

Araştırma Makalesi / Research Article

Simpleks Pabuçlu Kampanada Fren Ebatı Değişiminin Fren Faktörü Üzerine Etkisi

Mustafa Ceyhun ERKOCA<sup>1\*</sup>, Hüseyin BAYRAKÇEKEN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Kütahya, Türkiye,  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3571-1606>, ceyhun.erkoca@dpu.edu.tr

<sup>2</sup> Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye,  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1572-4859>, bceken@aku.edu.tr

Geliş/ Received: 16.07.2021;

Kabul / Accepted: 04.09.2021

**ÖZET:** Fren faktörü balatanın uyguladığı çevresel kuvvetin frenleme kuvvetine oranıdır. Fren sisteminin kampanalı ya da diskli olmasına veya taşıt boyutuna göre değişen fren faktörü; herhangi bir fren basıncı için öngörülen frenleme momenti, frenleme ivmesi, durma mesafesi ve balata sürtünme katsayısını belirlediğinden frenleme performansının bir göstergesidir. Diskli frenlerin fren faktörü kampanalı frenlerinkinden daha küçüktür. Kampanalı frenlerde fren faktörü aynı zamanda kampananın sıcaklık etkisiyle genişmesi nedeniyle de ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada paralel kayar mesnetli Simpleks pabuçlu kampanalı bir frenin mesnet noktası önce yatay ve düşey eksenlere göre değiştirilmiş sonrasında ise fren kuvvetinin uygulama noktası düşey eksene göre değiştirilerek buna bağlı olarak fren faktöründeki değişimler incelenmiştir. Bunun için Matlab/Simulink programı kullanılarak bir sistem kurulmuş ve değerler değiştirilerek programa hesaplatılmıştır. Mesnet noktasının hem yatay hem de düşey ekseninde merkeze yaklaştırılması ile fren faktörünün arttığı görülmüştür. Fren kuvvetinin uygulama noktasının merkezden uzaklaştırılması da fren faktörünü artırmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Fren faktörü, Kampanalı frenler, Simpleks pabuç.

\*Sorumlu yazar / Corresponding author: ceyhun.erkoca@dpu.edu.tr

Bu makaleye atıf yapmak için /To cite this article

Erkoca, M. C., Bayrakçeken, H. (2021). Simpleks Pabuçlu Kampanada Fren Ebatı Değişiminin Fren Faktörü Üzerine Etkisi. Journal of Materials and Mechatronics: A (JournalMM), 2(2), 127-140.

## The Effect on Brake Factor of Brake Dimension Variation of Leading-Trailing Shoe Brake

**ABSTRACT:** The brake factor is the ratio of the peripheral force applied by the pad to the braking force. The braking factor, which varies depending on the brake system either drums or discs or the vehicle size, is an indicator of braking performance as it determines the braking torque, braking acceleration, braking distance and pad friction coefficient for any brake pressure. The brake factor of disc brakes is smaller than that of drum brakes. In drum brakes, the braking factor also arises due to the expansion of the drum under the influence of temperature. In this study, the abutment of a leading-trailing shoe with parallel sliding abutment was initially changed according to the horizontal and vertical axes and then the application point of the brake force was also changed according to the vertical axis and the changes in the brake factor were investigated. For this research, a system was established using Matlab/Simulink program and the values were changed and calculated in the program. It has been observed that the brake factor increases by bringing the abutment closer to the center on both the horizontal and vertical axis. Retreating the application point of the braking force also increased the brake factor.

**Keywords:** Brake factor, Drum brakes, Leading-Trailing shoe.

### 1. GİRİŞ

Günümüzün vazgeçilmez ulaşım araçlarından biri olan taşıtların seyir halindeyken yavaşlaması, kinetik enerjisini (yokuş aşağı inişlerde) kontrol ederek belirli hızlarda seyretmesi, durması ya da durduğu zaman sabitlenmesi gerekmektedir. En önemli güvenlik sistemlerinden biri olan taşıt fren sistemlerinden de bu temel fonksiyonları yerine getirmesi beklenir (Altıparmak, 2004). Taşıtların yavaşlamasını, durmasını ya da duran bir taşıtın sabit tutulmasını sağlamak için kampanalı veya diskli fren sistemleri kullanılmaktadır. Yüksek soğutma kapasitesi ve fren momenti değişimlerinden daha az etkilenmesi nedeni ile her ne kadar günümüzde çoğunlukla diskli frenler kullanılsa da özellikle yüksek fren faktörü nedeniyle ağır vasıtalarda kampanalı fren sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Taşıt güvenliğini etkileyen en önemli karakteristiklerden olması nedeniyle frenleme performansını artırmak için daha etkili fren sistemleri geliştirilme çabaları son yıllarda artmıştır (Çetinkaya, 2013). Fren sistemi ve elemanları ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmış olup birkaçı örnek olarak aşağıda sunulmuştur.

Mutlu ve arkadaşları, fren balatasında kullanılan ve insan sağlığına zararlı olmakla birlikte çevre kirliliği de yaratan asbest yerine cam elyaf, taş yünü ve kevlar kullanarak, balatanın basınç altındaki performansını incelemiştir. Yaptıkları çalışma sonucunda balatada asbest yerine cam elyaf, taş yünü ve kevların kullanılabilirliğini göstermişlerdir (Mutlu ve ark., 2006).

Erdem ve Altıparmak, fren disk sıcaklığındaki artışın frenleme performansına etkisini durma mesafesi testi yaparak incelemiştir. Hafif ticari taşıtta gerçekleştirilen testlerde fren disklerindeki sıcaklık artışının durma mesafesini olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Bu nedenle servis frenlerini sürekli kullanmak yerine yavaşlatıcı (retarder) kullanılmasının bu olumsuzluğu gidereceğini belirtmişlerdir (Erdem ve Altıparmak, 2014).

Öz ve arkadaşları fren diskine plazma sprey tekniği ile  $Cr_2O_3$  kaplayarak frenleme performansını incelemiştir. Hafif ticari araç üzerinde yaptıkları deneylerde tüm frenleme evrelerinde her iki diskin birbirine yakın ısındığını, orijinal diskin sürtünme katsayısının kaplanmış diske oranla daha yüksek olduğunu bununla birlikte kaplanmış diskin dış yüzeyinin ve balatasının

test sonucunda hasar gördüğü ve orijinal diskteki korozyon miktarının daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir (Öz ve ark., 2019).

