



**Makale  
(Article)**

## Dizel Yakıtların Ya layıcılık Özelliklerinin Belirlenme Yöntemleri

Esra Önem <sup>a</sup> , Perihan Sekmen <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Makina E itimi Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük Üniversitesi, 78050, Karabük, Türkiye

<sup>b</sup> Makina E itimi Bölümü, Teknik E itim Fakültesi, Karabük Üniversitesi, 78050, Karabük, Türkiye  
psekmen@karabuk.edu.tr

### Özet

Yakıttaki kükürt oranının azaltılması egzoz emisyonları açısından istenilen hedefleri sağlamı , ancak bu azalı yakıt tarafından ya lanan enjeksiyon pompasının hareketli parçaları ve enjektörlerde ya lama problemlerini ve motor performansının dü mesi gibi olumsuz sonuçları ortaya çıkarmı tır. Bu duruma yeni enjeksiyon sistemlerinin yüksek basınç artlarında çalı ması da eklenince çevre dost u katkı maddeleri konusunda yo un ara tirmalar ba lamı tır. Bu çalı mada, yakıtların ya layıcılık özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler ve dizel yakıtının ya layıcılık özelli ini geli tirmek için önerilen yöntemlerden biyodizel ilavesi ile ilgili çalı malar ara tırılmı tır. Ara tirmalar, kükürt içermeyen, zehirleyici olmayan, bozunabilir, oksijen içerikli ve yenilenebilir biyodizelin mükemmel ya layıcılık özelli i sa ladı nı bildirmektedir. .

**Anahtar Kelimeler:** Dizel yakıtı; Biyodizel; Ya layıcılık; HFRR.

## The Method Of Determination Of Diesel Fuels Lubrication Properties

### Abstract

The reduction of sulphur rates in fuel has provided expected goals in the view of exhaust emissions but this reduction has lead to negative results such as lubrication problems of engine apparatuses which are lubricated by fuel and so decrease of engine performance. In this study, the method of determination of lubrication properties of diesel fuel were investigated and The researches has shown that biodiesel ,not c ontaining sulphur, nontoxic, biodegradable and renewable and containing oxygen, provides a perfect lubrication for the engines.

**Keywords :** Diesel fuel; Biodiesel, Lubricity, HFRR .

## 1. G R

Modern bir dizel motorun yakıt enjeksiyon sistemi çok yüksek basınçlarda çalı maktadır. Bu yeni teknoloji geleneksel motorun enjeksiyon sistemini ya layan yakıttan daha iyi ya layıcılık özelli ine sahip yakıt gereksinimini do urmu tur [1]. 1993 yılından önce 5000 ppm düzeyinde olan dizel yakıttaki kükürt oranı, çevreci gerekçeler do rultusunda 500 ppm'in altına dü ürülmesi Amerikan Çevre Koruma Örgütü (EPA) tarafından mecburi hale getirilmi tır. Petrol rafinerilerinin kullandıkları ileri teknoloji il e bu de er daha da azaltılarak 1 Haziran 2006'dan itibaren 15 ppm düzeyine indirilmi ve yakın zamanda da 10 ppm de erine indirilmesi hedeflenmi tir [2].

Yakıttaki kükürt oranının azaltılması egzoz emisyonları açısından istenilen hedefleri sa lamı , ancak bu azalı yakıt tarafından ya lanan enjeksiyon pompasının hareketli parçaları ve enjektörlerde ya lama problemlerini ve motor performansının dü mesi gibi olumsuz sonuçları ortaya çıkarmı tır. Bu duruma yeni enjeksiyon sistemlerinin yüksek basınç artlarında çalı ması da eklenince çevre dost u katkı maddeleri konusunda yo un ara tirmalar ba lamı tır [2,3,4,5,6,7]. Ara tirmalar, biyodizelin motorlar için

[Bu makaleye atf yapmak için](#)

Önem E., Sekmen P., "Dizel Yakıtların Ya layıcılık Özelliklerinin Belirlenme Yöntemleri " Ta it Teknolojileri Elektronik Dergisi 2009, 1(2) 1-8

[How to cite this article](#)

Önem E., Sekmen P., "The Method of Determination of Diesel Fuels Lubrication Properties " Electronic Journal of Vehicle Technologies, 2009, 1 (2) 1-8

mükemmel ya layıcılık özelli i sa ladı nı, dizel yakıtta karı tırılan biyodizelin %1 -2 oranlarındaki karı mlarında ya layıcılık özelli inde %60'a varan iyile tirmeler oldu unu ortaya koymaktadır [2,7].

