results showed that increasing in the tire dynamic radius causes to reduce traction force and hence reduce the traction efficiency indirectly.

**Keywords:** Dynamic tire radius, traction force, tire pressure.

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Motor tarafından üretilen motor momenti, güç aktarma organları tarafından bir miktar kayıp ile lastiklere ulaştırılmakta, aracın hareket etmesini sağlamaktadır. Statik halden dinamik hale geçen lastikte merkezkaç kuvvetler, lastikte sürtünme tesiri ile meydana gelen sıcaklığın lastik malzemelerine nüfuz etmesi, lastik basıncı, lastik malzemesi, kamber açısı, lastik temas basıncı gibi etkenlerden ötürü yarıçapında değişimler meydana gelmektedir. Artan

devir sayısı ile birlikte lastiğin dinamik yarıçapı ( $r_d$ ), statik yarıçapından ( $r_s$ ) daha büyük olmaktadır.

Lastik dinamik yarıçap artışının tekerlek çeki kuvveti, çeki verimi, yuvarlanma direnç katsayısı üzerinde azaltıcı yönde etkileri mevcuttur. Lastiğin hareket halinde iken yarıçapında meydana gelecek artış doğrudan taşıtın çeki kuvvetine tesir etmekte ve çeki kuvvetini azaltmaktadır. Çeki verimi tekerleğe iletilen tahrik kuvvetinin kayma, yuvarlanma direnci sebebiyle uğradığı kaybın bir ölçüsüdür. Bu büyüklük

dinamik yarıçap artışının bir sonucu olarak azalmaktadır.

Lastiğin dinamik yarıçap değişimi üzerinde pek çok çalışmalar yapılmıştır. Münih Teknik Üniversitesi Ziraat Makineleri Enstitüsünün hazırladığı bir çalışmada traktör lastikleri üzerinde dinamik yuvarlanma yarıçaplarını, lastiklerin geliştirdikleri yanıl kuvvetleri, titreşimleri ölçmeye yönelik çalışmalar yapmıştır. Farklı yükler altında, değişik lastik basınçları için lastiğin dinamik yarıçapı değişim değerleri de bu çalışmada ölçülmüştür [1]. Taşıt hareketlerinin sonlu eleman metodu ile üç boyutlu analizini yapıldığı bir çalışmada lastiğin dinamik yarıçapı, boylamsal kayma, lastik açılma hızı, temas yüzeyindeki yanıl ve düşey hızların bir fonksiyonu olarak tanımlanmıştır [2]. Stanford Üniversitesinde gerçekleştirilen bir çalışmada Global Positioning System (GPS)'den elde edilen hız bilgileri kullanılarak taşıtın hızlanma ve yavaşlaması sırasında çeki kuvveti - % kayma arasındaki ilgi gözlemlenmiştir. lastiğin dinamik yarıçapı taşıtın kütlesi ve lastiğin boylamsal rijitliğinin bir sonucu olarak formüle edilmiştir [3].

Brisa Lastik Fabrikaları Deney Laboratuvarları'nda lastik dinamik yarıçap ölçümleri yapılabilmektedir. En basit haliyle ölçme yöntemi olarak belirli çaptaki bir tambur üzerine lastik yük endeksine göre bastırılmış lastiğin 60 km/h hızda iken tambur devrinin ve lastik devrinin ölçülmesiyle lastik dinamik yarıçapı bulunabilmektedir. Bulunan dinamik yarıçap, deney sonrasında lastiğin düz zemindeki statik yarıçapı ve tambur üzerindeki statik yarıçaplarının kullanımıyla elde edilen düzeltme katsayısı ile çarpılmaktadır [4].

Lastiklerin dinamik yarıçaplarının ETRTO (The European Tyre and Rim Technical Organisation) standartlarına göre teorik olarak hesaplanabilmesi mümkün olabilmektedir. ETRTO standartlarına göre dinamik yarıçapı bulunacak lastiğin kullanım yerine göre maksimum yük ve uygun şişirme basınç şartlarında hazırlanmış tablolardan alınan lastiğin statik yüksüz yarıçap değeri ile lastiğin jant ebatına göre belirlenmiş bir katsayı değeri ile çarpılarak lastiğin dinamik yuvarlanma çevresi bulunabilmektedir [5].

Lastiklerin dinamik yarıçap değişimi ile ilgili bir başka çalışmada aynı aks yükseklğine sahip üç farklı taşıt, dinamometre üzerinde, değişik lastik basınçlarında ve hızlarında test edilerek değişik hava basınçlarının lastik dinamik yarıçapında meydana getirdiği değişiklikler incelenmiştir [6].