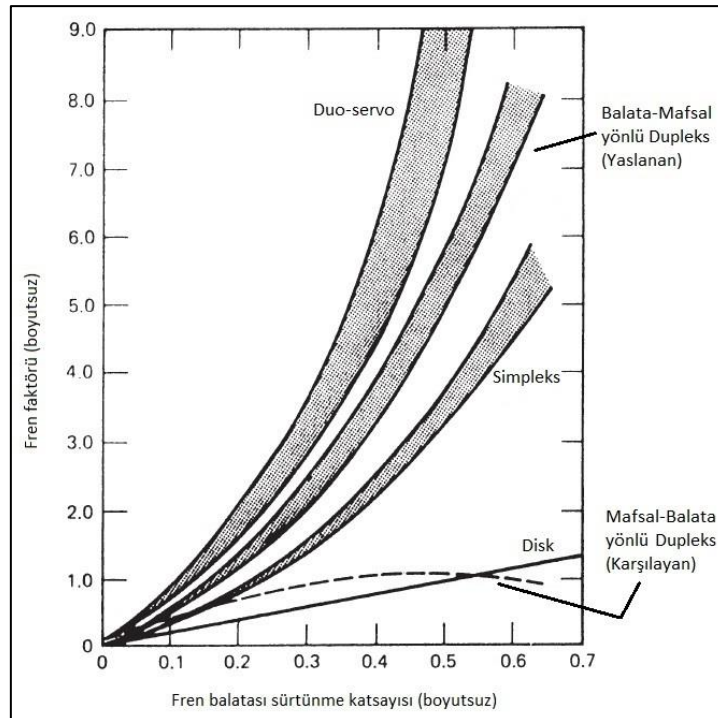
Sugözü, fren balatalarında kullanılan bakırın frenleme performansına etkisini %5, %10 ve %15 oranlarında bakır ilave ettiği üç farklı fren balatası üreterek incelemiştir. Çalışmanın sonunda bakır miktarı arttıkça sürtünme katsayısının arttığını, bakır miktarı azaldıkça aşınma direncinin azaldığını görmüştür. Bakır miktarındaki artışa paralel olarak balataların yoğunluk ve sertlik değerleri de artmıştır. %10 ve %15 bakır içeren balataların endüstriyel uygulamaya uygun olduğunu tespit etmiştir (Sugözü, 2019).

Çavdar ve Bayrakçeken sürüş güvenliğinin önemli bir aktörü olan frenleme yardımcı sistemlerini incelemiştir. Yaptıkları çalışmada ABS (Antilock Brake System), EBD (Electronic Brake Distribution), Acil fren destek sistemi, TCS (Traction Control System), ESP (Electronic Stability Programme), akıllı hız kontrol sistemi gibi aktif güvenlik sistemlerinin sürücü ve yolcu güvenliğini artırdığını ve güvenli sürüş sağladığını belirtmişlerdir (Çavdar ve Bayrakçeken, 2006).

Güney ve Mutlu, frenleme performansını değerlendirmek için oluşturulan fren test standartlarını incelemiştir. Değişik araç gruplarının frenleme performansını belirlemek için geliştirilen test standartları ataletli dinamometre veya taşıt üzerinde uygulanmaktadır. Yaptıkları çalışma sonucunda disk, kampana ve balata malzemelerinin frenleme performanslarının bu prosedürler ile belirlenmesinin otomotiv sektöründeki önemini vurgulamışlardır (Güney ve Mutlu, 2015).

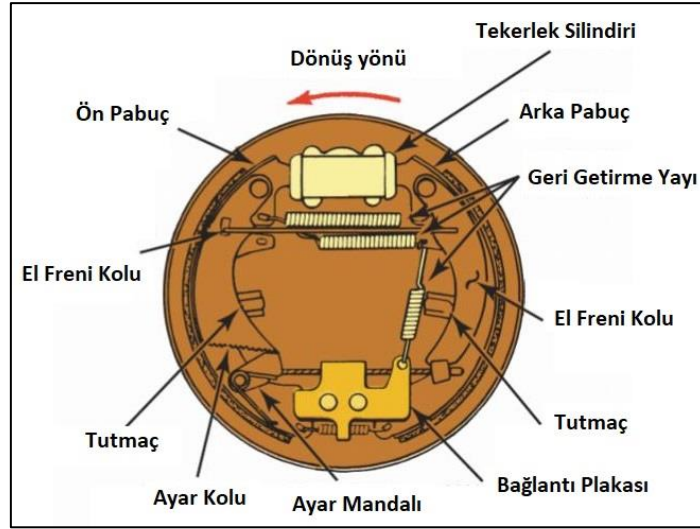
Herhangi bir fren basıncı için öngörülen frenleme momenti, frenleme ivmesi, durma mesafesi ve balata sürtünme katsayısını belirlediğinden fren faktörü, frenleme performansının bir göstergesidir. Fren faktörü, balatanın uyguladığı çevresel kuvvetin frenleme kuvvetine oranıdır.

Balatanın uyguladığı çevresel kuvvet kampana ya da diskin sürtünme kuvveti olan  $F_d$ 'dir (Limpert, 2011). Frenleme kuvveti ( $F_a$ ) ise aracı durdurmak ya da hızını azaltmak için uygulanan, araç tekerleklerinin hareketine zıt olan kuvvettir (Bayrakçeken ve Altıparmak, 2005). Şekil 1.'de fren faktörlerinin karşılaştırılması yer almaktadır.



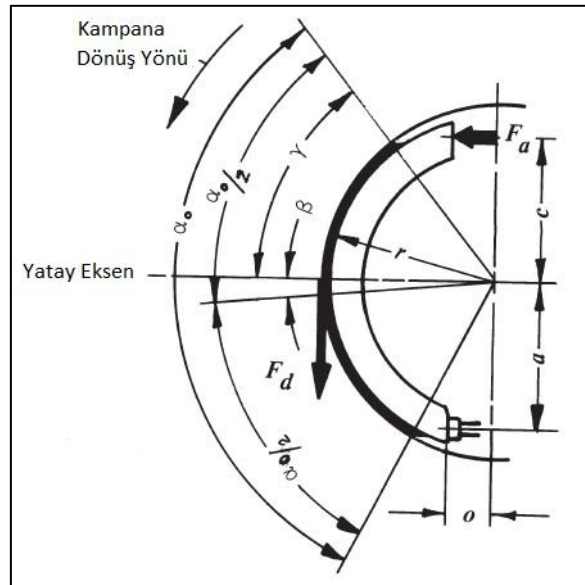
Şekil 1. Fren faktörü karşılaştırması (Limpert,2011; Gökten ve ark., 1995; Anonim, 2020)

Simpleks kampana Şekil 2’de görüldüğü gibi iki pistonlu bir silindire ve ileri geri hareketlerde açılıp kapanan fren pabucuna sahiptir (Staudt, 2000).



Şekil 2. Simpleks pabuçlu kampana (Anonim, 2021)

Pabucun ucuna  $F_a$  frenleme kuvveti uygulandığında, pabuç kampanaya doğru itilir. Kampananın saat yönünün tersine dönmesi, bir  $F_d$  sürtünme kuvveti oluşturur (Şekil 3). Kampana sürtünmesinin fren pabucunu, kampanaya karşı iten pabucun normal kuvvetini artıracak şekilde döndürdüğünü ortaya koymaktadır. Kampana sürtünmesinde ilave bir artışa neden olan bu artan normal kuvvet, frenin kendi kendine enerji veren etkisidir. Kendinden enerji veren pabuca ön pabuç denir (Limpert, 2011).



Şekil 3. Paralel kayar mesnetli ön pabuç (Limpert, 2011)

Yapılan çalışmada fren ebadında yapılan değişiklikler ile fren faktörünün ne şekilde değiştiği simüle edilerek literatüre farklı bir yaklaşım kazandırılmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada paralel kayar mesnetli Simpleks pabuçlu bir frenin mesnet noktası düşey ve yatay eksenlere göre 2'şer mm'lik aralıklarla 8'er mm artırılıp, azaltılarak 16 mm'lik bir genişlikte değiştirilerek fren faktöründeki değişim incelenmiştir. Aynı şekilde frenleme kuvveti etki noktası da 2'şer mm'lik aralıklarla 8'er mm artırılıp, azaltılarak 16 mm'lik bir genişlikte değiştirilerek fren faktörüne etkisi incelenmiştir. Öncelikle SUV (Sport Utility Vehicle) bir taşıtta kullanılan Simpleks pabuçlu kampana ölçülerine göre kampananın fren faktörü hesaplanmış daha sonra Matlab/Simulink R2019 programında bir sistem kurulmuş ve değerler değiştirilerek ön pabuç fren faktörü, arka pabuç fren faktörü ve toplam fren faktörü programa hesaplatılmıştır. SUV araç tercih edilmesinin nedeni jant ve tekerlek çapının büyük olması nedeniyle kampana geometrisi bozulmadan daha geniş bir aralıkta ebat değişimi yapılabilmesidir.

