

Araştırma Makalesi / Research Article

Taşıtlarda Farklı Frenleme Basınçlarında Yakıt Tüketimi ve Fren Kuvvetlerinin KarşılaştırılmasıHüseyin BAYRAKÇEKEN*¹, Hicri YAVUZ², Faruk Emre AYSAL¹, Tuğçe TÜRK BAY¹¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.²Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Meslek Yüksekokulu, Raylı Sistemler Yol Teknolojisi Bölümü, Afyonkarahisar.*Sorumlu yazar e-posta: bceken@aku.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1572-4859>hicriyavuz@aku.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8427-5164>faysal@aku.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9514-1425>tturkbay@aku.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7263-9741>

Geliş Tarihi: 17.01.2020

Kabul Tarihi: 15.04.2020

Öz**Anahtar kelimeler**

Fren kuvveti; Fren Basıncı; Fren Süspansiyon Test Cihazı; Yakıt tüketimi

Taşıtlarda frenleme yokuş aşağı iniş gibi durumlarda sürekli fren şeklinde olabileceği gibi trafik seyrine bağlı olarak farklı süreli bas çek şeklinde de olabilmektedir. Bazı sürücüler trafik ışığı gibi bir engele yaklaşırken gaz pedalına basmayı sürdürmekte sonrasında ise sertçe frenleme yapmaktadır. Bütün bu durumlar yakıt tasarrufunu olumsuz etkilemektedir. Bu çalışmada, fren test cihazında 3000 d/d 4. vitesteki bir araçta 4, 5, 6 ve 7 bar fren sistemi basınçlarında 120 saniye sürecek şekilde her 20 saniyede bir fren pedalına kuvvet uygulanmıştır. Deney esnasında fren kuvvetleri ve yakıt tüketimleri kaydedilerek karşılaştırma yapılmıştır. Fren basıncı değerleri artışına bağlı olarak tekerleklerde elde edilen fren kuvveti değerleri de artış göstermiştir. Yakıt tüketimi değerleri ise benzer şekilde frenleme kuvvetlerinin artmasına bağlı olarak artış göstermiştir. Deney sırasında motorun devri 3000 d/d'da sabit tutulmuştur. Frenleme ile birlikte motorun sabit devirde kalma durumuna bağlı olarak da yakıt tüketiminde artışlar meydana gelmiştir.

Comparison of Fuel Consumption and Braking Force at Different Braking Pressures in Vehicles**Abstract****Keywords**

Brake Force; Brake Pressure; Brake Suspension Test Device; Fuel Consumption

Braking in vehicles can be in the form of continuous braking in cases such as downhill descent, or in the form of push-pulls of different duration depending on the traffic course. Some drivers continue to depress the accelerator pedal when approaching an obstacle, such as a traffic light, and then braking firmly. All these situations adversely affect fuel economy. In this study, the brake tester was applied to the brake pedal every 20 seconds, lasting 120 seconds at 4, 5, 6 and 7 bar braking system pressures in a vehicle with 3000 rpm 4th gear. During the experiment, braking forces and fuel consumption were recorded and compared. The braking force values of the wheels increased due to the increase in brake pressure values. Fuel consumption values also increased due to the increase in braking forces. During the experiment, the engine speed was kept constant at 3000 rpm. With braking, there has also been an increase in fuel consumption due to constant engine speed.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Frenleme performansını etkileyen parametreler fren sisteminin işlevsel durumunu ortaya koymaktadır. Bu parametreler fren sistemi elemanları, tekerlek ve yol şartları olarak değerlendirilebilir. Belirtilen parametrelerin fren

kuvvetine etkileri deneysel ya da matematik yollarla belirlenebilir (Bayrakçıken ve Altıparmak 2007).

Değişik yol durumlarında frenlemeye duyulan ihtiyaç değişmekte olup, frenlemenin az olması konforlu sürüş durumlarının artmasına aynı zaman

da daha düşük bir yakıt tüketimine neden olabilmektedir (Coloma vd. 2018).