Diğer bir deneysel çalışmada rijit bir zemin üzerinde farklı ebatlarda, farklı yüklerle yüklenmiş lastiklerde elde edilen moment değerleri ölçülerek lastiğin bir tam dönüşünde tükettiği enerji miktarları ölçülmüştür.

Çalışmada lastiğin dinamik yarıçapı ISTVS (International Society for Terrain Vehicle System) standartlarına göre hesaplanmıştır [7].

Lastiklerin dinamik yarıçapı üzerinde kamber açısının da etkili olduğunu gösteren bir başka çalışmada da, üç farklı aks yükü altında kamber açısı değişiminin, lastik basıncına, kamber torkuna, temas uzunluğuna ve temas genişliğine etkileri incelenmiştir. Bu çalışmada lastik yarıçapı, lastiğe düşeyde tesir eden yük ve kamber açısının bir fonksiyonu olarak tanımlanmıştır. Deneysel çalışmalar ile oluşturulan model arasında sonuçlar mukayese edilmiştir. Oluşturulan modele göre lastik yarıçapı regresyon analizi sonucunda aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır [8].

$$r_d = -5,11 \cdot 10^{-6} \cdot G_L + (5,40 \cdot 10^{-9}) \cdot G_L + 9,07 \cdot 10^{-4}) \cdot \Psi + 2,87 \cdot 10^{-1} \quad (1)$$

Bu eşitlikte;

$r_d$  : Tekerleğin kamber açısına ve taşıt yüküne bağlı olarak yarıçap değişimi (m)

$\Psi$  : Kamber açısı (Derece)

$G_L$  : Tekerleğe tesir eden taşıt yükü (kg)

Günümüz şişirilebilir pnömatik lastiklerinde, lastik yarıçapı için yüksüz statik lastik yarıçapı ( $r_s$ ), dinamik lastik yarıçapı ( $r_d$ ) ve yüklü statik lastik yarıçapı ( $r_l$ ) tanımlamaları yapılmaktadır. Sözü edilen yarıçap terimleri lastik oda sıcaklığında koşullandırıldıktan sonra sahip olduğu yüklenmemiş yarıçapına "Statik Yüksüz Yarıçapı" denir. Türk Standartlarına göre (Karayolu Taşıtları- Otomobiller- Hafif Alaşımli Döküm Jantlar TS 8987 veya Karayolu Taşıtları- Çelik Jantlar TS 4364) boyut muayenesi için uygun ölçü jantına takılan lastiğin koşullandırma işlemi verilen ölçüm şişirme basıncına ayarlandıktan sonra oda sıcaklığında en az 24 saat bırakılarak belirlenmektedir. Bu süre sonunda lastik basıncı kontrol edilmekte, basınçta değişiklik olmuşa düzeltilmektedir (TS 11374/Araç Dış Lastikleri- Otomobil ve Römorkları İçin).

Lastiğin belli bir düşey yük altında dinamik halde iken lastik merkezi ile lastik merkezinin zemine temas eden izdüşüm noktası arasındaki mesafe dinamik lastik yarıçap olarak adlandırılır. Dinamik lastik yarıçapı, önceden şartlandırılmış lastiğin, taşıt 60 km/h'lik bir hızla gittiği esnada lastik merkezi ile yol düzlemi arasındaki mesafe olarak tanımlanmaktadır. Merkezkaç kuvveti nedeniyle  $r_s < r_d$  olmaktadır [9].

Lastiğin dinamik yarıçapı ile ilgili olarak yapılan başka bir çalışmada lastiğin dinamik halde sahip olduğu yarıçap, kaymanın yada çeki kuvvetinin bir fonksiyonu olarak tanımlanmıştır. Rijit bir zemin üzerine kayma olmadan yuvarlandığı varsayılan bir lastiğin sahip olduğu yarıçapa "Kinematik yarıçap" denir. Bu şartlarda, kayma olmadığı durum için

Kinematik yarıçap "Geometrik yarıçap"a eşittir. Bu yarıçap, lastiğin bir tam dönüş gerçekleştirdiğinde kat ettiği mesafenin "2π" sayısına bölünerek hesaplanabilir. Pozitif kayma esnasında kinematik yarıçap geometrik yarıçaptan daha küçüktür. Frenleme esnasında negatif kayma şartlarında ise kinematik yarıçap geometrik yarıçaptan daha büyük olmaktadır. Bunun sebebi muhtemelen, kaymanın etkisiyle oluşan lastik deformasyonu ve titreşim etkisidir [10]. Yukarıda açıklanan kinematik yarıçap, tekerlek dinamik yarıçapı olarak adlandırılabilir. Tekerlekte kayma olmaksızın ve tekerlek hareketsiz durumda ölçülen tekerlek yarıçapı ise geometrik yarıçap veya statik yarıçap olarak da adlandırılabilir.