Fren faktörü hesaplamasında kullanılan balata/kampana sürtünme katsayısı haricinde 5 adet büyüklük mevcuttur. Ön pabuç ve arka pabuç fren faktörü hesaplaması yapılırken önce bu 5 değer hesaplanmalıdır (Eşitlik 4-8). Fakat bu 5 değerın hesaplanması eşitliklerin uzun olmasından dolayı zaman almaktadır. Üstelik sadece bir değerın değişmesi bile bu 5 büyüklüğün tekrar hesaplanarak ilgili eşitliklerde yerine konulmasını gerektirmektedir (Eşitlik 2, 3). İşlem doğruluğu ve zaman kazanımı gibi nedenlerden dolayı Matlab/Simulink R2019 ortamında bir sistem kurulmuş ve fren faktörü değerleri programa hesaplatılmıştır.

Hesaplama için kullanılan eşitlikler;

Fren faktörü BF;

$$BF = BF_1 + BF_2 = F_{d1}/F_a + F_{d2}/F_a \quad (1)$$

Ön pabuç fren faktörü BF<sub>1</sub>;

$$BF_1 = F_{d1}/F_a = [(\mu_L D_B + \mu_L^2 E_B)/(F_B - \mu_L G_B + \mu_L^2 H_B)]_1 \quad (2)$$

Arka pabuç fren faktörü BF<sub>2</sub>;

$$BF_2 = F_{d2}/F_a = [(\mu_L D_B - \mu_L^2 E_B)/(F_B + \mu_L G_B + \mu_L^2 H_B)]_2 \quad (3)$$

$$D_B = [c/r + a/r + \mu_s(o/r)]\cos\beta + \mu_s(c/r)\sin\beta \quad (4)$$

$$E_B = \mu_s(c/r)\cos\beta - [c/r + a/r + \mu_s(o/r)]\sin\beta \quad (5)$$

$$F_B = \frac{\hat{\alpha}_0 + \sin\alpha_0}{4\sin(\alpha_0/2)} [a/r + \mu_s(o/r)] \quad (6)$$

$$G_B = \cos\beta + \mu_s\sin\beta \quad (7)$$

$$H_B = F_B - (\mu_s\cos\beta - \sin\beta) \quad (8)$$

Örnek SUV taşıttın fren ebatları;

$$\mu_L = 0.4$$

$$\mu_s = 0.2$$

$$a = 98.298 \text{ mm}$$

$$c = 115.57 \text{ mm}$$

$$o = 27.686 \text{ mm}$$

$$r = 147.828 \text{ mm}$$

$$\alpha_0 = 108^\circ$$

$$\beta = 0^\circ$$

$$\gamma = 54^\circ$$

Örnek taşıtın PC-BRAKE Factor yazılımı ve Matlab/Simulink R2019 programında elde edilen değerleri Çizelge 1’de yer almaktadır.

**Çizelge 1.** PC-BRAKE Factor ve Matlab/Simulink R2019’da elde edilen fren faktörü değerleri

Fren Faktörü	PC-Brake Factor	Matlab/Simulink R2019
BF <sub>1</sub>	2.19	2.19
BF <sub>2</sub>	0.53	0.53
BF	2.72	2.72

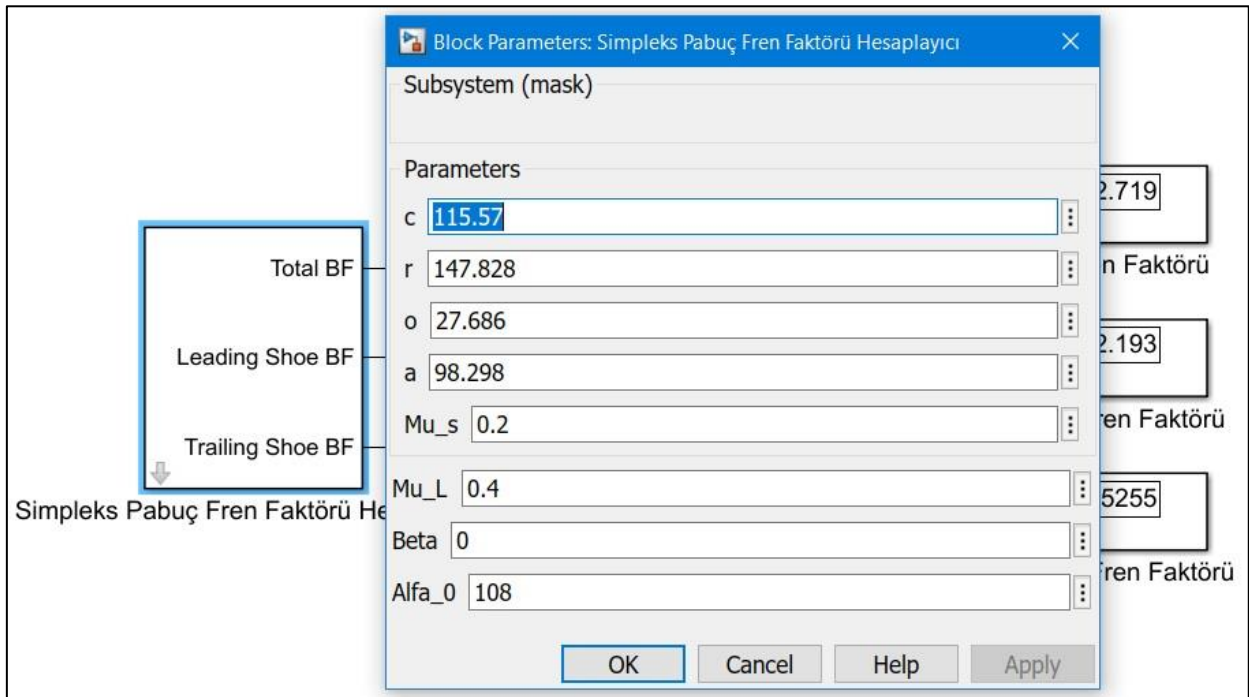
Çizelge 1’den görüleceği üzere kurulan Matlab/Simulink R2019 sisteminde aynı değerler elde edilmiştir. Sonrasında ise mesnet noktası yatay ve düşey eksene göre değiştirilerek fren faktörüne etkisi incelenmiştir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1 Matlab/Simulink R2019 Programında Kurulan Sistem