Genel olarak uygun bir sürüş tarzı agresif sürüşteki çok sık fren kullanımına kıyasla araç için yakıt tasarrufu sağlamak ve güvenliği artırmaktadır. Bu şekildeki sürüş genellikle sürücüler, trafik akışına, sinyallere ve yol durumuna bağlı olarak gaz ve fren pedallarının kullanımını en aza indirmeye teşvik etmektedir. Böyle olan araç kullanımı, vitesin daha verimli bir şekilde değiştirilmesine ve gereksiz hızlanma, gereksiz frenleme, aşırı hız ve rölantiden kaçınmaya yardımcı olabilmektedir. Hızlanma ve frenleme durumları yakıt tüketimi ve emisyonlar üzerindeki etkisini araştırmak için değişik çalışmalar yapılmıştır (Huang vd. 2018).

Araç kullanımında motor devri, araç hızı, lastik basınçları vb. değişkenlere dikkat etmek ve daha az fren kullanmak yakıt tüketimini azaltmada uygun bir davranış olmaktadır (Ho vd. 2015). Taşıt hızı yükseldikçe frenleme süresi de artmaktadır. Bu durum frenleme esnasında yutulmuş enerjinin fazlaşmasına dolayısı ile yakıt tüketiminin de artmasına neden olabilmektedir. Sürücünün kullanım durumlarına göre uygun zamanlarda frenleme yapması ve sürüş tekniklerini geliştirmesi durumunda yakıt tüketimi %5 ila %30 arasında azaltılabilmektedir (Han vd. 2019).

Lois vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada yakıt tüketimi sürüş stiline ve farklı yollardaki yol ve trafik sıkışıklığına bağlı olduğu belirtilerek yakıt tüketimi etkilerini belirlemek üzere bu çalışmada dört farklı faktör analizi yapılmıştır. İlk faktör, yüksek hız ve daha düşük yakıt tüketimi ile tanımlanan "serbest akışlı sürüş" koşullarıyla ilgilidir. İkinci faktör "verimsiz sürüş davranışı" esas olarak daha fazla frenleme durumunu içeren değişken bir durum olan frenleme ve yüksek motor devri ile tanımlanmıştır. Diğer iki faktör dış değişkenleri sürücünün kontrolü dışında sınıflandırır. Üçüncü faktör yolun tıkanıklık koşullarına karşılık gelirken, dördüncü faktör engebeli yol bölümleri ve sonucunda meydana gelen yüksek yakıt tüketimi ile yakından ilişkilendirilmiştir. Yakıt tüketimi ile ilişkili faktörlerin modellenmesinin yakıt tasarrufunun da önemli yönlerinin anlaşılmasına

katkıda bulunduğunu gösterilmiştir. Sürüş modelleri açısından tanımlanan frenleme durumu gibi anahtar faktörler yakıt tüketimini azaltmada olumlu sonuçlar sağlamaktadır.

Toledo ve Shiftan (2016) tarafından yapılan çalışmada araç kullanımında sürücülere geri bildirim sağlanması ile birlikte frenleme ile ilgili oluşumların azaldığı gözlemlenmiştir. Buna bağlı olarak, gelişmiş sürüş davranışının yakıt tüketimini %3-10 oranında azalttığı ve daha büyük araçlar için ise daha fazla yakıt tasarrufunun sağlanabileceği belirtilmiştir.

Yakıt tüketimini azaltmayı sağlamak için orta derecede hızlanma (manuel şanzımanlı araçlar için 2000 ve 2500 devir arasında vites değiştirme), trafik akışını ve trafik sinyallerini tahmin ederek ani hızlanma ve frenleme durumlarından kaçınma, hız sınırında veya güvenli bir şekilde sürüş yaparken, uygun bir sürüş hızının korunması (uygun olan yerlerde otoyolda hız sabitleyici kullanarak) ve aşırı rölantiyi ortadan kaldırmak gerekmektedir (Barkenbus 2010).

Shanker (2018) tarafından yapılan çalışmada, yakıt tüketimini azaltmak için taşıt ağırlığının azaltılması üzerinde durulmuştur. Sonuç olarak, ortaya çıkan performans değerleri ve değişimleri belirlenmeye çalışılmıştır. Otomotiv sektöründeki çalışmalarda kullanılan farklı fren yöntemleri ve prosedürleri incelenmiştir. Özellikle disk frenlerin imalatında kullanılan fren sistemleri, malzeme özellikleri ve farklı malzeme türlerinin avantaj ve dezavantajları incelenmiştir. Önceki yapılan çalışmalarda kullanılan malzemelerden dökme demir, metal matrisli kompozitler gibi farklı ve geleneksel malzemelerin kullanımı araştırılmıştır. Metal matrisli kompozit endüstrisinin bu alanda kullanımının son yıllarda ciddi bir artış göstermektedir. Bu malzeme türünün avantajı olarak mukavemet ve sertlik değerleri ile ağırlığı azaltmada etkin olduğu belirtilmiştir. Yapılan analizlerden otomotiv sektörü tarafından hala metal matrisli kompozit malzemelerin tercih edildiği belirtilmiştir.

