

FARKLI MOTOR YAĞLARININ SÜRTÜNME VE AŞINMA ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI İNCELENMESİ

Oğuz Karabaş^{1*} ve İdris Cesur²

¹Makine Mühendisliği Bölümü /Teknoloji Fakültesi/ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye

²Makine Mühendisliği Bölümü /Teknoloji Fakültesi/ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye

*(b190103025@subu.edu.tr)

Özet – İçten yanmalı motorlarda birbiri ile temas halinde olan hareketli birçok parçadan meydana gelmektedir. Temas eden parçalarda zamanla aşınmaya bağlı olarak malzeme kaybına neden olmaktadır. Parçaların ömürlerini ve sürtünme miktarlarının azaltılması amacıyla yağlayıcılara ihtiyaç vardır. Motorlarda en fazla aşınma ve sürtünmenin olduğu parçalar segman-silindir çiftidir. Segman-silindir çifti arasındaki kaynaklanan sürtünme kaybı ile motor verimi önemli derecede azalmaktadır. Yakıttan elde edilen enerjinin daha fazla işe dönüştürülebilmesi için yağlama yağlarının farklı yük ve devirlerde istenilen yağ film kalınlığını oluşturarak tüm şartlarda hidrodinamik yağlama rejimini sağlayabilmesi gereklidir. Bu çalışmada; segman-silindir çifti arasında meydana gelen sürtünme ve aşınma miktarının tespiti için aşınma cihazında deneyler yapılmıştır. Deneysel çalışma farklı yük ve devirlerde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 0W20 yağlama yağı ile 10W40 yağlama yağlarının tribolojik özellikleri incelenmiştir. Deneysel çalışma sonucunda; aşınma cihazında yağlama yağı olarak 10W40 yağlama yağı kullanılması durumunda 0W20 yağlama yağına göre daha düşük sürtünme katsayısı ve aşınma miktarı tespit edilmiştir. Ayrıca minimum sürtünme katsayısı ve aşınma miktarı 100 d/d’da elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler – Sürtünme, Aşınma, Segman-Silindir Çifti, Yağlama Yağı

I. GİRİŞ

Otomotiv endüstrisi, sürekli olarak motor performansını artırmak ve motor aşınmasını azaltmak için araştırma ve geliştirme faaliyetlerine odaklanmaktadır [1]. Bu faaliyetlerin temel odak noktalarından biri, motor yağlarının sürtünme ve aşınma özelliklerinin incelenmesidir. Motor yağları, motorun içerisindeki hareketli parçalar arasındaki sürtünmeyi azaltmak ve aşınmayı engellemek için kullanılan önemli bir bileşendir [2].

Motorlarda kullanılan yağlar farklı sıcaklara maruz kalırlar. Yağlar farklı sıcaklıklarda viskozite değerleri değişmektedir. Bu nedenle motorlarda çalışma şartlarına göre farklı yağlama rejimleri meydana gelmektedir [3]. Hidrodinamik Yağlama: yağlama filmi tamamen parçalar arasında oluşur ve temas eden yüzeyler arasında doğrudan temas olmaz. Bu rejimde, yağlama filmi yeterli kalınlığa sahipse, sürtünme ve aşınma azalır ve motor verimi

artar. Karışık yağlama; Bu rejimde, yağlama filmi elastik deformasyon ve yağ viskozitesinin etkisiyle oluşur. Yüzeyler arasındaki temas, yağın elastik deformasyonu ve yüzeylerin içine nüfuz etmesi nedeniyle sınırlıdır. Sınır Yağlama: Bu rejimde, yağlama filmi çok ince olduğu için yüzeyler arasında doğrudan temas gerçekleşir. Sınır yağlama rejimi, yağlama filmi yetersiz olduğunda veya yüzeylerin düzgünlüğü veya yüzey pürüzlülüğü nedeniyle oluşur. Bu rejimde, sürtünme ve aşınma artar, bu da motor verimini düşürür [4,5].

Motorlarda kullanılan yağlama yağları, segman-silindir çifti arasındaki aşınma ve sürtünme miktarını etkileyen önemli faktörlerdir. Sürtünme katsayısının azalmasına doğrudan etki eden faktörler arasında yağlayıcıların iyi yağlama özellikleri ve viskozitesi bulunmaktadır. Bu nedenle, yağlama yağlarının kalitesi ve uygun viskozite aralığı seçimi önemlidir [6]. Bu sebeple, motorlarda kullanılan yağların doğru seçilmesi ve

kullanım koşullarının belirlenmesi büyük bir öneme sahiptir. Segman-silindir çifti arasında gerçekleşen hidrodinamik yağlama rejimi, malzeme-malzeme temaslarının azaltılmasını sağlayarak sürtünme ve aşınma miktarını azaltmaktadır [7].