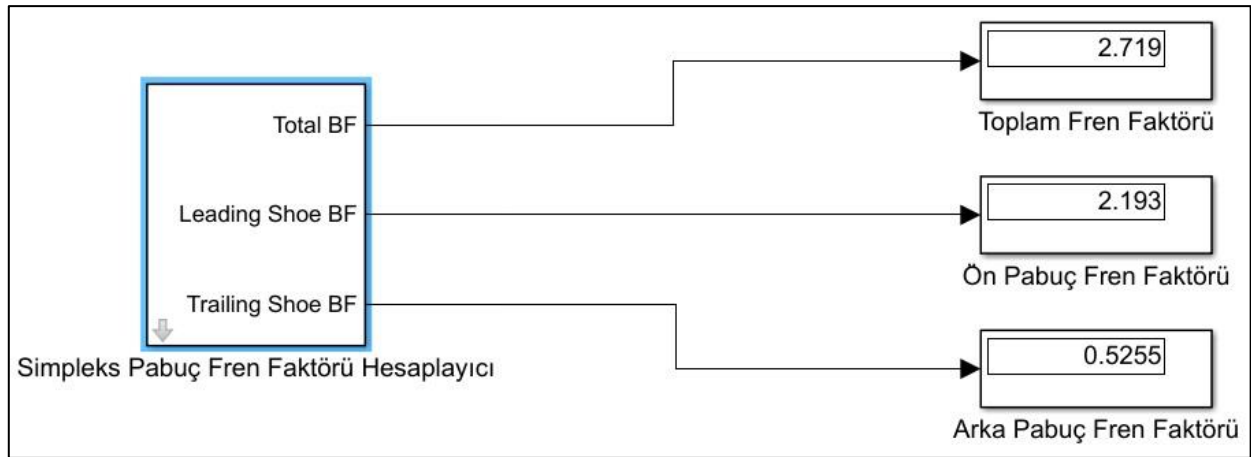
Matlab/Simulink R2019 programında kurulan sistemde önemli 3 ekran bulunmaktadır. Bunlar, veri giriş ekranı, sonuç ekranı ve subsystem diyagramıdır.

Veri giriş ekranı (Şekil 4), fren sistemine ait fren faktörü hesabında kullanılan değerlerin girildiği ekrandır. Bu ekranda fren ebatları programa girilir.



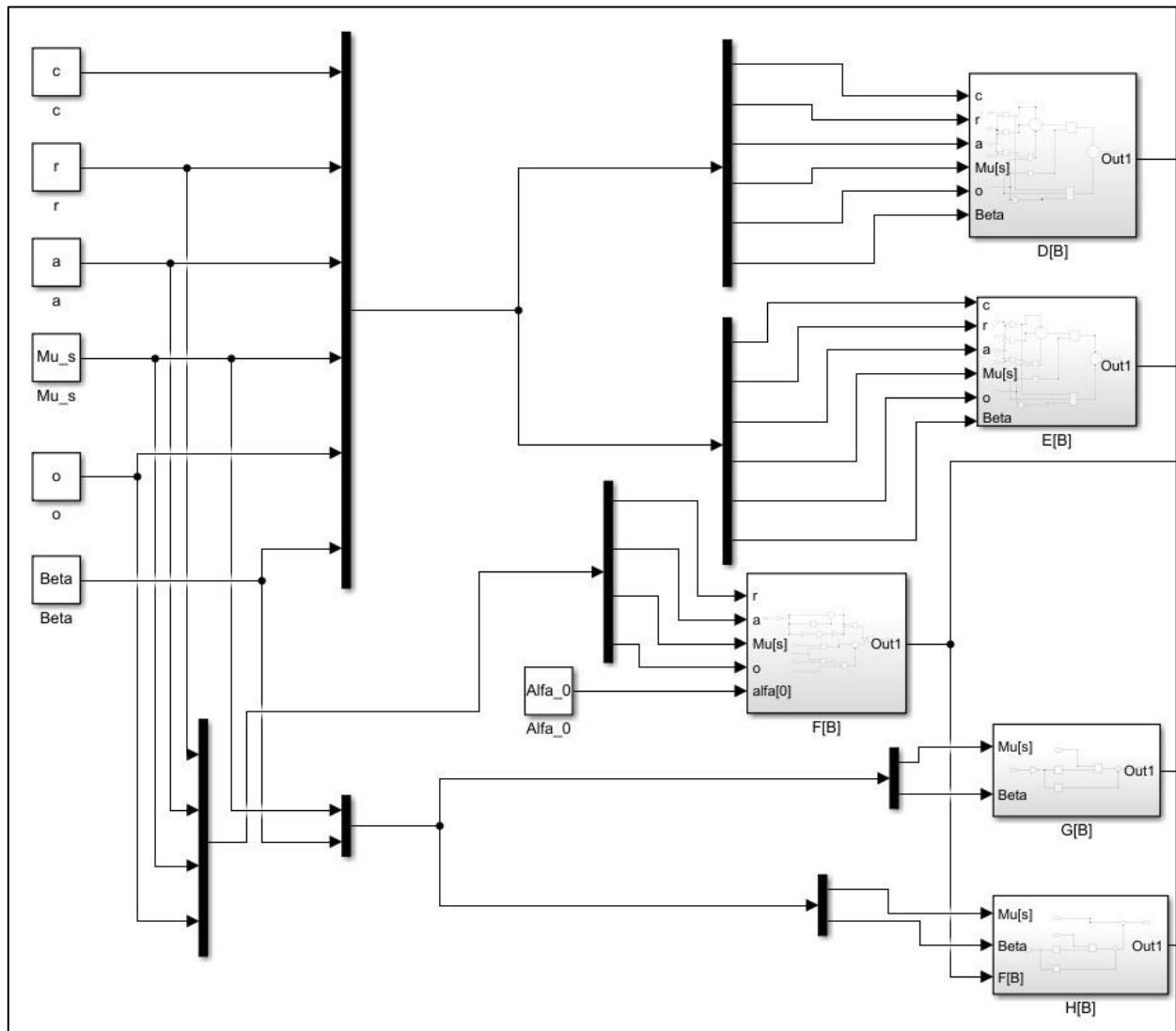
**Şekil 4.** Matlab/Simulink R2019 veri giriş ekranı

Sonuç ekranı (Şekil 5), 3 temel sonucu gösteren ekrandır. Burada; hesaplanan ön pabuç fren faktörü, arka pabuç fren faktörü ve toplam fren faktörü değerleri görülmektedir.