Bayrakçeken vd. (2016) tarafından laboratuvar ortamında yol şartlarının benzetiminin yapıldığı fren

sistemi ile süspansiyon sistemi testlerinin yapılabilmesini sağlayacak bir taşıt fren test cihazı geliştirilerek imal edilmiştir. Özellikle bu konuda fren sistemi veya süspansiyon sistemi test edilmek istenildiğinde yol testlerinin maliyetlerinin yüksek olabileceği ve deney sonuçlarında bir sapma olabileceği belirtilmiştir. Geliştirilen test cihazı ile istenilen yol şartlarında laboratuvar ortamında standart testlerin daha hassas bir şekilde yapılması amaçlanmıştır. Çalışmada bu deney setinden faydalanılmıştır (Şekil. 1).

Yapılan çalışmada 20 saniye aralıklarla farklı fren sistemi basınçlarında frene pedalına fren kuvvetinin uygulanması ve sonuçta frenleme ile birlikte artan tekerlek fren kuvveti değerleri ve her 120 saniyelik periyotta tüketilen yakıt miktarları için karşılaştırma yapılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada 4. vites durumunda 3000 d/d'da 120 saniyelik periyotlarda 20 saniyede bir fren hidrolik basıncının 4-5-6 ve 7 bar olduğu aralıklarda frenleme yapılmıştır. Balata sıcaklığının kararlı olabilmesi için deney süresi 120 saniye olarak belirlenmiştir. 20 saniyede bir frenleme yapılması ile birlikte daha dengeli tekerlek fren kuvveti değerleri elde edilmiştir.

Deneysel çalışmalar için Afyon Kocatepe Üniversitesi Otomotiv Mühendisliği laboratuvarında bulunan fren test cihazı kullanılmıştır. Frenleme sırasında normal yol şartlarında frenleme olayı durağan ve sağlıklı şekilde ölçülebilir değildir. Deney düzeneği ile yakıt tüketimi ölçümünün daha sağlıklı olması, yolda karşılaşılabilecek olumsuzlukların meydana gelmemesi, dış hava sıcaklık değerleri ve motor sıcaklığının stabil olması, rüzgâr vb. etkilerin olmaması sağlanmıştır. Dengeli bir frenleme yapılarak frenleme esnasındaki fren kuvveti ve yakıt tüketimleri değerlendirilmiştir.

Fren test cihazı Fiat marka 1400 cc benzinli bir motor ve bu araca ait hidrolik fren sistemine sahiptir (Şekil 1). Fren test cihazı değişik yol şartlarına, süspansiyon sistemini benzetim yapabilecek şekildedir. Lastik

tekerlekler metal bir tambur ile sürekli temas halindedir. Tekerlek basınçları 34 PSI olarak ayarlanmış olup, tekerlekler düz yol şartlarındaki gerekli süspansiyon yüksekliğine ayarlanmışlardır. Fren sistemi basınç değerleri, fren kuvveti değerleri, tekerlek tambur devri ve balata sıcaklığı değerleri 0,1 saniye aralıklarla anlık olarak cihaz tarafından kaydedilmektedir. Fren test cihazı yakıt hattında kullanılan yakıt deposu ağırlığı her deney periyodunda gözlemlenebilecek bir elektronik terazi üzerindedir.