Motorlarda kullanılan yağlama yağı ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde; Lin ve ark. [8], Deneysel çalışmada, motor yağı takviyelerinin aşınma mekanizmalarına etkisi incelenmiştir. Çalışma ile yağ katkıları aşınmayı ve sürtünmeye olumlu etkisi olduğunu saptamışlardır. Bu sayede motorun motor performansını iyileştirdiğini belirlemişlerdir. İpek ve ark [9]. Yapılan farklı bir çalışmada ise motor yağlarının katkı maddeleri kullanılarak segman-silindir yüzeyinde aşınma etkilerini deneysel olarak incelenmiştir. Çalışma sonucunda; yüzeyde oluşturulan yağ filmi ile aşınma ve sürtünme kontrol altına alınabilmektedir. Ayrıca yağlarda kullanılan katkılar sürtünme ve aşınma azaltmaktadır. Doğuş, yapmış olduğu çalışmada; fosfor içermeyen sülfür bazlı ve bor içerikli yağlama yağının segman-silindir çifti arasındaki aşınma ve sürtünme özelliklerini araştırmıştır. Deneysel çalışma sonucunda, aşınma önleyici katkı maddesi olarak kullanılabilceği ve sürtünme katsayısını azalttığını saptamıştır [10].

Yapılan bu çalışmada motorlarda en çok sürtünme ve aşınmanın gerçekleştiği düşük devirler ve farklı yükler altında, yağlayıcı olarak 10W40 yarı sentetik yağ ile 0W20 tam sentetik yağlayıcıların kullanılması durumunda segman-silindir çifti arasında gerçekleşen sürtünme ve aşınma miktarları deneysel olarak incelenmiştir.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Deneysel çalışmada, sürtünme katsayısı ve aşınma miktarının tespiti için bir aşınma test cihazı kullanılmıştır. Aşınma cihazı doğrusal hareket etmektedir (Şekil 1). Aşınma cihazında hareketi DC motor sağlamaktadır. Aşınma cihazında farklı devirlerin test edilebilmesi için DC motoru kumanda eden bir sürücü kullanılmıştır.

Segman-silindir çifti arasında meydana gelen sürtünme katsayısı tespiti için 15 kg kapasiteli ve 1 g hassasiyetli yük hücresi kullanılmıştır. Yük hücresinde değerlerin okunabilmesi ve verilerin bilgisayar aktarılması için gösterge ile okunup tüm veriler bilgisayar aktarılmıştır. Bir çevrimde 1000 veri aktarılmış olup verilerin ortalaması alınarak sürtünme katsayısı belirlenmiştir.

Deneyler esnasında çalışma sıcaklığının kontrol edilebilmesi ve her deneyde aynı şartların sağlanabilmesi için ısıtıcı düzeneği ve kontrol ünitesi kullanılmıştır. Bu sayede her deney şartında aynı şartlarda deney yapılarak veriler elde edilmiştir.



Şekil 1. Aşınma cihazı görünüşü

Sürtünme katsayısı tespitinde normal yükün segman numunesi uygulanabilmesi için denge koluna ağırlık asılmıştır. Asılan ağırlıklara göre segman tutucu aparatında 40N, 60N ve 80N yüklerin uygulanması sağlanmıştır. Aşınma ve sürtünme testleri 50, 75 ve 100 d/d çalışma devrinde gerçekleştirilmiştir.

Segman-silindir çifti arasında gerçekleşen sürtünme ve aşınma özelliklerinin incelenmesi için yapılan deneyde her deney aşamasında farklı segman ve gömlek numunesi kullanılmıştır. Deneylerde, yağlama yağının çalışma sıcaklığı 30 °C'de olarak alınmıştır.

Deneylerde, aşınma miktarının belirlenmesi için ağırlık farkı metodu kullanılmıştır. Aşınma miktarı tespitinde 0,0001 g hassasiyetinde bir hassas terazi kullanılmıştır. Her deney düzeneğinden önce ve sonra gömlek ve segman çiftleri etil alkol ile temizlenmiştir. Aşınma miktarı ölçülen değerlerin farkı alınarak hesaplanmıştır.