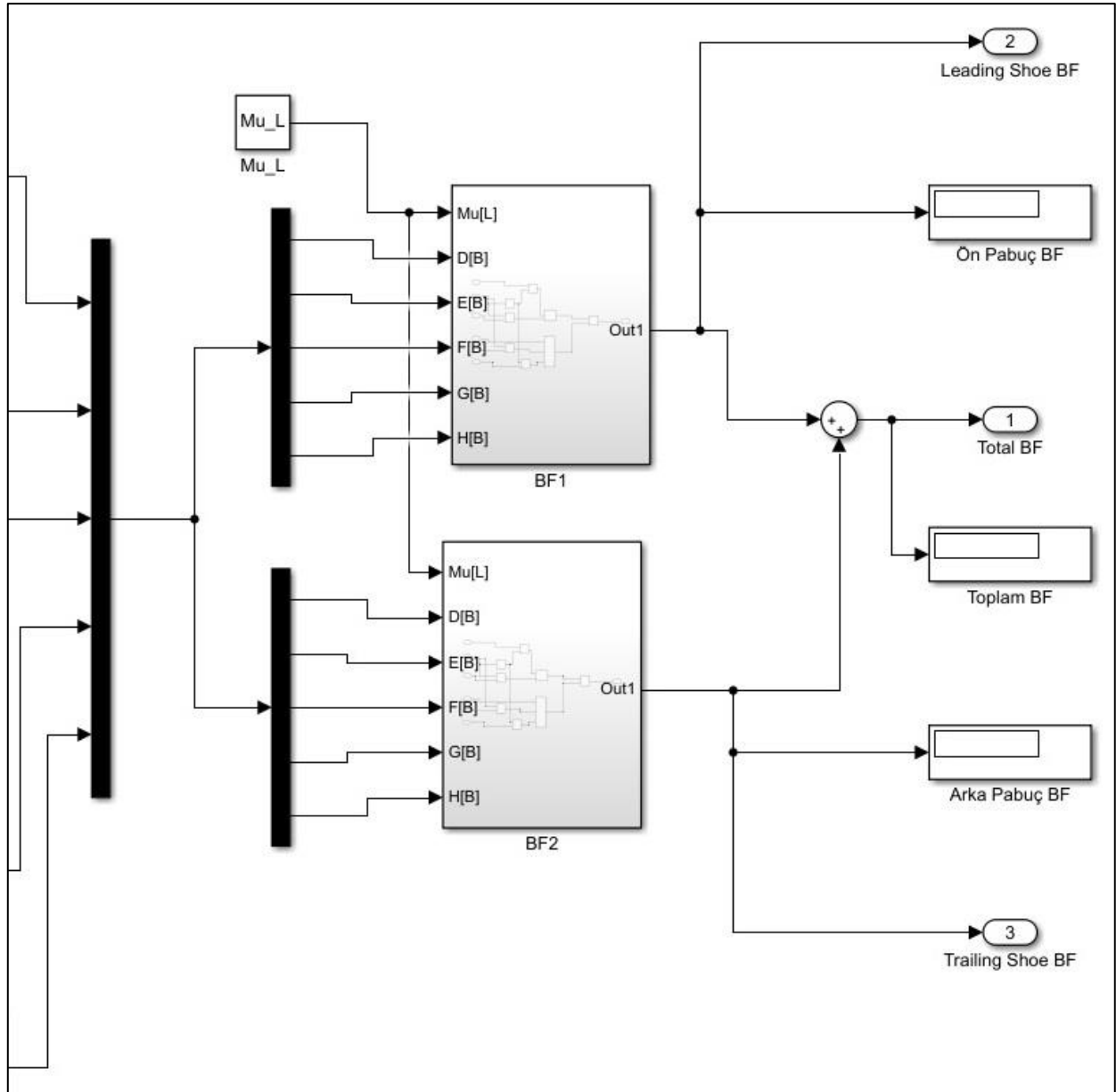


Şekil 5. Matlab/Simulink R2019 sonuç ekranı

Kurulan sistemin subsystem diyagramı (Şekil 6) ise girilen değerlerle göre fren faktörünü hesaplayan kısımdır.



Şekil 6. Matlab/Simulink R2019 subsystem diyagramı

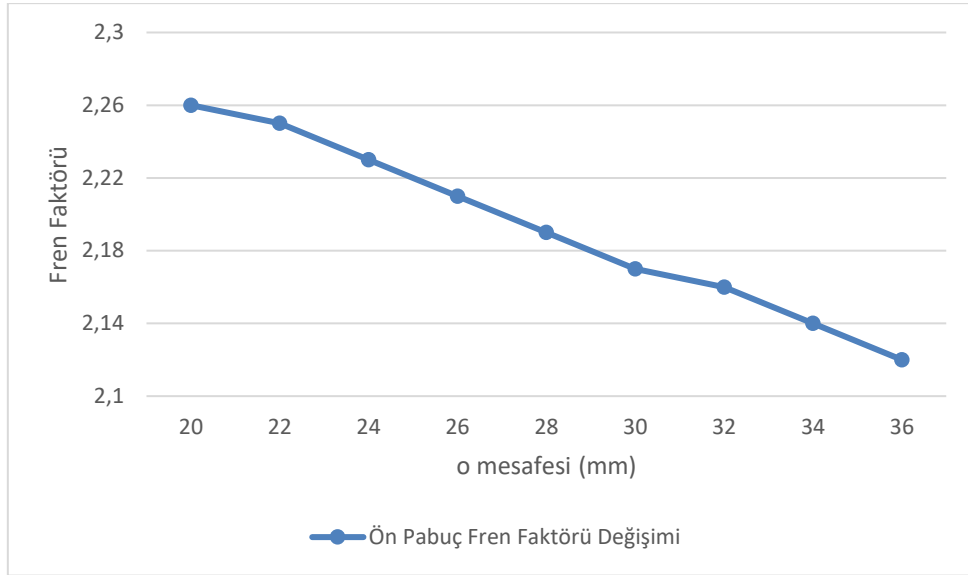


Şekil 6 (devamı). Matlab/Simulink R2019 subsystem diyagramı

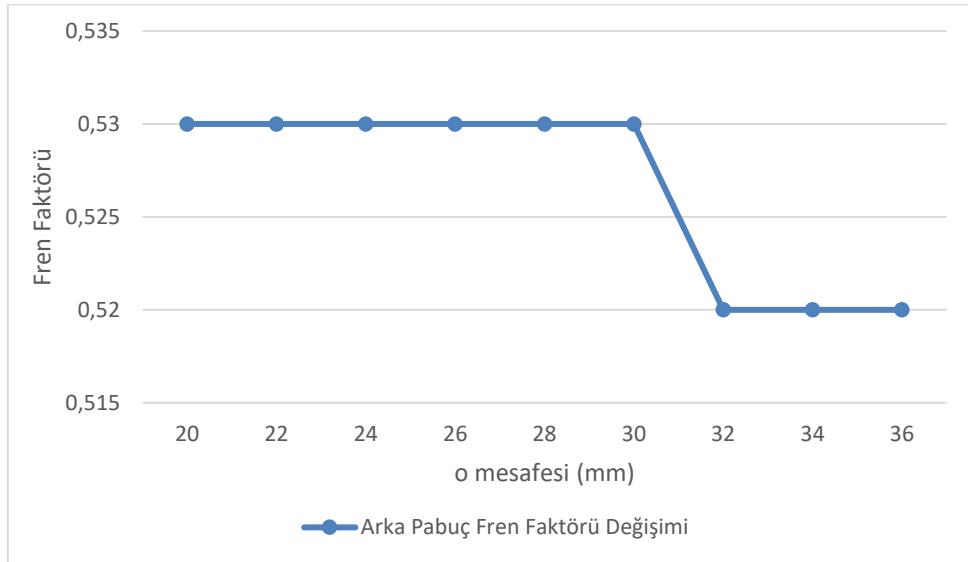
### 3.2 o Mesafesinin Fren Faktörüne Etkisi

Yapılan çalışma sonunda pabuç mesnet noktası ile düşey eksen arasındaki mesafe ( $o$ ) azaldıkça yani mesnet düşey eksene yaklaştıkça fren faktörünün arttığı, mesafe arttıkça yani mesnet düşey eksenden uzaklaştıkça fren faktörünün azaldığı görülmüştür (Şekil 9). Fren faktöründeki değişim özellikle ön pabuçta olmakta (Şekil 7), arka pabuç çok fazla etkilenmemektedir. Toplam 16 mm'lik  $o$  mesafesi değişimi ön pabuç fren faktöründe 0.14'lük bir farka neden olmuştur.  $o$  mesafesi arttıkça ön pabuç fren faktörü neredeyse lineer şekilde bir azalma göstermiştir. Şekil 8'de arka pabuç fren faktörünün 20 mm'den 30 mm'ye kadar değişmediği, 30 mm ile 32 mm arasında bir kırılım yaparak 0.53 değerinden 0.52'ye düştüğü sonra yine sabit kaldığı görülmektedir. Bunun nedeni ön pabucun kendinden enerji veren pabuç olması nedeniyle mesafe değişiminden arka pabuca oranla daha fazla etkilenmesi olarak değerlendirilmektedir. Fren faktörü her iki pabucun fren faktörünün toplamı olduğu için ön pabuç fren faktörünün değişimi, toplam fren faktörünü etkilemektedir. Diğer bir deyişle ön pabuç fren faktöründeki değişimin toplam fren faktörü değişimine etkisi daha fazladır.