Motorinin ya layıcılık özelli indeki sorun sadece kükürt azalmasından kaynaklanmamakta; aynı zamanda sıcaklıktan kaynaklanan viskozitedeki azalmadan dolayı da yakıt pompasının ya lanması istenilen biçimde yapılamamaktadır. Özellikle sıcak havalarda motorin incelmekte, dolayısıyla viskozitesi azalmakta ve pompada istenilen ya lama yapılamamaktadır. Dizel yakıtların önemli özellikleri; setan sayısı, viskozite, parlama noktası, so uk akı özellikleri, kararlılık ve ya layıcılık olarak belirtilebilir. Bu özelliklerin içerisinde ya layıcılı ın tanımlanması di er özelliklere göre daha zordur. Son yıllarda dizel motorlar ve yakıt sistemlerindeki geli melere ba lı olarak yakıtın ya layıcılı ı daha da önem kazanmı tır. Biyodizelin önemli bir üstünlü ü olan ya layıcılık teriminin standart bir tanımı yoktur. Bazı kaynaklar; ya lamaı “hareketli parçaların temas yüzeyleri arasındaki a nımayı azaltmak” bazıları ise “ katı yüzeyler arasındaki sürtünmeyi azaltma kabiliyeti” olarak açıklamaktadırlar. Motor teknolojisinde ise ya lama; “sürtünmeden kaynaklanan motor a nımasını azaltma kapasitesi ” olarak ifade edilmektedir [3].

Motorda a nıma etkisindeki parçalar; enjeksiyon pompası , di liler, yataklar, supaplar, segmanlar ve gömlekler olarak sıralanabilir. Bunlar arasında enjeksiyon pompası motor ya lama ya ı tarafından de il do rudan yakıt tarafından ya landı ndan di erlerinden yakıtın ya layıcılı ına daha fazla ihtiyaç duymaktadır. Dizel motorlarda yakıtın püskürtülmesi, yakıt pompasının birkaç milisaniyelik çalı ma süresinde olmaktadır. Bununla beraber bu kısa zaman aralı nda pompanın yakıt basıncını sisteme göre 900-1400 bar'a kadar yükseltmesi, yakıt miktarını ayarlaması ve ge lecek stroklara hazırlanması gerekmektedir. Dizel motorun kalbi sayılan yakıt pompasının imalatı ileri bir teknoloji gerektirmekte ve çalı ma anında en uygun i letme artlarının sa lanması gerekmektedir ki; pompanın yakıtla ya lanması bu noktada önem kazanmaktadır.

2010 yılında AB'de kükürt oranınının 10 ppm'in altına (ULSD: Ultra Low Sulfur Density) dü ürlmesi için yapılan düzenlemeler, dizel yakıtının ya layıcılık özelli inin çevreye zarar vermeyecek katkılarla artırılması için ara tırmalar hızlandırılmı tır. Ya lama performansının ortaya çıkarılması için birçok yöntem kullanılmaktadır. Bunlar; ta it testi, yakıt enjeksiyon malzeme tezgah testi ve laboratuvar testleridir. İlk iki yöntem çok uzun çalı ma zamanı gerektirdi inden ve laboratuvar testlerinin daha güvenilir olmasından ötürü yaygın olarak SLBOCLE (Scuffing Load Ball On Cylinder Lubricity Evaluator) ve HFRR (High Frequency Reciprocating Rig) yöntemleri kullanılmaktadır [2,7,8,9,10]. Bunların haricinde MROCLE (Munson Roller On Cylinder Lubricity Evalu ator) ve SRV (Optimal Reciprocating Rig) ve BOTD (Ball-on-Three Disks) yöntemleri de kullanılmaktadır [2,7,8,9].