Yol şartlarına uygun deneylerde; dinamik yarıçapın anlık ölçümü, dikkate alınan değişkenlere göre (hız ve lastik hava basıncı vb) mukayese imkanı vermektedir. Böyle bir yöntemle dinamik yarıçapın anlık ölçümü, ya gelişmiş laboratuvar imkanlarına, ya da maliyeti yüksek yol deney şartlarının oluşturulmasına bağlıdır. Lastiğin bir turda kat ettiği mesafenin "2π"ye bölünmesi ile elde edilen dinamik yarıçap tespit yöntemi, zaman ve maliyet bakımından daha avantajlı sayılabilir.

Lastik dinamik yarıçapı, pnömomatik lastiklerin elastik yapıları nedeniyle hareket halinde taşıt hızına göre sürekli değişmektedir. Lastik dinamik yarıçap değişimi, çeki kuvvetini etkilemektedir. Çeki kuvveti ile ilgili olarak değişik tanımlamalar mevcuttur. Eğimsiz bir yolda sabit bir hızla seyreden bir taşıtın tahrik tekerleklerinden zemine etkiyen çeki kuvveti, tahriksiz tekerleklerin toplam yuvarlanma dirençleri ile rüzgar direncinin toplamıdır [11]. Çeki kuvveti, kararlı hareket halinde aks milindeki momentin lastik yarıçapına oranı şeklinde de ifade edilebilir. Taşıtın kararlı hareketi denildiğinde rijit bir zemin üzerinde sabit hızla hareket eden bir taşıt ifade edilmektedir. Lastik çeki kuvveti ( $F_c$ ) aşağıdaki eşitlikte verilmiştir.

$$F_c = \left( \frac{M_e I_o \eta_{tr}}{r_d} \right) \quad (2)$$

Burada;

$M_e$  : Motor torku (Nm)

$I_o$  : Toplam transmisyon oranı

$\eta_{tr}$  : Toplam transmisyon verimini ifade etmektedir.

Çeki verimi ( $\eta_f$ ) güç aktarma organları vasıtasıyla tekerleğe iletilen kuvvetin, tekerlek yol etkileşiminde ne kadar kayba uğradığının bir ölçüsüdür. Net olarak ifade edilirse;

$$\eta_f = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \left[ \frac{(F_c - F_r) * V}{(F_c * r_d * \Omega)} \right] \quad (3)$$

Burada;

$P_{out}$  : Etkili lastik gücü (W)

$P_{in}$  : Lastiğe gelen tahrik gücü (W)

$F_c$  : Lastik çeki kuvveti (N)

$F_r$  : Lastik yuvarlanma direnci (N)

$V$  : Taşıt hızı (m/s)

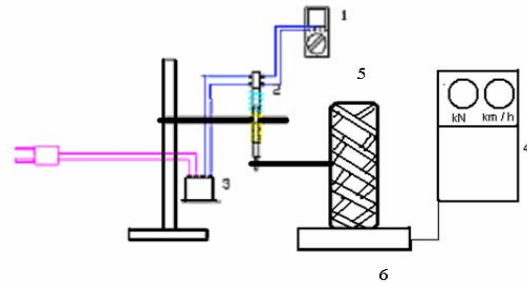
$\Omega$  : Lastik açısal hızı (Radyan/s)'dir.

Yapılan bu çalışmada aynı ebatta, farklı özelliklerdeki üç lastiğin aynı taşıtta ve aynı şartlarda, sabit yük, değişken hız koşullarında, farklı lastik basınçlarında dinamik yarıçap değişimleri ölçülmüş ve lastik çeki kuvvetlerine etkisi de incelenmiştir.

## 2. MATERYAL ve METOD (MATERIAL AND METHOD)

Dinamik yarıçap ölçümü için gerçekleştirilen deneylerde; şasi dinamometresi, Fiat marka araç, LVDT (Linear Variable Differential Transducer) ve Avometreden meydana getirilmiş ölçüm düzeneği kullanılmıştır. Deneyler taşıt test laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Deney düzeneğinin şematik görünümü Şekil 2.1 ve düzeneğin fotoğrafı Şekil 2.2'de gösterilmiştir.

SUN Road - Matic XI dinamometresi, makaralı bir şasi, kapak plakası grubu ve elle uzaktan kontrol ünitesi bir gösterge konsolundan oluşmaktadır. Ön tarafta bulunan makara, yüklü olup birleştirici bir düzenle Fukolt akımlı bir frene bağlıdır. Diğer makara ise arka tarafta serbest olarak hareket etmektedir.