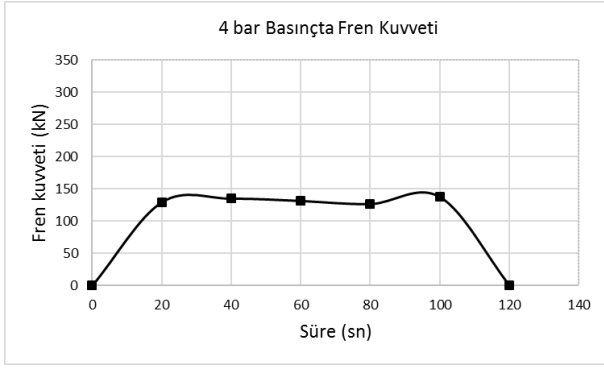
Merkez silindirinden sonraki hatta fren sistemi basınç değeri ölçülmüş ve deney için kullanılan basınç değerleri için fren pedalı sabit tutulmuştur. Deney sonunda bilgisayar tarafından otomatik kayıt alınan değerler dışında her 120 saniye periyottaki yakıt tüketimi değerleri de kayıt altına alınmıştır. Deney sonuçlarından her 20-40-60-80-100 saniyelik periyotlarda 3 saniye içerisinde elde edilen maksimum fren kuvvetlerinin ortalaması alınmıştır. 120 saniye sonunda aracın tamamen durması ve yakıt deposu geri dönüş hattının boşalması için 5 saniye kadar beklenerek yakıt tüketimi değerleri kayıt altına alınmıştır.



Şekil 1. Fren test cihazı düzeneği (Bayrakçeken vd. 2019)

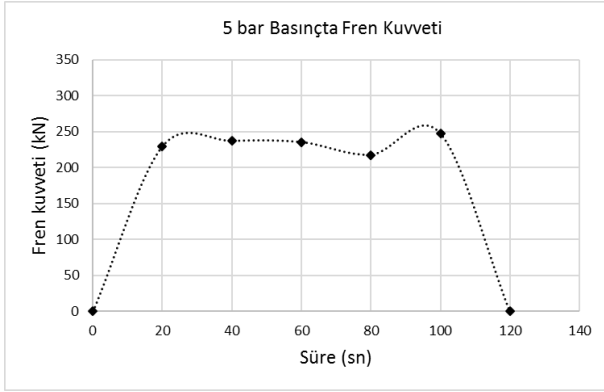
3. Bulgular

Şekil 2.' de 4 bar basınçtaki frenleme ölçüm değerleri gösterilmiştir. 4 bar için yapılan deneyde maksimum fren kuvveti değeri 100. saniyede elde edilmiştir. 4 bar basınçta ortalama fren kuvveti 131, 81 kN olmuştur.



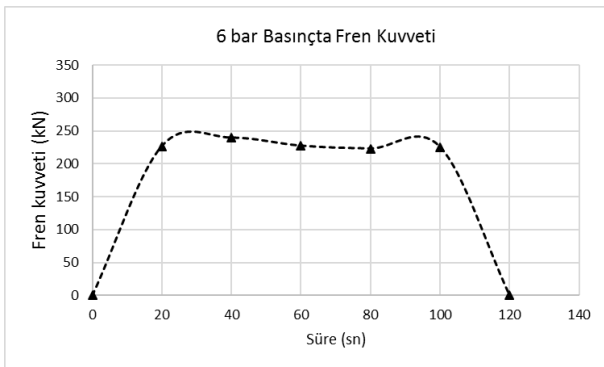
Şekil 2. 4 bar basınçta fren kuvveti değerleri

Şekil 3.' de 5 bar basınçtaki frenleme ölçüm değerleri gösterilmiştir. 5 bar için yapılan deneyde maksimum fren kuvveti değeri 100. saniyede elde edilmiş olup, 247,33 kN' dur. Ortalama fren kuvveti ise 233,42 kN' dur.



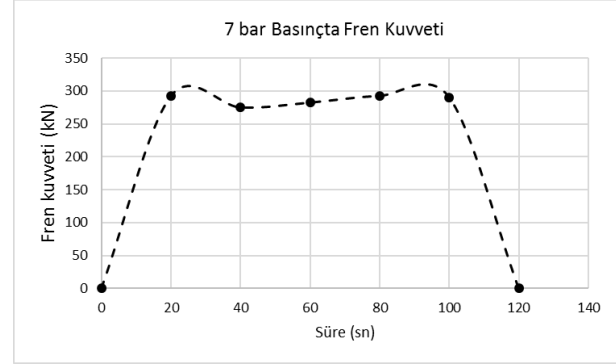
Şekil 3. 5 bar basınçta fren kuvveti değerleri

Şekil 4.' de 6 bar basınçtaki frenleme ölçüm değerleri gösterilmiştir. 6 bar için yapılan deneyde maksimum fren kuvveti değeri 40. saniyede elde edilmiş olup, 239,36 kN' dur. Ortalama fren kuvveti ise 228,25 kN elde edilmiştir.