Motor imalatçıları bu yöntemler arasında HFRR yöntemi ni, ya lama açısından daha iyi bir gösterge olması dolayısıyla daha çok tercih etmekte diler [11]. Ya layıcılık analizinde kullanılan SLBOCLE (ASTM D 6078-99) ve HFRR (ASTM D 6079-99) test i lemleri 15 ppm kükürt oranlı yakıtların 500 ppm kükürtlü yakıtlara oranla ya layıcılık özelli inde önemli oranda azalma oldu unu ortaya koymu lardır [9,10,12,13,14]. Dizel yakıttaki kükürdün 10 ppm 'e kadar dü ürlmesi ve yüksek basınçla çalı an yeni yakıt enjeksiyon sistemlerinde ya lama problemine çözüm olarak biyodizel kullanımı önemli bir alternatiftir. Ayrıca, bazı ara tırmacılar yakıtın ya lama kabili yetinin yakıtın viskozitesi ile ili kili oldu una inanırken, bazı ara tırmacılar ise bu durumun yakıtın kükürt, oksijen ve azot içeri i ile ilgili oldu unu savunmaktadırlar [2]. Bu çalı mada, yakıtların ya layıcılık özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler ve dizel yakıtının ya layıcılık özelli ini geli tirmek için önerilen yöntemlerden biyodizel ilavesi ile ilgili çalı malar ara tırlmı tır. Ara tırmalar, kükürt içermeyen, zehirleyici olmayan, bozunabilir, oksijen içerikli ve yenilenebilir biyodizelin mükemmel ya layıcılık özelli i sa ladı nı bildirmektedir.

## 2. YA LAYICILIK ÖZELL N BEL RLEME YÖNTEMLER

Dizel yakıtların ya lama kabiliyetlerinin de erlendirmesinde üç farklı yöntem kullanılmaktadır. Bunlar; araç testi, yakıt enjeksiyon malzemesi (enjektör) test tezgah testi, laboratuvar testidir. Bu testler arasında en verimli çalı ılan, en az süre gerektiren, en güvenilir sonuçları veren ve maliyeti di erlerine oranla oldukça dü ük olan test yöntemi laboratuvar testi olup bu sıralanan avantajlarından dolayı en çok kullanılan test yöntemidir.

### 2.1. Ta ıt Testi

Dizel yakıtların ya layıcılıklarını ölçmede kullanılan bu yöntemde test ta ıtının yol artlarında 500-1000 saat gibi uzun bir sürede çalı tırılması gerekmektedir. Sonuçları elde etmek ve de erlendirmek için iki yıl kadar bir süreye ihtiyaç duyuldu unu ancak, ta ıt testi için bu sürenin yeterli olamayaca ı ileri sürülmektedir [2].

### 2.2. Yakıt Enjeksiyon Malzeme (Enjektör) Tezgah Testi

Yakıt enjeksiyon malzeme (enjektör) tezgah testinde , ta ıt testinde oldu u gibi i lemleri dikkatle izlemek için gerekli süre 500-1000 saat kadardır. Bu yöntemde ta ıt testine nazaran sonuçlara daha kısa sürede (1-3 ay) ula ılabilmektedir [15].

### 2.3. Laboratuvar Testi

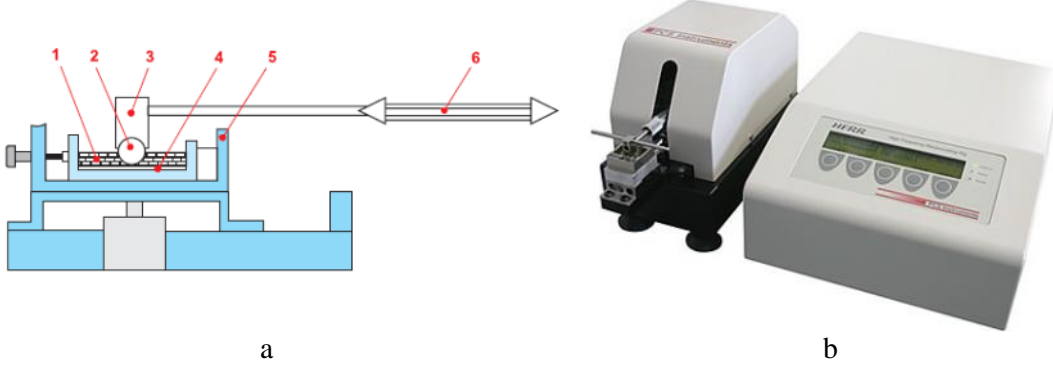
Laboratuvar ortamında gerçekte tirilen ve en sa lıklı sonuçları veren bu test yönteminde ise gereken zaman bir haftadan daha azdır. Dizel yakıtların ya layıcılıklarına getirilen sınırlama daha önceleri dizel yakıt ya ları için kullanılan ASTM D 975 (standard specifications for diesel fuel oils) standardı ile belirlenirken [16], Wielligh ve arkadaş ları (2002), dizel yakıtın ya layıcılı mın yeni bir standartla belirlenmesi gereklili ini belirtmi lerdir [8]. Ara tırmacıların birçok veriyi daha hızlı, çok daha dü ük maliyetli ve temiz çalı ma ko ullarında daha az emek harcayarak elde etmelerine imkan veren M-ROCLE, SLBOCLE, HFRR, SRV ve BOTD gibi birçok laboratuvar test yöntemi, dizel yakıtların ya layıcılı mını ölçme imkanı sa lamaktadır.