**Şekil 2.1.** Deney düzeneğinin şematik görünüşü (Schematic view of test equipment)

1.Avometre 2.LVDT (Linear Variable Transducer) 3.Güç kaynağı 4.Şasi dinamometresi kontrol panosu 5.Lastik 6.Tambur

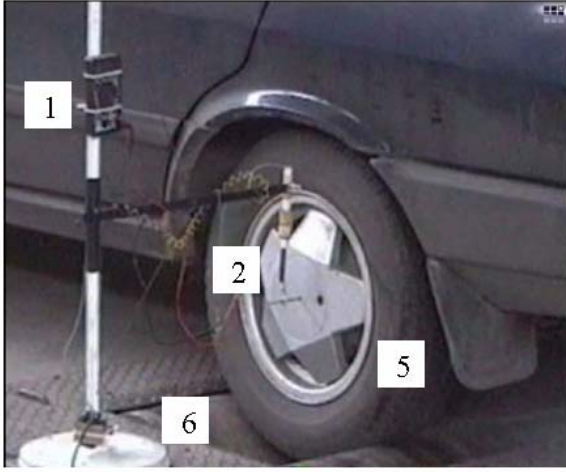
Kullanılan LVDT eleman lastiğin aks merkezine merkezlenen bir mil ile irtibatlandırılmıştır.

Değişken endüktanslı transdüser (LVDT) bir pasif eleman olup, bir diferansiyel transformatördür [12]. Laboratuvar şartlarında gerçekleştirilen referans deneyin sonuçları, Şekil 2.3'deki grafikte

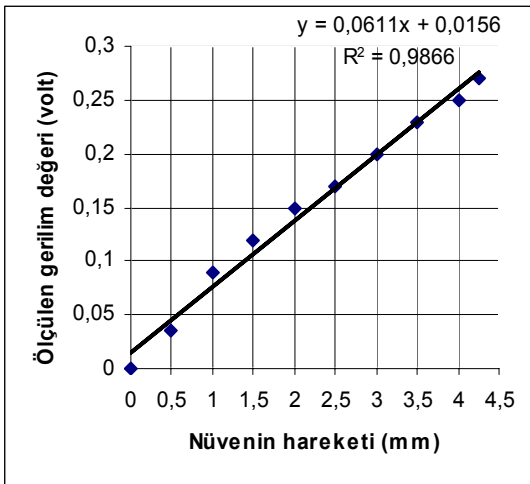
gösterilmiştir. Bu grafikteki eğrinin regresyonundan aşağıdaki referans denklemi elde edilmiştir. Elde edilen grafikte, gerilim değerine göre nüvenin hareketi (dinamik yarıçap değişimi) hesaplanabilmektedir.

Tahmini Gerilim Değeri (y) = 0,611x + 0,0156

Nüvenin mesafe değişimine bağlı olarak LVDT 'de meydana gelen gerilim değişimi bu denklem ile bulunabilmektedir. Eğrinin korelasyon katsayısı ( $R^2$ ) değeri ise 0,9886 olarak bulunmuştur. Bulunan korelasyon katsayısı değerinin pozitif olması sebebiyle doğrunun eğimi de pozitifdir. Değerin 1' e yakın olması, mesafe değişimi ile ölçülen gerilim değeri arasında doğrusal bir ilişki olduğunu göstermektedir. Mikrometre ile yapılan kontrolde ölçme hassasiyeti  $10^{-2}$  mm olarak belirlenmiştir.



Şekil 2.2. Deney düzeneğinin fotoğrafı (Photograph of test equipment)



Şekil 2.3. Gerilim değerinin nüvenin hareket ile değişimi (The variation of voltage versus core movement)

Yapılan deneylerde DT832 Digital Multimeter Avometre kullanılmıştır. Ölçme skalası olarak ACV 20 kademesi seçilmiştir. Kullanılan avometre Şekil

2.1 ve Şekil 2.2'de görüldüğü gibi LVDT' ye bağlanmıştır.