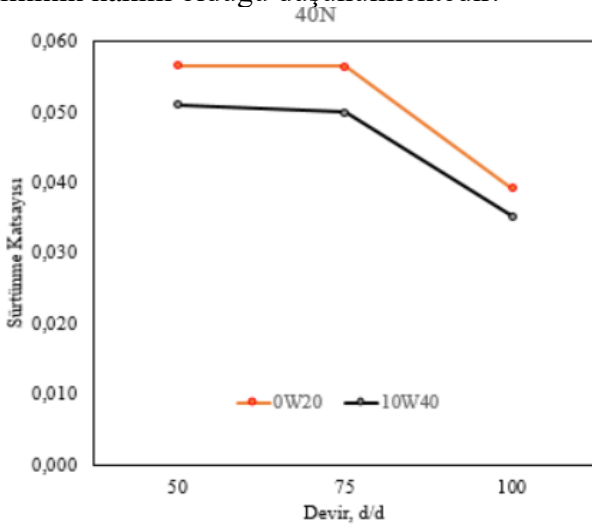
Deneylerde yağlama elemanı olarak 0W20 ve 10W40 yağlayıcılar sırasıyla kullanılmıştır. Yağlayıcılar saatte 0,5 ml damlama yöntemi ile sisteme aktarılmıştır. Deneylerde kullanılan yağlayıcıların özellikleri Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 1. Deneylerde kullanılan yağlayıcıların özellikleri

Özellikler	Standartlar	0W20 Yağ	10W40 Yağ
Kinematik Viskozite 40°C mm ² /s	ASTM D 445	42.22	84.1
100°C mm ² /s		8.08	
Viskozite İndeksi	ASTM D2270	168	156
Yoğunluk 15°C kg/m ³	ASTM D1298	848.9	866
Akma Noktası	ASTM D 97	-42	-42

III. BULGULAR

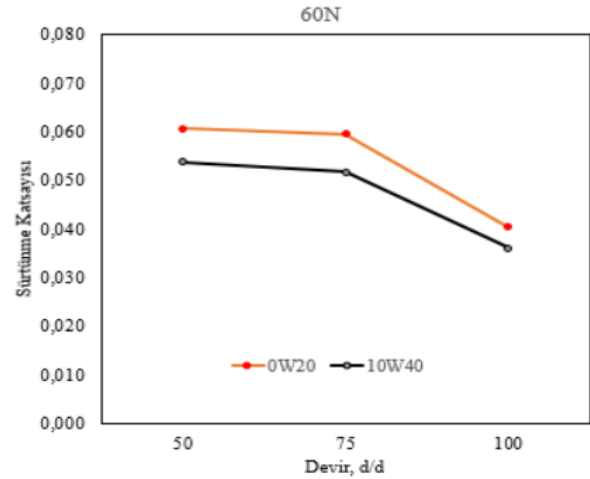
Bu çalışma; farklı yağlayıcıların segman-silindir çifti arasındaki oluşan sürtünme ve aşınma mekanizmalarını etkilerini incelenmiştir. Şekil 2'de 40 N yük altında segman-silindir arasında oluşan sürtünme katsayısı değişimi verilmiştir. Şekil incelendiğinde; 10W40 yağlayıcıda devir artışı ile sürtünme katsayısı azalmaktadır. Maksimum sürtünme katsayısı 50 d/d'da gerçekleşir iken minimum sürtünme katsayısı ise 100 d/d'da elde edilmiştir. 0W20 yağlayıcı da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Devire bağlı olarak sürtünme katsayısının azalmasının nedeni, hıza bağlı olarak teğetsel kuvvetin azalmasıdır. İki yağlayıcıda sürtünme katsayısı karşılaştırıldığında ise en iyi sonuç 10W40 yağlayıcıda elde edilmiştir. Tüm devirler 10W40 yağlayıcı iyi sonuçlar vermiştir. 10W40 yağlayıcının 0W20 yağlayıcıya göre daha iyi sonuç vermesinin nedeni; 10W40 yağlayıcının viskozite değerini daha yüksek olması ve bu nedenle segman-silindir çifti arasında hidrodinamik yağlama rejiminin hakim olduğu düşünülmektedir.