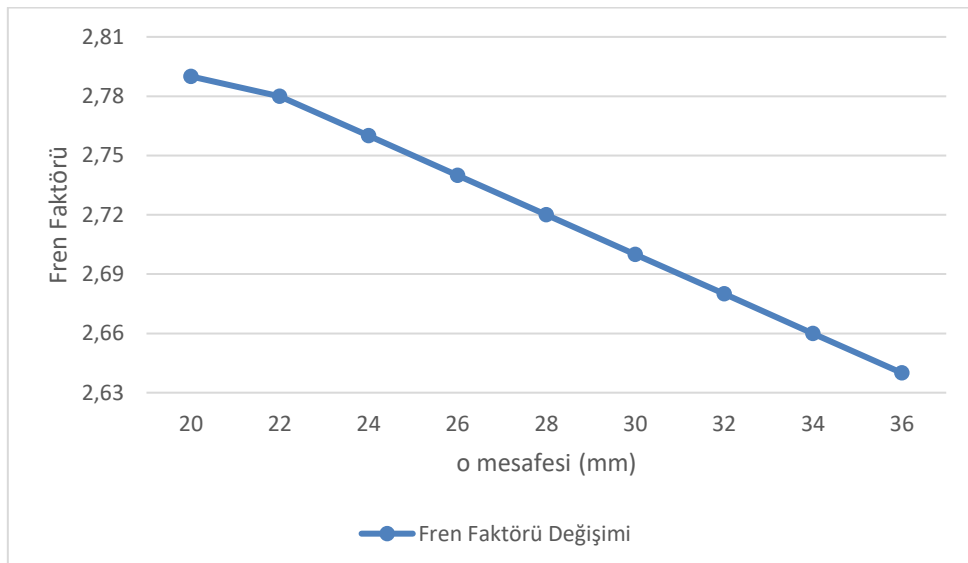




Şekil 7. o mesafesine göre ön pabuç fren faktörü değişimi



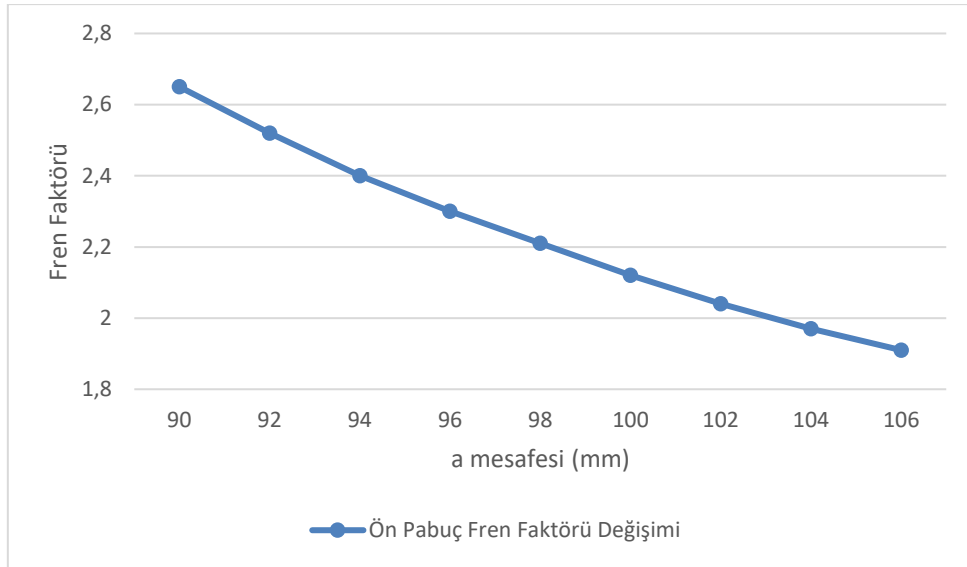
Şekil 8. o mesafesine göre arka pabuç fren faktörü değişimi



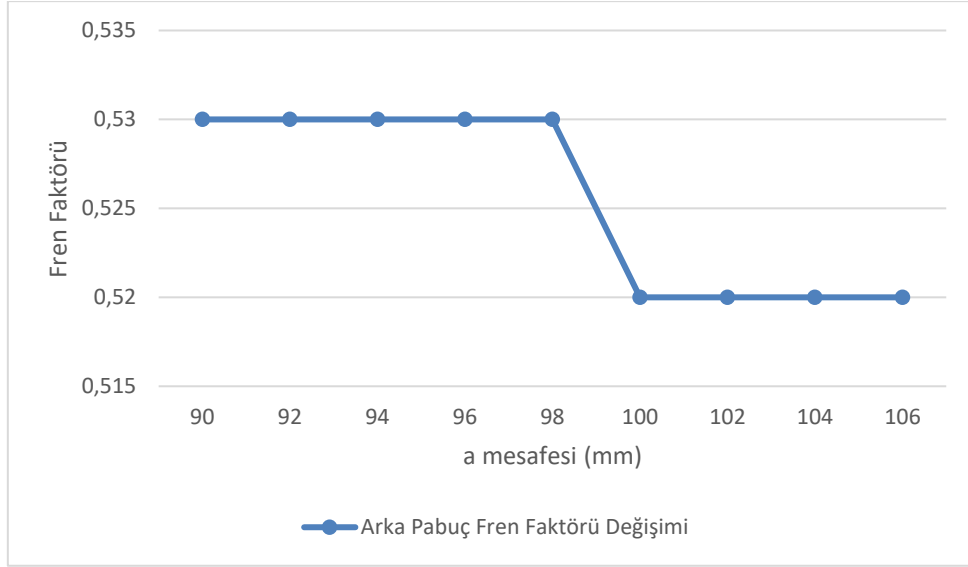
Şekil 9. o mesafesine göre fren faktörü değişimi