## 2.1. Ölçüm Şartları (Measurement Conditions)

Gerekli güvenlik tedbirleri alındıktan sonra, araç yüklü durumda iken tahrik lastiklerinin statik yarıçapları, lastikler taşıt dinamometresi üzerinde statik halde iken, dinamometre tambur merkezi ile lastik merkezi arasındaki mesafe ölçülerek bulunmuştur. Statik ve dinamik yarıçaplar, ortalama 20 °C sıcaklıkta ölçülmüştür. Dinamik yarıçapın ölçülmesinden önce deney lastiklerinin temizliği ve basıncı kontrol edilerek 24 saat oda sıcaklığında bekletilmiş, şasi dinamometresi üzerinde 5 dakika çalıştırılarak şartlandırılmıştır. Deney esnasında kaydedilen veriler, kararlı olarak okunan 3 değer aritmetik ortalaması alınarak elde edilmiştir. Her bir lastiğin deney serisi için bu şartlandırma yapılmıştır. Deney sırası her lastik için sırasıyla nominal hava basıncına göre; -4, -2, Nominal, +2 ve +4 psi olarak gerçekleştirilmiştir. LVDT, Avometre ve güç kaynağından oluşan ölçme düzeneği kullanılarak 5 farklı hız ölçüm noktasında tekerlek merkezinin yatay düzleme göre mesafe değişimi ölçülmüştür.

Deney hız noktaları olarak taşıtın vites değişim hızları olarak kabul edilen 20 - 40 - 60 - 80 - 100 km/h taşıt hızları seçilmiştir. Günümüz otomobil üretici firmaları binek tipi otomobiller için lastik basıncının 1,8 bar'ın altına düşmemesini istemektedirler. Bu lastik basıncının psi. cinsinden karşılığı yaklaşık olarak 26 psi olmaktadır. Bu nedenden dolayı deney lastiklerinde minimum lastik basıncı olarak 26 psi. seçilmiştir. Nominal basınç 30 psi. olarak alınmıştır.

Nominal basınç ile minimum lastik basıncı arasında lastik dinamik yarıçap davranışını belirleyebilmek amacıyla 28 psi. lastik basıncı uygun görülmüştür. Lastiğin nominal basıncının üzerindeki basınçlarda dinamik yarıçap davranışını belirleyebilmek amacıyla diğer lastik basınçları arasındaki değişim aralığı olarak saptanan 2 psi. kullanılmıştır. 2 psi. değişim aralığına göre deneyler esnasında seçilen nominal üstü basınçlar 32 psi ve 34 psi. olarak belirlenmiştir.

## 2.2. Deneyin Yapılışı (Test Procedure)

Deneyler, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi taşıt test laboratuvarlarında sürücü + 4 yolcu olmak üzere gerçek şartlarda yükleme yapılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümler taşıtın tahrik tekerleri olan arka lastikler üzerinde gerçekleştirilmiş olup aksa gelen düşey yük 400 kg'dır. Çeki kuvveti değerleri; seçilen her bir deney hızı için, aracın motor hızı, güç aktarma verimi, vites kutusu ve diferansiyel dişli oranı dikkate alınarak aracın moment - motor hızı grafiğinden hesaplanan motor momenti değerinin (tüm deney hızları dikkate alınmıştır) yine aynı noktalarda ölçülen dinamik yarıçapa bölünmesiyle

elde edilmiştir (Şekil 3.4). Grafiklerin oluşturulmasında esas alınan motor momenti değeri taşıtın yapım özelliklerine bağlı olarak deney noktalarında taşıtın sağladığı motor momenti değerlerinin ortalamasıdır. Her deney noktasında laboratuvar koşullarında aynı motor momentinin sağlanması konusunda yaşanan sıkıntılar sebebiyle bu yöntem tercih edilmiştir. Deney yapılan lastikler ile ilgili teknik detaylar Tablo 2.1’de gösterilmiştir. Lastikler durgun halden itibaren 20 km/h hız aralıklarıyla ölçümler yapılmıştır.

**Tablo 2.1.** Deney lastiklerine ait teknik özellikler  
(Technical specification of test tires)

	Deney Lastiklerinin Sırt Malzemeleri	Yük İndeksi	Hız İşareti	Diş Derinliği (mm)	Lastik ebadı
<b>A</b>	1Polyester+ 2Çelik+ 1Naylon	86 (530 kg)	H 210 (km / h)	6,15	185/70 R 13
<b>B</b>	1Polyester+ 2Çelik+ 1Naylon	84 (500 kg)	T 190 (km / h)	7,50	185/70 R 13
<b>C</b>	1Polyester+ 1Poliamid+ 2Çelik	86 (530 kg)	T 190 (km / h)	7,65	185/70 R 13

Tablo 2.1’de lastik özelliği olarak verilen rakam ve işaretler :

165 : Kesit genişliği (mm)

70 : Lastik kesit yüksekliğinin kesit genişliğine oranı (%)