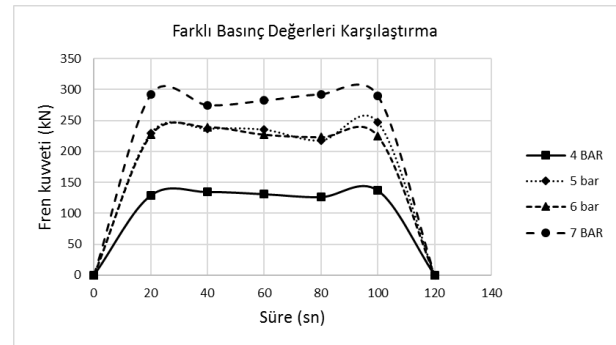
Şekil 4. 6 bar basınçta fren kuvveti değerleri

Şekil 5.' de 7 bar basınçtaki frenleme ölçüm değerleri gösterilmiştir. 7 bar için yapılan deneyde maksimum fren kuvveti değeri 80. saniyede elde edilmiş olup, 292,5 kN' dur. Ortalama fren kuvveti değeri ise 286,35 kN elde edilmiştir.



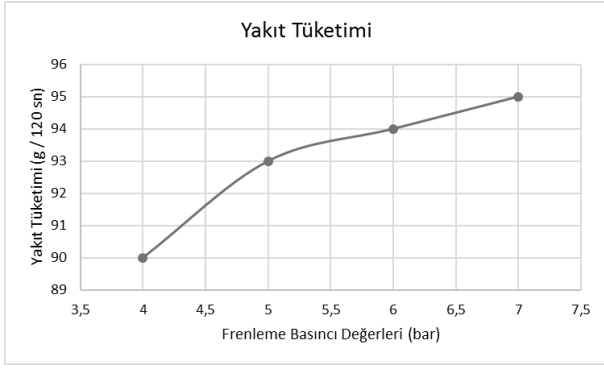
Şekil 5. 7 bar basınçta fren kuvveti değerleri

Şekil 6.' da farklı basınç değerlerindeki fren kuvveti değerleri gösterilmiştir. 4-5-6-7 bar fren kuvvetleri için bir karşılaştırma yapılacak olursa 4 bar fren basıncında tüm saniye aralıklarında minimum fren kuvvetleri elde edilmiştir. 5 ve 6 barlık frenleme esnasında fren kuvvetleri her aralıkta neredeyse benzer olacak şekilde fren kuvveti değeri elde edilmiştir. 7 barlık frenleme basıncında ise her ölçüm aralığı için maksimum fren kuvveti değerleri elde edilmiştir.



Şekil 6. Farklı basınç değerlerinde fren kuvveti değerleri karşılaştırması

Şekil 7.' de farklı basınç değerlerindeki yakıt tüketim değerleri gösterilmiştir. 120 saniyelik periyotta maksimum yakıt tüketimi değerleri 7 bar basınçta elde edilmiştir.



Şekil 7. Farklı basınç değerlerinde yakıt tüketimi değerleri karşılaştırması

4. Tartışma ve Sonuç

Maksimum fren kuvveti değerleri 4 ve 5 bar basınç değerlerinde 100. Saniyede, 6 bar basınç değerinde 40. Saniyede, 7 bar basınç değerinde 80. saniyede elde edilmiştir. Genel olarak karşılaştırma yapıldığında fren basınç değerleri yükseldikçe fren kuvvetleri değerlerinde de artış söz konusu olmuştur.

Taşıt hareket halinde iken fren pedalındaki kuvvetin; fren sistemi hattındaki basıncın yüksek olmasından dolayı tekerleklerdeki fren kuvveti değerleri de yüksek çıkmaktadır. Fren hidroliği hattındaki basıncın sabit tutulması ile fren kuvveti de yaklaşık olarak sabit kalmıştır.