### 3.3 a Mesafesinin Fren Faktörüne Etkisi

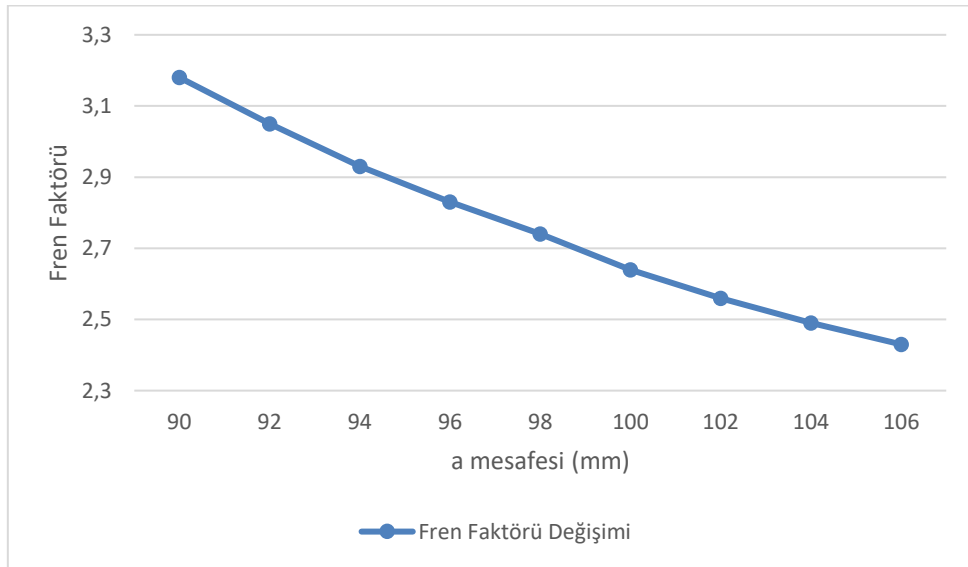
Pabuç mesnet noktası ile yatay eksen arasındaki mesafe (a) azaldıkça yani mesnet yatay eksene yaklaştıkça fren faktörü artmış, mesafe arttıkça yani mesnet yatay eksenden uzaklaştıkça fren faktörü azalmıştır (Şekil 12). Burada da fren faktöründeki değişim özellikle ön pabuçta olmakta (Şekil 10), arka pabuç çok fazla etkilenmemektedir. Toplam 16 mm'lik a mesafesi değişimi ön pabuç fren faktöründe 0.74'lük bir farka neden olmuştur. a mesafesi arttıkça ön pabuç fren faktörü neredeyse lineer şekilde bir azalma göstermiştir. Şekil 11'de arka pabuç fren faktörünün 90 mm'den 98 mm'ye kadar değişmediği, 98 mm ile 100 mm arasında bir kırılım yaparak 0.53 değerinden 0.52'ye düştüğü sonra yine sabit kaldığı görülmektedir. Bunun nedeni de ön pabucun kendinden enerji veren pabuç olması nedeniyle mesafe değişiminden arka pabuca oranla daha fazla etkilenmesi olarak değerlendirilmektedir. Fren faktörü her iki pabucun fren faktörünün toplamı olduğu için ön pabuç fren faktörünün değişimi, toplam fren faktörünü etkilemektedir. Yani ön pabuç fren faktörü değişiminin toplam fren faktörü değişimine etkisi daha fazladır. Bununla birlikte elde edilen değerler a mesafesi değişiminin, o mesafesi değişimine göre fren faktörünü daha fazla etkilediğini göstermektedir. Diğer yandan kampanalı frenlerde fren faktörü aynı zamanda kampananın sıcaklık etkisiyle genişmesi nedeniyle de ortaya çıkmaktadır. Fakat çalışmada ebat değişiminin etkisi incelendiğinden sıcaklık faktörü ihmal edilmiştir.



Şekil 10. a mesafesine göre ön pabuç fren faktörü değişimi



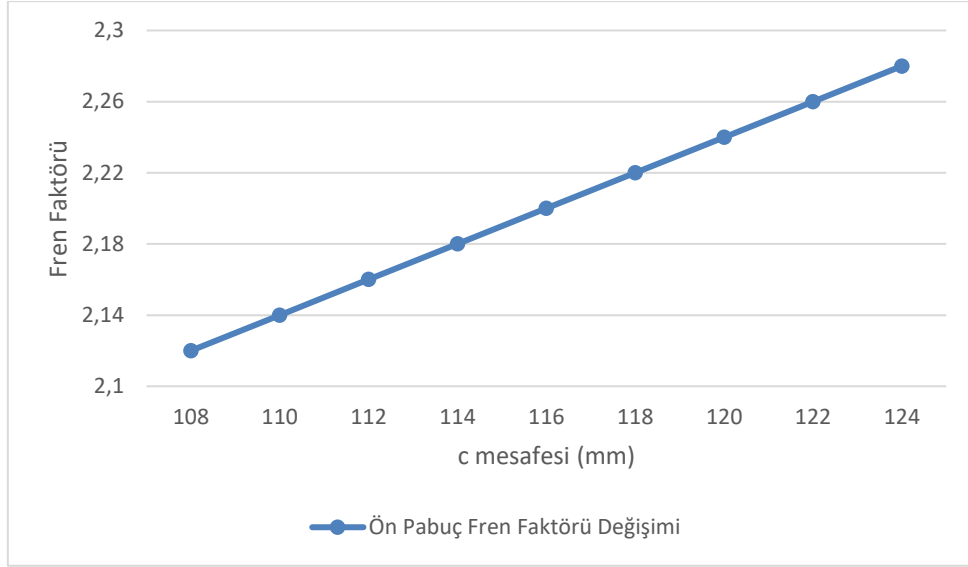
Şekil 11. a mesafesine göre arka pabuç fren faktörü değişimi



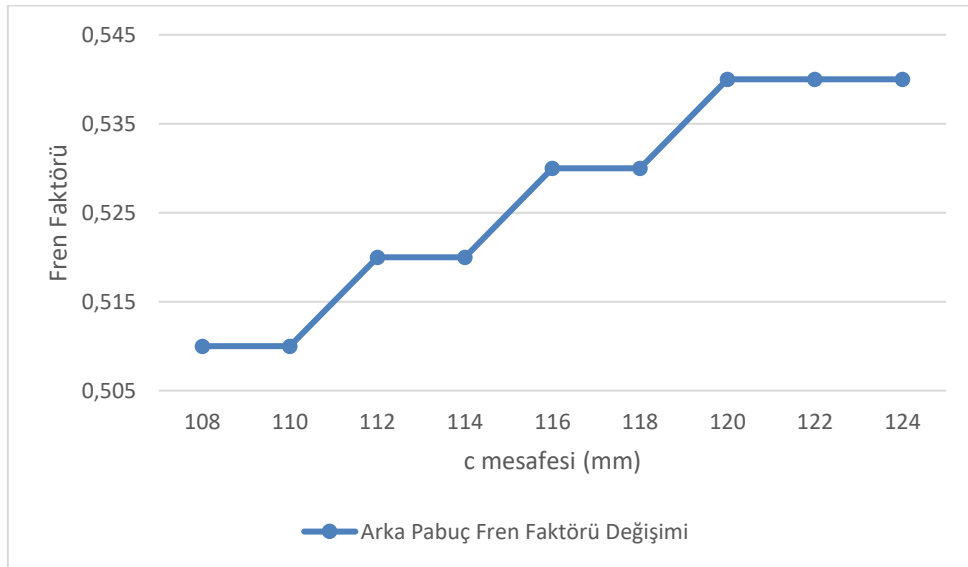
Şekil 12. a mesafesine göre fren faktörü değişimi