R : Radyal lastik

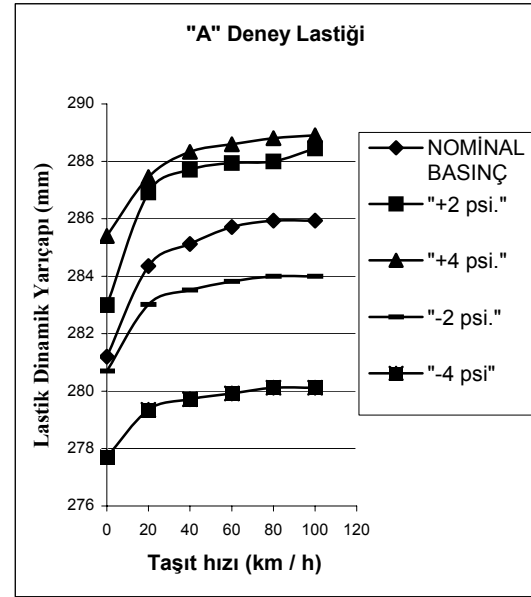
13 : Jant çapı (inch)

### 3. TEST SONUÇLARI (TEST RESULTS)

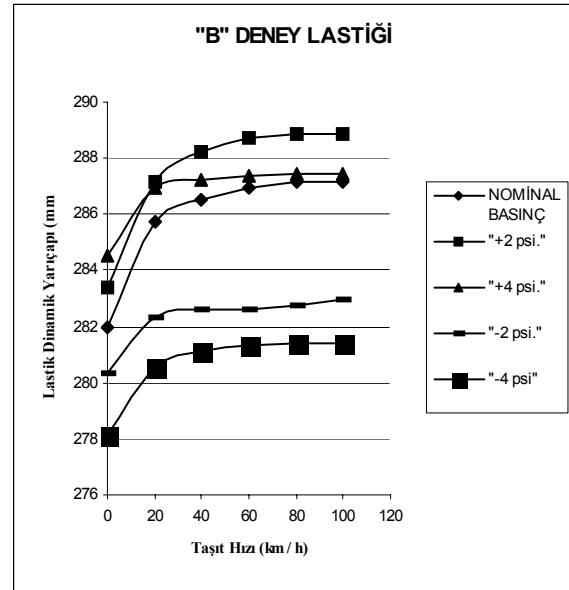
Bütün deney lastikleri için taşıt hızı arttıkça dinamik yarıçapın arttığı görülmektedir. “A” deney lastiğinin deney sonuçlarına bakıldığında nominal basınç değerinde lastiğin dinamik yarıçap değişimi statik yarıçapa göre % 1,68 artarken, 32 psi lastik basıncında lastiğin dinamik yarıçap değişimi % 1,92 iken, 26 psi’de % 0,87) olarak tespit edilmiştir. Düşük lastik basıncında lastik deformasyonunun fazla olması sebebiyle dinamik yarıçap değişimi giderek azalmaktadır. Buna bağlı olarak da çeki kuvveti artmaktadır. A deney lastiğinin deney sonuçları Şekil 3.1’de gösterilmiştir.

“B” deney lastiğinin sonuçları incelendiğinde Nominal basınç değerinde yüzde değişim miktarı % 1,83 olarak gerçekleşmiştir. 32 psi lastik basıncında lastiğin dinamik yarıçap değişimi beklenildiği gibi artmıştır (%1,92). 34 psi lastik basıncında ise lastik basıncının lastik üzerinde meydana getirdiği aşırı gerginlik lastik dinamik yarıçap değişimini oldukça azaltmaktadır (%1,02). 28 psi lastik basıncında lastik deformasyonlarının miktarı artmaktadır. 26 psi lastik basıncında dinamik yarıçap değişimi yüzde % 1,20

oranında gerçekleşmiştir. B deney lastiğinin deney sonuçları Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



**Şekil 3.1.** Sabit yük, değişken hız şartlarında farklı lastik basınçlarına göre dinamik yarıçap değişimi Deney lastiği "A" (Dynamic radius variation with constant load and variable speed for different tire pressure -Test tire "A")

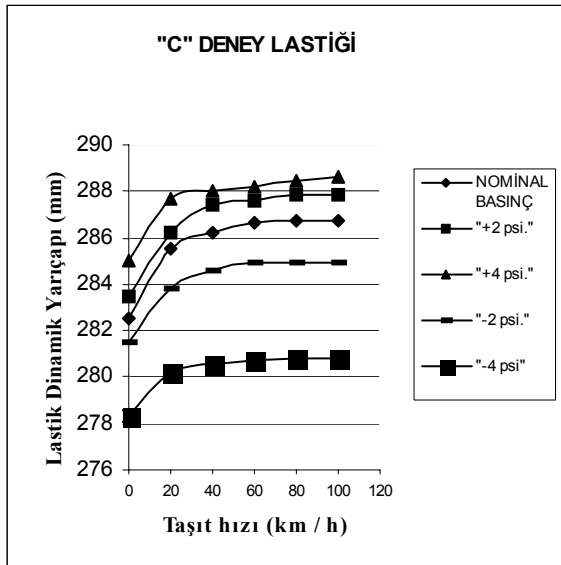


**Şekil 3.2.** Sabit yük, değişken hız şartlarında farklı lastik basınçlarına göre dinamik yarıçap değişimi - Deney lastiği "B" (Dynamic radius variation with constant load and variable speed for different tire pressure -Test tire "B").

