

## MOTOR YAĞI ANALİZ YÖNTEMİ İLE MOTOR YAĞI KULLANIM SÜRELERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

Tamer CEBECİ<sup>1</sup>, Mustafa ORHAN<sup>2</sup>

Accepted: 2022-07-19  
DOI: 10.47118/somatbd.1106365

### ÖZET

Yağ analiz yöntemi, yağlama yağları, hidrolik yağlar ve greslerdeki aşınma parçacıklarını inceleyen koruyucu bir bakım tekniğidir. Bu yöntem, yağ özelliklerinin sürekli incelenmesi, aşınma parçacıklarının miktarını, cinsini ve aynı zamanda aşınmanın tipini belirlemede kullanılır. Bu yöntem bir makinenin veya motorun yağlanan elemanlarının durumu hakkında önemli bilgiler sağlayabilir. Yağların numune alınarak sürekli olarak özelliklerinin incelenmesi ve analizi sayesinde, kullanım ömürleri arttırılabilir. Toz girişi, yağa su veya yakıt karışması gibi çok ciddi problemler teşhis edilebilir.

Bu çalışmada, Soma ELİ'nde kullanılan kamyon motor yağları incelenmiş ve motor yağlarının kullanım zamanıyla kimyasal ve fiziksel değişimleri gözlemlenmiştir. Standartlara uygun olarak alınan yağ numuneleri analiz cihazlarında incelenmiştir. Aşınmalar nedeniyle yağ içerisinde oluşan farklı element miktarları ve yağ özellikleri kontrol edilerek, olası arıza hakkında karar verilmektedir. Bu yöntemle motorların yağ kullanım süresi uzamış ve işletme verimliliği artışı sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yağ analizi, aşınma, yağ kullanım süresi

## IMPROVEMENT OF MOTOR OIL USE TIME by MACHINE OIL AND ANALYSIS METHOD

### ABSTRACT

Wear particles analyses method is a predictive technique investigating wear particles from lubricant oils, hydraulic oils and greases. This method is used not only to determine the size, shape, and type of wear particles, but also the type of wear. Using this method can provide important information about the condition of a machine's or engine's lubricated components. Serious problems such as dust entrance, mixing of water or fuel may also be determined.

In this study, work machines used in Soma ELİ were investigated and breakdowns in them were predicted. Oil samples were filtered as suitable standards. Probable breakdowns have been determined controlling border values of obtained particules quantity (PQ). This filter paper were investigated using a microscope and observed particules were compared with wear atlas. Wear particles analyses method was established and the role of particles in wear was investigated. With the use of this method, the working life of engine's has increased and a better was plant performance was obtained.

**Key Words:** Oil analyses, wear, oil life.

<sup>1</sup> Öğr., Gör., MCBÜ Soma Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, tamer.cebeci@cbu.edu.tr

<sup>2</sup> Öğr., Gör., MCBÜ Soma Meslek Yüksekokulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, mustafa.orhan@cbu.edu.tr

## 1. GİRİŞ

Makinelerde kullanılan yağların analiz edilmesi, arızanın önceden belirlenmesi, tamir ve işletme masraflarının azaltılması ve verimli çalışma için önemli bir koruyucu bakım uygulamasıdır. Özellikle makinenin çalışan parçalarının verimini ve aşınmasını etkileyen yağ numunelerini düzenli aralıklarla incelemek önerilmektedir. Bu yöntemde tek bir yağ numunesi bile, aşırı toz varlığı, yağa su veya yakıt karışması gibi çok ciddi ve belirgin problemleri teşhis edebilir. Yağ analizi ile bir metalin konsantrasyonlarının arttığını tespit edilirse artışa en fazla neden olabilecek parça da belirlenebilir. Örneğin, motor yağ numunesinde bakır ve demir değerlerinin aniden yükselmesi, yağın bozulması veya kirlenmesi sonucu piston, silindir yüzeyleri veya ana yataklarda kullanılan burç yüzeylerinde bir aşınma olabileceğini gösterebilmektedir. Yağ analizi aşınma elementlerini tespit ettiği gibi kirlenmeyi de tespit edebilmektedir. Viskozite, TBN gibi yağlayıcılık özelliklerinin durumunun belirlenmesinin yanında kurum, oksidasyon, nitrasyon ve sülfür oranı, su, yakıt ve antifriz karışması da belirlenmektedir. [1-3].

Motor yağları hidrolik yağlardan farklı olarak yüksek sıcaklık altında çalışırlar ve yakıttaki kükürt nedeniyle kurumlaşma oluşur. Yakıttaki kükürt oranı arttıkça, ayrıca motorda aşınmalar fazlaştıkça kurumlaşma artar ve yağ daha erken değiştirilir. Yurt dışında 500 saat olarak verilen süre Türkiye'de (Eurodizel uygulaması öncesi) 250 saat olarak uygulanmaktadır. Kirliliğin (havadan gelen silisyum ve aşınma metalleri) bu kurum ile karışması sonucu yataklarda zımpara gibi aşındırmayı artırır. Oluşan kurum yağ viskozitesini de artırdığından yağ daha fazla ısınır ve özellikleri daha erken bozulur. Motorlarda kullanılan OEM filtreler ince kurumu tutamazlar ve bu nedenle yağ çamursu bir görüntü alır.