Munson ve Hetz (1999), standartların arasından hangisinin en iyi oldu unu seçen petrol sanayisinin farklı fikirler belirtti ini ifade etmi tir. Avrupa'da bazı motor imalatçılarını kendilerince en iyi yakıtın ya layıcılık kapasitesini belirleyen test yöntemini seçmi lerdir. Örne in Cummins motor irketi SLBOCLE test yönteminde ASTM D 6078 standardına göre 3100g yük de erinin ya layıcılık için uygun bir de er oldu unu, 2800g'ın da kabul edilebilir oldu un u açıklama larıdır [17]. HFRR test yönteminde ise ASTM D 6079 standardına göre a ınma izi çapının (WSD: Wear Scar Diameter) 25°C'de 380µm veya 60°C'de 450µm'den az olmasının yeterli derecede ya layıcılık özelli ini gösterdi ini kabul etmi lerdir [2]. Daha sonraları HFRR test yöntemi, dünyanın her yerinde tercih edilen test yöntemi olarak kabul edilmi tir [8].

#### 2.3.1. HFRR (High Frequency Reciprocating Rig) Yöntemi

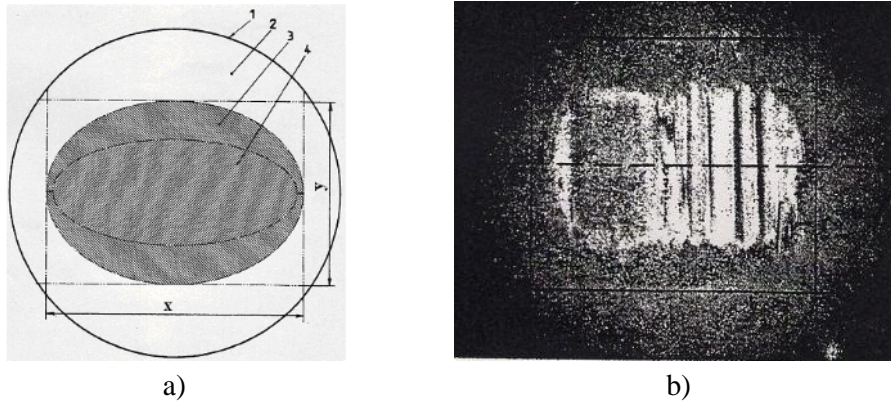
Bu yöntem, ya layıcılık özelli ini geli tirici katkı maddelerini ihtiva edenler dahil, dizel yakıtların ya layıcılık özelliklerinin de erlendirilmesi için; yüksek frekanslı ileri-geri hareket düzene inin kullanıldı ı bir deney metodudur. Bir akı kanın, bu akı kan içine daldırılmı sabit bir levha üzerinde, iyi kontrol edilebilen artlarda periyodik olarak gidip gelen bir bilye yüzeyinde, a ınmadan dolayı ortaya çıkan izlerin ölçülerek ya layıcılık özelli inin tayin eildi i bir sistemdir. Test edilecek akı kan numunesi, belirlenen deney sıcaklı ında sabit tutulan bir deney haznesine konulur. Çelik bir bilye, dü ey konumdaki bir kavrama a zına hareket etmeyecek ekilde yerle tirilir ve yük uygulanarak yatay konumda