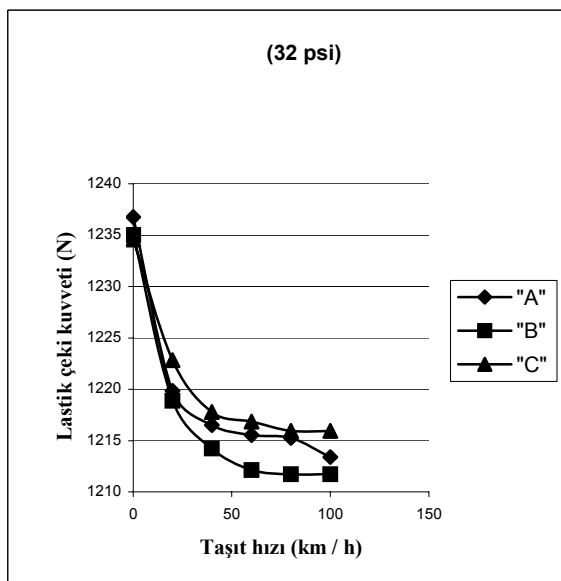
“C” deney lastiğinin deney sonuçları değerlendirildiğinde Nominal basınçta % 1,50 oranında bir değişim gözlenmiştir. 34 psi basınçta lastik basıncına bağlı olarak lastik gerginliğinin artması sebebiyle diğer lastiklerde de gözlenen sonuca benzer olarak lastik dinamik yarıçap değişimi azalmıştır (% 1,27). 26 psi lastik basıncında ise lastik

basıncının oldukça düşük olması sebebiyle deformasyona bağlı olarak, en düşük dinamik yarıçap değişimi gerçekleşmiştir. (% 0,91). C deney lastiğinin deney sonuçları Şekil 3.3'de gösterilmiştir.

Çeki kuvvetindeki en büyük değişim, dinamik yarıçapta en büyük artışı gösteren lastikte meydana gelmiştir. Buna göre 32 psi basınç için B deney lastiği, en fazla çeki kuvveti değişimini göstermiştir (0,019). Lastik dinamik yarı çapı arttıkça çeki kuvveti azalmaktadır. İlgili çeki kuvveti değişimleri Şekil 3.4'de görülmektedir. Eşitlik 2'de aynı viteste aynı motor torkları için bu durum doğrulanmaktadır.



**Şekil 3.3.** Deneysel lastiğin sabit yük, değişken hız şartlarında farklı lastik basınçlarına göre dinamik yarıçap değişimi - Deneysel lastiği "C" (Dynamic radius variation with constant load and variable speed for different tire pressure - Test tire "C").



**Şekil 3.4.** Taşıt hızına bağlı çeki kuvveti değişimi (Variation of traction force versus vehicle speed)

#### 4. SONUÇ (CONCLUSION)

Yapılan bu çalışmada rijit bir zemin üzerinde, lastik hava basıncının ve taşıt hızının lastik dinamik yarıçapı üzerinde meydana getirdiği değişiklikler incelenmiştir. Deney sonuçlarına göre genel olarak, lastiklerin hava basınçları nominal değerlerin altında olduğu durumlarda dinamik yarıçap azalmakta, nominal değerlerin üzerine çıktığında ise artmaktadır. Taşıt hızındaki artışa bağlı olarak dinamik yarıçapta artış tespit edilmiştir.