Şekil 2. 0W20 ve 10W40 yağlama yağlarının 40N yük altında sürtünme katsayısının değişimi

Sürtünme katsayıları karşılaştırıldığında; Maksimum sürtünme katsayısı 50d/d'da elde edilmiş olup 0W20 ve 10W40 yağlarında sırasıyla 0,057 ve 0,051'dir. Minimum sürtünme katsayısı ise 100 d/d'de tespit edilmiş 0W20 ve 10W40 yağlayıcılara göre sırasıyla 0,039 ve 0,035'dir.

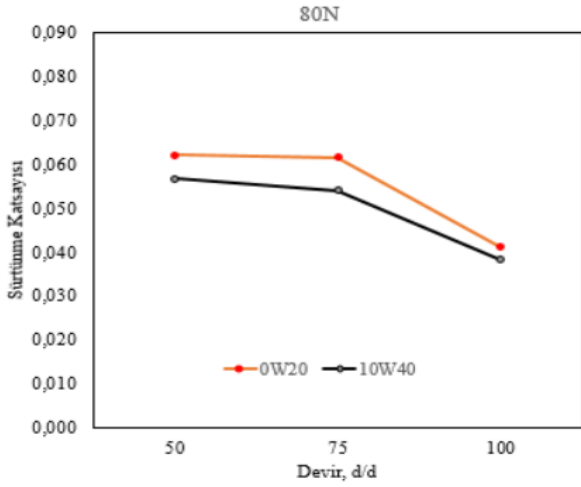
60N yük altında gerçekleşen deneyde silindir-segman çifti arasında oluşan sürtünme katsayısı Şekil 3'te gösterilmiştir. Şekil 3'e göre 0W20 yağlayıcı kullanımında tespit edilen sürtünme katsayısı 10W40 kullanımına göre daha fazla olduğu görülmüştür. Çıkan deney sonuçlarına göre sürtünme katsayısı incelendiğinde 0W20 yağlama yağında sürtünme katsayısının en fazla olduğu değer 50 d/d'da 0,61'dir. Aynı koşullarda 10W40 yağlama yağında ise bu değer 0,054'tür. Sürtünme katsayısının en düşük olduğu durumları incelediğimiz zaman bu değer 100 d/d'da 10W40 yağlama yağında 0,036'dır. Aynı koşullarda ise 0W20 yağında bu değer 0,04'tür.



Şekil 3. 0W20 ve 10W40 yağlama yağlarının 60N yük altında sürtünme katsayısının değişimi

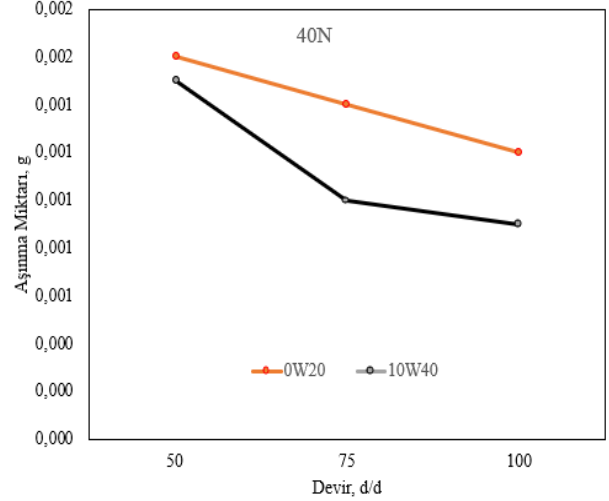
80N yük uygulanan deney düzeneğinde segman-silindir çiftinde meydana gelen sürtünme katsayı değerleri Şekil 4'te gösterilmiştir. Şekilde görülen değerler 0W20 yağlayıcının sürtünme katsayısının 10W40 yağlayıcıya göre tüm devirlerde daha yüksek olduğu görülmektedir. Deney sonucu elde edilen sonuçlara göre sürtünme katsayısının maksimum olduğu durum 0W20 yağlayıcının kullanıldığı 50 d/d'da 0,062 iken eşit koşullarda 10W40 yağlayıcıda elde edilen sürtünme katsayısı değeri 0,057'dir. Sürtünme katsayısının minimum olduğu durum ise 10W40 yağlayıcı ile 100 d/d'da

0,038 iken eşit koşullarda 0W20 yağlayıcı kullanımında 0,041'dir.