sabitlenmiş bir çelik levhaya bastırılır. Temas yüzeyi akı kanın içine tamamen daldırılmış durumda iken, bilye ve levhanın metalürjik özellikleri, sıcaklık ve uygulanan yük belirlenerek, deney bilyesi sabit frekansta (50Hz), sabit bir mesafe (1mm) boyunca ileri-geri hareket ettirilir. Deney bilyesi üzerinde meydana gelen aınma izi çapı, deney esnasındaki ortam artları kullanılarak, bir seri standart artlar için düzeltilir. Düzeltilmiş aınma izi çapı, dizel yakıtın ya layıcılık kabiliyeti için bir ölçüdür. HFRR cihazınınematik ve genel görünümü ekil 1'de verilmiştir.



**ekil 1.** HFRR test cihazının a) ematik (1. Yakıt banyosu, 2. Deney bilyesi, 3. Uygulanan yük, 4. Deney levhası, 5. Isıtma banyosu, 6. Gidi geli hareket yönü). b) genel görünümü [18].

HRFF test yönteminde ölçüm, bir pens kullanılarak, deney bilyesi kavrama a zına yerleştirilir. Ortam sıcaklık ve nem de erleri ölçülür ve uygun de erlere getirilir. 2 mL dizel yakıt numunesi hazneye aktarılır. Bilyenin ba lı olduğu levhaya 200 g'lık bir kütle asılır. Deney sıcaklığı, gidi geli mesafesi, titre im frekansı ayarları yapıldıktan sonra deney ba latılır. Deney yaklaşık 75 dakika kadar bir sürede sonuçlanır. Lem bittikten sonra deney bilyesi tutucusundan çıkarılmadan mikroskop altında incelenerek aınma izi çapı ölçülür. Deney bilyesi büyütme oranı 100'e ayarlanmış mikroskoba yerleştirilir. Mikroskop odaklanır ve deney bilyesi, aınma izi görü alanının merkezine gelecek şekilde hareket ettirilir. Aınma izinin kenarları net bir şekilde görülünceye kadar ık ayarı yapılır. Aınma izinin çapı, x ve y yönlerinde 1 µm yakınlıkla ölçülür ( ekil 2). Okuma verileri kaydedilerek x ve y yönlerinde ölçülen aınma izi çapları arasındaki fark (x-y), (+100) ile (-30) µm sınırlarının dışında ise, iz sınırlarının do ru tespit edilip edilmedi i kontrol edilmelidir.

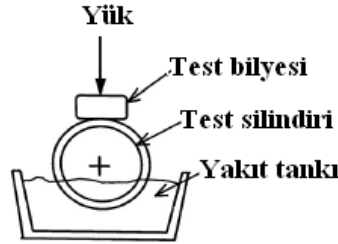


**ekil 2.** Deney bilyesinin deneyden sonraki a) ematik b) gerçek görünümü (1. Deney bilyesi, 2. Aınmamı alan, 3. Daha az aınma alan, 4. Aınma alan) [18].

### 2.3.2 SL-BOCLE (Scuffing Load Ball On Cylinder Lubricity Evaluator)

Dizel yakıtların ya layıcılık kabiliyetlerini ölçmede kullanılan bu yöntemde; bir kısmı test edilecek olan yakıtı batırılarak döner bir silindire sürtünme izi görülünceye kadar bir çelik top aracılığıyla yük

uygulanır. Özellikle 12,7 mm çapındaki çelik top döndürülen silindire yerle tirilir. Her ba arılı testten sonra top yeni bir tanesiyle de i tirilir ve özel bir sürtünme kuvveti a ılıncaya kadar yük artırılarak uygulanır. Belirlenen bu sürtünme kuvveti a ınmayı olu turacak düzeyde oldu unda daha devam edilmez ve uygulanan yük gram cinsinden de erlendirilir. E er uygulanan yük 3100 g'dan az ise yakıtın ya layıcılı mın iyi olmadığı na karar verilir. ASTM tarafından belirlenen 3100g de eri yakıt pompası v e enjektörlere zarar vermeyecek yakıt ya layıcılık kabiliyetini sa lamakta olup SL-BOCLE cihazının çalı ma prensibi ve genel görünümü ekil 3'te verilmi tir [2].



a)

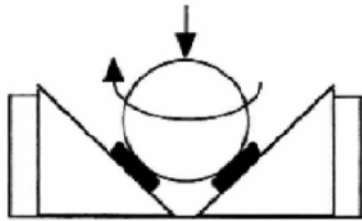
b)

ekil 3. SL-BOCLE cihazının a) çalı ma prensibi ve b) genel görünümü [19].