Lastik basıncı değişimi tekerlek dinamik yarıçapı üzerinde doğrudan etkilidir. Lastik basıncının nominal basıncın altında olduğu hava basınçlarında lastiğin temas bölgesindeki deformasyonlar artmaktadır. Bu düşük basınçlarda tüm lastiklerde ölçülen değişim değerleri nominal basınçta ölçülen değerlerden düşüktür. Örneğin; 26 psi lastik basıncında, lastik basıncının oldukça düşük olması sebebiyle deformasyon fazladır. Buna bağlı olarak, en düşük dinamik yarıçap değişimi gerçekleşmiştir. Nominal basıncın üstüne çıkıldığında; dinamik yarıçapta artış görülmesine karşılık, bu artışın değişimi nominal basınca göre daha düşüktür. Örneğin; 32 ve 34 psi basınçta, denenen 3 lastikte de dinamik yarıçap artışı nominal basınca göre daha fazladır. Ancak, her 3 lastikte de, 32 ve 34 psi lastik basıncında ölçülen dinamik yarıçap artışı miktarları nominal basınca göre daha düşüktür. Yüksek lastik basınçlarında, basınca bağlı olarak lastik gerginliğinin artması sebebiyle dinamik yarıçap değişimi azalmaktadır. Bu duruma, lastiklerde kuşak kenarlarına çevresel olarak sarılan yaklaşık 3 cm genişliğinde ek nylon şeritlerin neden olduğu düşünülmektedir.

Deney sonuçlarına göre; taşıt hızı-çeki kuvveti grafiğinden de görüleceği gibi, taşıt hızı arttıkça tekerlek dinamik yarıçapı da artmakta ve buna bağlı olarak da çeki kuvveti azalmaktadır (Şekil 3.4 ve Eşitlik 2).

60 km/h hıza kadar dinamik yarıçap belirli bir artış göstermektedir. Yaklaşık olarak 60 km/h hız değerinden sonra yarıçap değişimi önemsenmeyecek kadar az olmaktadır. Bu artışın belirli bir hızdan sonra sabit kalmasında, tekerleğe düşeyde tesir eden yükün ve lastiklerin sırt bölgesindeki kuşakların etkisinin olduğu tahmin edilmektedir. Ayrıca; yüksek taşıt hızlarında tekerleğe etki eden santrifüj kuvvetin belirleyici etkisinin azaldığı, buna karşılık temas yüzeyindeki deformasyonların arttığı düşünülmektedir. Bu nedenlerle, 60 km/h kritik hızdan sonra dinamik yarıçap daha fazla değişmemektedir.

Lastik dinamik yarıçapı değişimi ve etkileri, şüphesiz ki birçok parametreye bağlı olarak incelenebilir. Bu konu ile ilgili yapılacak araştırmalarda, daha yüksek taşıt hızı, lastik tekerlek yapısı ve tipi, yol ve taşıt

airodinamiğine bağlı olarak incelenmesi yararlı olacaktır.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Böhler, H., "Simulation of The Dynamic Loads of a Tractor with the Help of a Multi-Body System Program" [http://www.ltm.mw.tum.de/~boehler/is\\_tvs.pdf](http://www.ltm.mw.tum.de/~boehler/is_tvs.pdf) 07.02.2004.
2. Kutı, I., "Dynamic Analysis of Vehicle Manuevres on The Basis of The Finite Element Method", *Periodica Polytechnica Ser. Transp. Eng.*, 29 (1-2): 47-58 (2001).
3. Shannon L. M., Youngberg B., Millie A., Schweizer P., Gerdes C. J., "Calculating Longitudinal Wheel Slip and Tire Parameters Using GPS Velocity", *The American Control Conference*, Arlington, 1800-1805 (2001).
4. Özen, C., Brisa A.Ş., Kocaeli, c.ozen@brisa.com.tr, 30.09.2003.
5. Çelik İ., **Dumlupınar Üniversitesi M.M.F.**, Kütahya, [icelik@tavmyo.edu.tr](mailto:icelik@tavmyo.edu.tr), (25.06.2004).
6. Koca, A., "Tekerleklerde Dinamik Yarıçap Değişiminin Çeki Kuvvetine Etkisi", **Fen Bilimleri Enstitüsü**, Gazi University, 14 (12): 249-259, 2001.
7. Sharma, A.K. and Pandey K.P., "Modelling Power Requirement for Traction Tyres With Zero Sinkage", *Journal of Terramechanics*, 34 (1): 13-21, 1997.
8. Ichiro, K. and Satoru K., "A Study on Tire Modelling For Camber Thrust and Camber Torque", **Society of Automotive Engineers of Japan Inc**, 23, 323-331, 2002.
9. Staudt, W., "Motorlu Taşıt Mekanikliği", Altıparmak D., **Milli Eğitim Basımevi**, İstanbul, 231-233, 2001.
10. Kiss, P., "Rolling Radius of a Pneumatic Tyre on Deformable Soil", *Biosystems Engineering*, 85 (2): 153-161, 2003.
11. Komandi G., "A Kinematic Model for the Determination of the Peripheral Force", *Journal of Terramechanics*, 34: 261-268, 1998.
12. Nacar, M., "Pasif Devre Elemanları", **Temel Elektronik**, 1-2, İskenderun, 2002.