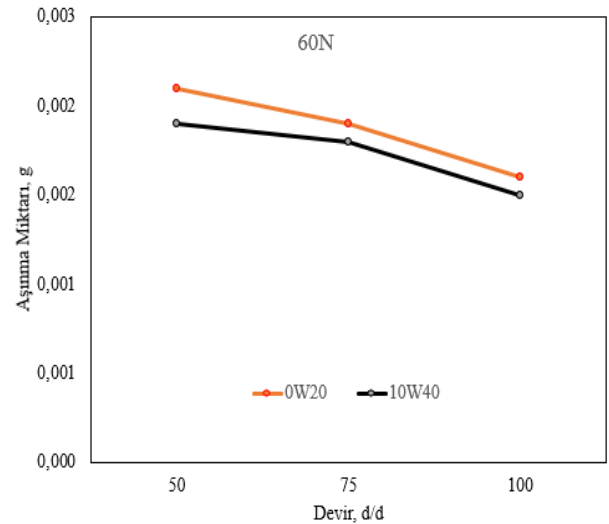
Şekil 4. 0W20 ve 10W40 yağlama yağlarının 80N yük altında sürtünme katsayısının değişimi

Şekil 5’de farklı devir ve yağlayıcıların 40 N yük altında segman aşınma miktarını gösteren grafik verilmiştir. Şekilde segman aşınma miktarları her iki yağlayıcıda da devir arttıkça segman aşınma miktarı azalmaktadır. Segman aşınmasına maksimum aşınma miktarı 50 d/d’da, minimum aşınma miktarı ise 100 d/d’da elde edilmiştir. Farklı yağlayıcılarda oluşan segman aşınma miktarı karşılaştırıldığında en iyi sonuç 10W40 yağlayıcıda elde edilmiştir. Aşınma miktarının maksimum olduğu değer 0W20 yağlayıcıya ait olup 50 d/d’da 0,0016g iken 10W40 yağlayıcısında 0,0015g değerindedir. Aşınma miktarının minimum olduğu durum ise 10W40 yağlayıcısında 50 d/d da 0,0009g’dır. 0W20 yağlayıcıda ise aşınma değeri 0,0012g’dır. Segman aşınma miktarının 10W40 yağlayıcıda daha az olma nedeni; 10W40 yağın viskozite değerinin yüksek olması yük altında segman-silindir çifti arasında hidrodinamik yağlama rejiminin hakim olması ve diğer yağlama rejimleri olan karışık veya sınır yağlama şartlarına geçiş yapmamasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 5. 0W20 ve 10W40 yağlama yağlarının 40N yük altında segman aşınma miktarı değişimi

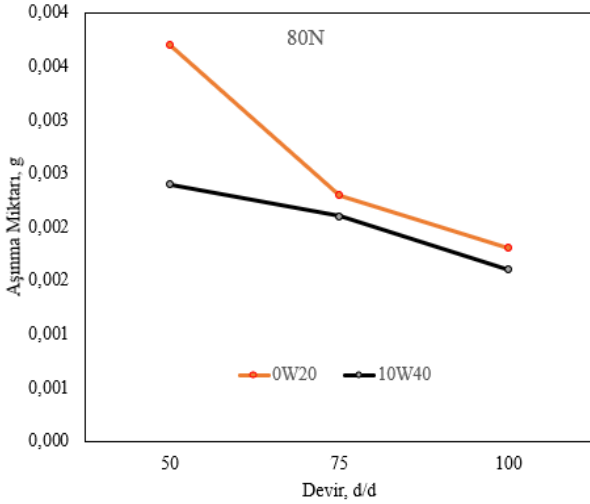
Şekil 6’da farklı devir ve yağlayıcıların 60N yük altında segman aşınma miktarlarını gösteren grafik verilmiştir. Grafik incelendiğinde minimum aşınma miktarı 10W40 yağlayıcıda elde edilmiştir. 0W20’de görülen aşınma miktarı ise 10W40 yağlayıcıdan daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Aşınma miktarının en fazla olduğu değer ise 0W20 yağlayıcısına ait olup 50 d/d’da 0,0021g iken 10W40 yağlayıcısında 0,0015g değerindedir. Aşınma miktarının en az olduğu durum ise 10W40 yağlayıcısında 50 d/d da 0,0015g aşınmıştır. 0W20 yağlayıcıda ise 0,0016g olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 6. 0W20 ve 10W40 yağlama yağlarının 60N yük altında segman aşınma miktarı değişimi