Test uygulaması için 50 mL yakıt örne i bir depoya yerle tirilir ve sıcaklı mın 25 °C olması sa lanır. 500 g'lık bir kütle silindire basturacak olan çelik bilyeye ba lı olan kola yerle tirilir. Silindir kısmen yakıtın içine daldırılarak 525 1/min hız ile döndürülür. İlk önce top ile silindir 60s kadar temasta tutulur ve sürtünme katsayısı hesaplanır. Test sonunda belirlenen sürtünme katsayısına gelindi inde ne kadar yük uygulandı ı belirlenir. Ne kadar çok yük uygulanırsa yakıtın ya lama kabiliyetinin o kadar iy i oldu u anla ılır.

### 2.3.3 BOTD (Ball on Three Disks)

Bu yöntemde; bir havuz olu turacak biçimde 1/4 inch çapındaki üç disk bir tabana yerle tirilir. Olu turulan bu havuza 35 mL yakıt numunesi dökülerek disklerin üzeri örtülür. 1/2 inch çapındaki seramik bir top üç disk ile olu turulan havuza yerle tirilerek üç noktaya da temas edecek biçimde bastırılır Topa uygulanan yük 2,5 kg (24,5N)'dır ve 45 dakika kadar bir süre 60 1/min hız ile döndürülmektedir. Ya layıcılık kapasitesi belirleme yöntemi, ortalama a ınma izi çapı ölçümü, HFRR test yöntemine çok benzer bir yöntemle yapılır; de erlendirilmesi de yine bu yöntem için geçerli olan 450 µm üst sınır de erle kıyaslanarak gerçekleştirilir [10]. BOTD cihazının çalı ma prensibi ve genel görünümü ekil 4'te verilmi tir.



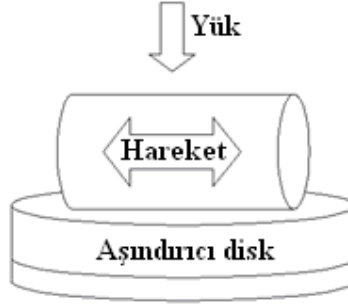
a)

b)

ekil 4. BOTD cihazının a) çalı ma prensibi b) genel görünümü [20].

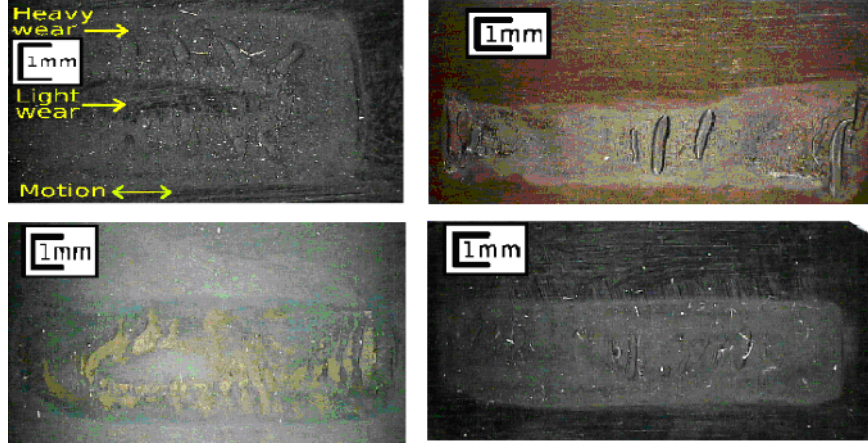
### 2.3.4 SRV (Optimal Reciprocating Rig)