### 3.3 c Mesafesinin Fren Faktörüne Etkisi

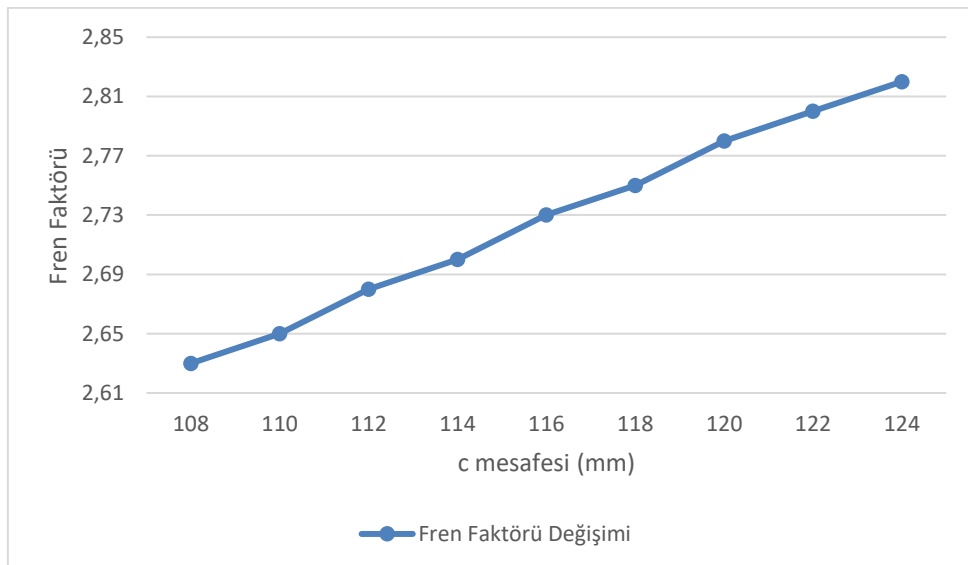
Fren kuvveti uygulama noktası ile yatay eksen arasındaki mesafe (c) arttıkça yani fren kuvveti uygulama noktası eksenden uzaklaştıkça fren faktörü artmış, mesafe azaldıkça yani fren kuvveti uygulama noktası yatay eksene yaklaştıkça fren faktörü azalmıştır (Şekil 15). Burada da fren faktöründeki değişim özellikle ön pabuçta olmakta (Şekil 13), arka pabuç çok fazla etkilenmemektedir. Toplam 16 mm'lik c mesafesi değişimi ön pabuç fren faktöründe 0.16'lık bir farka neden olmuştur. c mesafesi arttıkça ön pabuç fren faktörü neredeyse lineer şekilde artmıştır. Arka pabuç fren faktöründeki değişim de o ve a noktalarında olduğu gibi 0.01 değil 0.03 dolayındadır. Şekil 14'de arka pabuç fren faktörünün 0.51 değerinden 0.54 değerine kadar ki değişimi görülmektedir. Bunun nedeni tıpkı o ve a noktası değişimlerinde olduğu gibi ön pabucun kendinden enerji veren pabuç olması nedeniyle mesafe değişiminden arka pabuca oranla daha fazla etkilenmesi olarak değerlendirilmektedir. Fren faktörü her iki pabucun fren faktörünün toplamı olduğu için ön pabuç fren faktörü değişiminin, toplam fren faktörüne etkisi daha fazladır. Tek fark buradaki değişimin zıt yönde olmasıdır. Diğer bir deyişle merkeze yaklaşmak fren faktörünü azaltmaktadır.



Şekil 13. c mesafesine göre ön pabuç fren faktörü değişimi



Şekil 14. c mesafesine göre arka pabuç fren faktörü değişimi



Şekil 15. c mesafesine göre fren faktörü değişimi

#### 4. SONUÇ

Çalışmada, fren pabuç mesnet noktası her iki ekseninde de 2'şer mm'lik aralıklarla toplam 8 mm artırılıp azaltılmıştır. Kampana geometrisinin bozulmaması için daha fazla artırma ya da azaltma yapılmamıştır. Mesnet noktasının eksenlere daha yakın olması fren faktörünü artırırken eksenlerden uzaklaştıkça fren faktörü azalmıştır. Bu sonuçlardan mesnet noktasının hem yatayda hem de düşeyde eksenlere yakın konumlandırılmasının fren faktörünü artıracığı belirlenmiştir.

Fren kuvveti uygulama noktası da aynı şekilde düşey ekseninde 2'şer mm'lik aralıklarla toplam 8 mm artırılıp azaltılmıştır. Burada da kampana geometrisinin bozulmaması için daha fazla artırma ya da azaltma yapılmamıştır. Fren kuvveti uygulama noktasının merkeze daha yakın olması fren faktörünü azaltırken, merkezden uzaklaştıkça fren faktörü artmıştır. Bu sonuçtan fren kuvveti etki noktasının kampana geometrisinin el verdiği ölçüde merkeze uzak konumlandırılmasının fren faktörünü artıracığı belirlenmiştir.

Fren faktörünü artırmak için kampana geometrisinin el verdiği ölçüde o ve a mesafeleri kısaltulmalı yani olabildiğince merkeze yakın konumlandırılmalıdır. Fren kuvveti uygulama noktası olan c mesafesi ise yine kampana geometrisi el verdiği ölçüde merkezden uzak konumlandırılmalıdır. Bu şekilde maksimum fren faktörü elde edilebilir.

#### Semboller

$\mu_L$ :	Sürtünme katsayısı balata/kampana
$\mu_s$ :	Pabuç ucu ve mesnet sürtünme katsayısı
a:	Fren ebatı (dayanak noktası ile yatay eksen arası mesafe), mm
c:	Fren ebatı ( $F_a$ frenleme kuvveti ile yatay eksen arası mesafe), mm
o:	Fren ebatı (dayanak noktası ile düşey eksen arası mesafe), mm
r:	Kampana yarıçapı, mm
$\alpha_0$ :	Balata yay açısı, derece
$\beta$ :	Balata yay açısı merkezi ve yatay eksen arasındaki açı, derece
$\gamma$ :	Balata başlangıcı ile yatay eksen arasındaki açı, derece

#### 5. ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar, bilinen herhangi bir çıkar çatışması veya herhangi bir kurum/kuruluş ya da kişi ile ortak çıkar bulunmadığını onaylamaktadırlar.

#### 6. YAZAR KATKISI

Mustafa Ceyhun ERKOCA ve Hüseyin BAYRAKÇEKEN çalışmanın kavramsal ve tasarım süreçlerinin belirlenmesi ve yönetimi, veri toplama, veri analizi ve yorumlama, makale taslağının oluşturulması, fikirselleştirilme sürecinin eleştirilme, son onay ve tam sorumluluk aşamalarında katkı sağlamışlardır.

#### 7. KAYNAKLAR

Altıparmak D., Fren Sistemleri, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Matbaası, Ankara, 2004.  
Anonim, 2021. Simpleks Pabuçlu Kampana, <https://www.slideserve.com/ayoka/figure-10-2-an-exploded-view-of-a-typical-drum-brake-assembly> / (Erişim Tarihi: 17.05.2021).

- Bayrakçeken H., Altıparmak D, Taşıtlarda frenleme kuvveti analizi için matematik modelleme ve deneysel bir çalışma. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi 18(3), 489-503, 2005.
- Çavdar A., Bayrakçeken H., Otomobillerde kullanılan frenleme yardımcı sistemlerinin incelenmesi. Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi (1), 50-59, 2006.
- Çetinkaya S., Taşıt Mekaniği, Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti., Ankara, 2013.
- Erdem M., Altıparmak D., Fren disk sıcaklığının frenleme performansına etkisi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi 29(2), 425-432, 2014.
- Göktan A. G., Güney A., Ereke M., Taşıt Frenleri, İTÜ Makine Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1995.
- Güney B., Mutlu İ., Taşıtlarda AB ve ABD'nde uygulanan fren test standartlarının incelenmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi 15(1), 7-16, 2015.
- Kuralay N. S., Anonim, 2020. Fren sistemleri, <http://kisi.deu.edu.tr/mustafa.karaoglan>, (Erişim Tarihi: 17.01.2020).
- Limpert R., Brake Design and Safety, Society of Automotive Engineers, USA, 2011.
- Mutlu İ., Öner C., Özdin K., Yıldız E., Elyaf katkılı asbestsiz disk fren balatalarında sürekli frenleme veriminin incelenmesi. Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, 98-102, 2006.
- Öz A., Demir A., Sağıroğlu S., Yakut, A. K., Plazma sprey tekniği ile Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaplanmış fren diskinin frenleme performansının deneysel olarak incelenmesi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi 15, 394-403, 2019.
- Staudt W., Motorlu Taşıt Tekniği, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, 2000.
- Sugözü İ., Kompozit fren balatasında bakır oranının frenleme karakteristiğine etkisi. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi 8(4), 1458-1465, 2019.