Yakıt tüketimi için değerlendirme yapıldığında; 7 bar basınç durumundaki yakıt tüketiminin en yüksek olduğu görülmektedir. Fren kuvveti arttıkça (panik fren vb) fren sistemi tarafından yutulan enerji de artmaktadır.

Fren pedalına belirli aralıklarla basılıp bırakıldığında motor devri azalma-artma olarak değişim göstermektedir. Frenlemeden etkilenerek motor devrinin azalması sonrasında fren pedalının bırakılmasıyla motor devrinin artması yakıt tüketimini de etkilemektedir.

Motor 3000 d/d sabitlendiği için fren basıncının artması ile devir düşümü daha hızlı olmaktadır. Motor 3000 d/d gelmek için daha fazla yakıt göndermekte ve yakıt tüketimi artmaktadır. Ölçüm yapılan en düşük 4 bar ile en yüksek 7 bar basınç

değerlerindeki frenleme yakıt tüketimi açısından kıyaslandığında her fren basma süresinin yaklaşık eşit olmasına rağmen yakıt tüketimi 7 bar basınç değerinde % 5,5 artmıştır.

Frenleme ile fren kuvvetinin artması ve motor devrinin aynı değerde kalmaya çalışması nedeniyle yakıt tüketimi artmıştır. Literatürde yapılan çalışmalarda (Dhir 2018, Dobre 2019) fren pedal kuvveti dolayısı ile fren sistemi hidrolik basıncının artması ile tekerleklerden daha fazla fren kuvveti elde edildiği ve yakıt tüketiminin arttığı belirtilmiştir.

5. Kaynaklar

- Barkenbus, N.J., 2010. Eco-driving: an overlooked climate change initiative. *Energy policy*, 38, 762-769.
- Bayrakçeken, H. and Altıparmak, D., 2007. Fren test cihazı tasarımı ve frenleme kuvveti ölçüm ve modellemesi. *J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ.* Vol 22, No 1, 21-26.
- Bayrakçeken, H., Aysal, F.E. and Mutlu, İ., 2016. Fren süspansiyon test cihazı tasarımı ve imalatı. *AKU J. Sci. Eng.*, 16, 025903. 454-460.
- Bayrakçeken, H., Girgin, Z., Aysal, F.E. and Babagiray, M., 2019. Nonlinear İteratif Regresyon Analizi Kullanılarak Düşük Lastik Şişirme Basıncının Yunuslama Kuvvetine Etkisinin İncelenmesi. *AKU J. Sci. Eng.*, 19, 027101. 490-495.
- Coloma, F. J., Garcia, M. and Wang, Y., 2018. Eco-driving effects depending on the travelled road. Correlation between fuel consumption parameters. *Transportation research procedia*, 33, 259-266.
- Dhir, K.D., 2018. Thermo-mechanical performance of automotive discs brakes. *Materials Today: Proceedings*, 5, 1864-1871.
- Dobre, A., 2019. Theoretical study regarding the fuel consumption performance for a vehicle equipped with a mechanical transmission. *Procedia manufacturing*, 32, 537-544.
- Han, J., Vahidi, A. and Sciarretta., 2019. Fundamentals of energy efficient driving for combustion engine and electric vehicles: an optimal control perspective. *Automotica*, 103, 558-572.
- Ho, S-H., Wong Y-D. and Chang V.W-C., 2015. What can eco-driving do for sustainable road transport? Perspectives from a city (Singapore) eco-driving programme. *Sustainable cities and society*, 14, 82-88.

- Huang, Y., Ng, E.C.Y., Zhou, J.L., Surawski, N.C., Chan, E.F.C. and Hong, G., 2018. Eco-driving technology for sustainable road transport: a review. *Renewable and sustainable energy reviews*, **93**, 596-609.
- Lois, D., Wang, Y., Alessandra, B. M. and Monzon, A., 2019. Multivariate analysis of fuel consumption related to eco-driving: interaction of driving patterns and external factors. *Transportation research part*, **72**, 232-242.
- Shanker, P. S., 2018. A review on properties of conventional and metal matrix composite materials in manufacturing of disc brake. *Materials Today: Proceedings*, **5**, 5864–5869.
- Toledo, G. and Shiftan, Y., 2016. Can feedback from in-vehicle data recorders improve driver behavior and reduce fuel consumption? *Transportation research part A*, **94**, 194-204.