Şekil 7’de farklı devir ve yağlayıcıların 80N yük altında segman aşınma miktarlarını gösteren grafik verilmiştir. Grafikten elde ettiğimiz bilgilere göre aşınma miktarı en az 10W40 yağlayıcı ile birlikte

görülmüştür. 0W20’de görülen aşınma miktarı ise 10W40 yağlayıcıdan daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Aşınma miktarının maksimum olduğu değer 0W20 yağlayıcısına ait olup 50 d/d’da 0,0037g iken 10W40 yağlayıcıda ise 0,0024g değerindedir. Aşınma miktarının minimum olduğu durum ise 10W40 yağlayıcısında 50 d/d’ da 0,0016g’dır. 0W20 yağlayıcıda aşınma miktarı 0,0018g olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 7. 0W20 ve 10W40 yağlama yağlarının 80N yük altında segman aşınma miktarı değişimi

IV. SONUÇLAR

Bu çalışma, farklı yağlayıcıların segman-silindir çifti arasındaki tribolojik özellikler incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar şunlardır:

- Sürtünme katsayısı ve aşınma miktarı hıza bağlı olarak değişmekte olup devir arttıkça aşınma miktarı ve sürtünme katsayısı azalmaktadır.
- Sürtünme katsayısı ve aşınma miktarında minimum değerler 100 d/d’da maksimum değerler ise 50 d/d’de tespit edilmiştir.
- Segman-silindir çifti arasında minimum sürtünme katsayısı 10W40 yağlama yağında elde edilmiştir.
- Segman-silindir çifti arasında minimum aşınma miktarı 10W40 yağlama yağında elde edilmiştir.

Çalışma sonucunda; motorlarda yağlama yağı olarak 10W40 yağlama yağı kullanılması durumunda; azalan sürtünme katsayısı ve aşınma miktarına bağlı olarak parça ömürlerinin uzamasına ve sistem verimlerinin iyileşmelerine neden olacaktır. Ayrıca, 0W20 ve 10W40 motor yağları

farklı çalışma koşullarında farklı avantajlara sahiptir. Daha soğuk hava koşullarında kullanılan 0W20 yağı, düşük viskozitesi sayesinde motorun hızlı bir şekilde yağlanmasına yardımcı olurken, yüksek sıcaklık ve yük altında çalışan uygulamalarda 10W40 yağı daha iyi performans göstermektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu tarafından desteklenmiş ve TÜBİTAK 2209A lisans projeleri kapsamında gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] J. Smith, et al., Friction and Wear Testing of Motor Oils. *Journal of Lubrication Science*, 45(2), 123-135, 2018.
- [2] R. Johnson, Engine Oil Viscosity and Performance: A Review. *Tribology Today*, 56(3), 67-78, 2019.
- [3] J.J. Truhan, J. Qu, P.J. Blau, The effect of lubricating oil condition on the friction and wear of piston ring and cylinder liner materials in a reciprocating bench test. *Wear*, 259(7), 1048–1055, 2005.
- [4] M. Priest, C. Taylor, Automobile engine tribology-approaching the surface. *Wear* 2000; 241: 193–203.
- [5] İ. Cesur, V. Ayhan, A. Parlak, Ö. A. Savaş, Z. Aydın, The Effects of Different Fuels on Wear between Piston Ring and Cylinder. *Adv Mech Eng* 2014; 6:503212. <https://doi.org/10.1155/2014/503212>.
- [6] R. Taylor, Engine friction: The influence of lubricant rheology. *Proc IMechE, Part J: J Engineering Tribology* 1997; 211: 235–246.
- [7] H. Kahraman, İ. Cesur, B. Eren, A. Çoban, Biyodizel Yakıt Kullanan İçten Yanmalı Motorlarda Aşınma-Sürtünme Optimizasyonu ve Tahmini için Taguchi ve Yapay Sinir Ağı Uygulaması, *Politeknik Dergisi* (): 1-1.
- [8] P. Lin, G. Barber, Q. Zou, A.H.Anderson, S.Tung, S., A. Quintana, Friction and wear of low-phosphorus engine oils with additional molybdenum and boron compounds, measured on a reciprocating lubricant tester, *Tribology Transaction*, 51, 659-672., 2008.
- [9] R. İpek, M. Erdoğan, Motor Yağı Takviyelerinin, Aşınma Mekanizmalarına Etkisinin Deneysel Araştırılması, *Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimler Dergisi*, 12, 2006.
- [10] Ö. Doğuş, Motor yağları katkı maddelerinin segman-silindir yüzeylerinin aşınmalarına etkilerinin deneysel olarak incelenmesi, *Doktora tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2016,