Yakıtla ya lanmakta olan enjektörlerin 110°C gibi yüksek bir sıcaklıkta çalışması ve enjektör i nesinin yukarı-a aşağı hareket ettirilmesi göz önünde bulundurularak SRV yakıt ya lama kapasitesi ölçme sistemi imal edilmiştir. Bu sistemde, 25 mm çapında bir disk ve üzerinde kayıyor olan merkezi kaçık 15 mm'lik bir çelik silindir bulunmaktadır. Silindirin yük artırılması ayarlanabilir, frekansı ve sürtünme hareketinin kurs boyu değiştirilebilir şekilde tasarlanmıştır. Silindir uzunluğu 22 mm, silindir çapı 10-15 mm arasındadır. Disk kalınlığı 6 mm, disk çapı 25 mm'dir. Uygulanan yük 200 N, kurs uzunluğu 2,5 mm, ortalama temas basıncı 1,8 MPa, sıcaklık 26-110°C, test süresi 30 dakika, ortalama sürtünme hızı 0,20 m/s ve salınım frekansı 40 Hz'dir. SRV cihazının çalışması prensibi şekilde verilmiştir.



ekil 5. SRV çalışması prensibi [11].

Disk ve silindirin temas eden yüzeylerine dizel yakıtı damlatılarak yağlayıcılık ölçülür. Disk ve silindirde meydana gelen sürtünme sonuçlarının tork olarak değerleri ölçülür. Bu tork değerlerinden sürtünme katsayısı bir bilgisayar yardımı ile hesaplanmaktadır. SRV cihazında indirilmiş silindir örnekleri ekil 6'da görülmektedir.



ekil 6. SRV cihazında indirilmiş silindir örnekleri [8].

Laboratuvar test yöntemleri, sayılan bunca avantajından ötürü en çok kullanılan test yöntemidir. Yakıtların yağlayıcılık özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler sıcaklık, numune miktarı ve uygulanan yük, nem ortamı ve test süresi artları Tablo 1'de özetlenmektedir.

**Tablo 1.** Laboratuvar test yöntemlerinin bazı deney parametreleri

Yöntem	Sıcaklık (°C)	Numune miktarı (mL)	Uygulanan yük (g)	Nem oranı (%)	Test süresi (min)
HFRR	60	2	200	>30	75
SLBOCLE	25	50	500-5000	50	<60
BOTD	24	35	2500	40	45
SRV	26-110	--	200	--	30



Laboratuar testlerinin de birbirlerine göre üstünlükleri bulunmaktadır. HFRR test yönteminde 2 mL gibi oldukça küçük de erlerde yakıt numunesi kullanılmakta, 200g gibi az bir kütle ile test yapılabilmekte ve test süresi 75 dakika sürmektedir. En güvenilir sonucu veren HFRR yönteminden sonra en çok kullanılan yöntem olan SLBOCLE yönteminde sıcaklık yükselmekte ve kısa sürede deneyler biterken uygulanan yük di er yöntemlere oranla oldukça fazla olup HFRR yöntemine göre hassas bir ölçüm yapılamamaktadır. Yakıtla ya lanmakta olan enjektörlerin 110°C gibi yüksek bir sıcaklıkta çalı tı ı ve enjektör i nesinin yukarı-a a ı hareket etti i göz önünde bulundurularak imal edilmi SRV test yönteminde çalı ma artlarına yakınlık özelli i ile di erler yöntemlerden öne çıkmaktadır.

### 3. SONUÇLAR

Bu çalı mada, yakıtların ya layıcılık özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler ara tırlımı ve a a ıdaki sonuçlar elde edilmi tir.

- Dizel yakıtların ya layıcılık özelliklerinin belirlenmesinde üç farklı yöntem kullanılmaktadır. Bunlar; araç testi, yakıt enjeksiyon malzemesi (enjektör) tezgah testi ve Laboratuar testleridir.
- Ya layıcılık özelli inin belirlenmesinde kullanılan yöntemler içinde laboratuar testleri, kısa sürede daha güvenilir ve dü ük maliyetli olması nedeniyle kullanılmaktadır. Ayrıca, laboratuar testleri arasında HFRR yöntemi, ya lama açısından daha iyi bir gösterge olması nedeniyle daha çok tercih edilmektedir.
- Yakıtlarda kükürt azalmasının ya layıcılı ı da azalttı ı, bitkisel ya lar kullanılarak bu durumun telafi edilebilece i, biyodizelin kendisinin de yakıt olması sebebiyle ya layıcılık artırma performansını tutarlı bir ekilde geli tirilebilece i sonuc una varılmı tir.

### 4. KAYNAKLAR

1. Mitchell, K., “Diesel fuel lubricity – base fuel effects”, SAE Technical, 2001-01-1928, May, 2001.
2. Schumacher, L., Gerpen, JV., and Adams, B., “Diesel fuel injection pump durability test with low level biodiesel blends”, American Society of Agricultural Engineers, 036.036, 2003.
3. Ö üt H., “Biyodizelin ya layıcılık özelli i”, Biyoyakıt dünyası, 1306 -9373, Aralık 2006.
4. Barbour R., Rickeard D., Elliott N. “Understanding diesel lubricity”, SAE Technical, 2000 -01-1918, June, 2000.
5. Karonis, D., Anastopoulos G., Lois E., Stournas F., Zannikos F., Serdaro. A., “Assessment of the lubricity of Greek Road Diesel and the effect of the addition of specific types of biodiesel”, SAE Technical, 1999-01-1471, May, 1999.
6. LePera, M., “Low-sulfur and diesel fuel lubricity – The continuing saga, Published in Defense Energy Support Center’s Fuel\_Line Magazine, 4, 18-19, 2000.
7. Knothe G. and Steidley KR., “Lubricity of Components of Biodiesel and Petrodiesel The Origin of Biodiesel Lubricity”, Energy & Fuels, 19, 1192-1200, 2005.
8. Mofidi M., Simmons G.F. ve Prakash B., “Friction and Wear Characteristics of Elastomers in Lubricated Contact With Various Eals”, Lulea University of Technology, 114 -31, 2008.
9. Hughes JM., Mushrush GW. and Hardy DR., “Lubricity -Enhancing Properties of Soy Oil When Used as a Blending Stock for Middle Distillate Fuels”, Ind. Eng. Chem. Res. 41, 1386-1388, 2002.
10. Bhatnagar AK., Kaul S., Chhibber VK., and Gupta AK., “HFRR Studies on Methyl Esters of Nonedible Vegetable Oils”, Energy & Fuels, 20, 1341-1344, 2006.
11. Wielligh, A, Burger, N and Wilcocks, T., “Diesel engine failure due to fuel with insufficient lubricity”, Dept. of Mechanical and Aeronautical Engineering. University of Pretoria, 2002.

12. Anastopoulos G., Lois E., Serdari A., Zanicos F., Stournas S. and Kalligeros S. "Lubrication Properties of Low-Sulfur Diesel Fuels in the Presence of Specific Types of Fatty Acid Derivatives", *Energy & Fuels*, 15, 106-112, 2001.
13. Gerpen JHV., Soyulu ., Chang DYZ.," Evaluation of the Lubricity of Soybean Oil-based Additives in Diesel Fuel", Mechanical Engineering Department, February 25, 1998.
14. Knothe G., Sharp C.A. and. Ryan T.W, "Exhaust Emissions of Biodiesel, Petrodiesel, Neat Methyl Esters, and Alkanes in a New Technology Engine", *Energy & Fuels* 20, 403-408, 2006.
15. Chevron U.S.A. Inc. Diesel Fuel Technical Review. (FTR -2). San Francisco, CA: Author. 1998.
16. Sharma B.K., Perez J.M., and Erhan S.Z. "Soybean Oil-Based Lubricants: A Search for Synergistic Antioxidants" *Energy & Fuels* 2007, 21, 2408-2414
17. Munson J. and P. Hetz. "Seasonal diesel fuel and fuel additive lubricity survey using the "Munson ROCLE" bench test", Saskatchewan Canola Development Commission, 1999 -01-3588 October, 1999.
18. Standard Test Metodu "Dizel yakıtlar-yüksek frekanslı ileri-geri hareket düzene i (YF D). TS ENISO 121 56-1, 2000.
19. <http://www.uiweb.uidaho.edu/bioenergy/biodieseIED/workshop0904/Schumacher.pdf>
20. <http://www.aet.ca/index.php?section=54>