Spektrometrik yağ analiz programları, viskozite ölçüm cihazları, manyetik tapa/dedektörler, parçacık sayma, mikroskobik parçacık tayini ve ferrografi analizleri başlıca yağ analiz teknikleridir. Analizler, üretkenliği artırmaya, önemli arızaları ve işletim maliyetlerini azaltmaya, doğrudan katkıda bulunmaktadır. Aşınma elementleri analizi ve yağ durum analizi ile, kullanılmış yağ ile temiz yağ karşılaştırılarak, yağın yeterli derecede yağlama ve koruma yapabilecek durumda olup olmadığı tespit edilir [4-7].

Elementel spektrometrik yağ analiz cihazı ile aşındırıcı özelliğe sahip olup aşınmayı hızlandırabilecek parçacıklar sayılır. Ayrıca yağdaki su, antifriz veya yakıt da özel testlerle belirlenir. Problemleri erken teşhis eder, böylece bu problemler büyük arızalar haline dönüşmeden onarılabilir. İş yüküne uygun şekilde bakım programının yapılmasına yardımcı olur. Bakım programında, periyodik bakım işlemlerinin yapılıp yapılmadığının izlenebilmesine yardımcı olur. [6].

Bu çalışmada, Soma ELİ'nde kullanılan iş makinelerindeki motor yağları spektrometrik analiz, viskozite ölçümü ve kimyasal analiz cihazlarında incelenmiştir. Standartlara uygun olarak alınan yağ numuneleri yukarıda belirtilen cihazlarda incelenerek sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Motor yağının özellikleri, aşınma durumu ve kirlilik derecesi kontrol edilmiştir. Yağ analizi uygulandığında motorlar yağlarının çalışma süresi uzamış ve işletme verimliliği sağlanmıştır.

### 1.1. Makine Parkı ve Üretim

ELİ. Müessesesi, Soma havzasının değişik alanlarında açık ve yeraltı ocakları olarak iki şekilde linyit kömürü üretimi yapmaktadır. Termik santralin yeni ünitelerinin açılması ve piyasada Soma kömürüne olan talebin artmasına paralel olarak kurumun kömür üretimi yıldan yıla artış göstermektedir. İşletme, 1030 MW kurulu güç kapasiteli termik santral ünitelerinin

yanında yurdumuzun önemli bir bölümünün yakacak ve sanayi kömürü ihtiyacını da karşılamaktadır. Açık ocak makine parkındaki araçların dağılımı Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Açık ocak makine parkı araçları

MAKİNE	ADET
Ağır kamyon	138
Elektrikli	16
Hidrolik ekskavatör	9
Buldozer	47
Paydozer	3
Yükleyici	21
Delik makinesi	21
Grayder	16
TOPLAM	271

## 1.2. Bakım Uygulamaları

ELİ Müessesesi iş makinelerine 1987'ye kadar haftalık periyodik bakım uygulamaktaydı. Ağır iş kamyonlarının motorları için yağ değişim süreleri 200 saat ile sınırlandırılmıştı. Yağ bakım periyotları 200 çalışma saatine ulaşan araç motorlarının yağ değişimlerinin yapılması şeklinde gerçekleştiriliyordu.

## 1.3. Yağ Analiz Laboratuvarı ve yapılan ölçümler

Yağ analizi yapıp ölçüm sonuçlarının her makine için kayıt edilmesi ve sonuçların karşılaştırılarak kestirimci bakım işlemlerinin yapılması amacıyla kurulan laboratuvar sayesinde araç yağ performansları detaylı olarak takip edilebilmektedir.

Yağ analizleri makine parkında tamir bakım ve revizyon işlemleri için (motor, hidrolik, şanzıman, diferansiyel ve cerler) temel alınmaya başlanmıştır.

Bu amaca yönelik olarak motor, şanzıman, hidrolik, diferansiyel ve cerlerden yağ numuneleri alınarak belirtilen prosedüre göre analizler yürütülmektedir.

- 1- Yağ numunelerinin toplanması.
- 2- Yağ numunelerindeki elementlerin tespiti
- 3- Yağ numunelerinin TBN (Toplam baz no) gibi kimyasal değerlerin belirlenmesi.
- 4- Yağ numunelerinin viskozitesinin ölçümü.
- 5- Analiz sonuçlarının değerlendirilerek yağ değişim zamanının belirlenmesi ve arıza durumuna göre gerekli ikaz ve müdahalelerin yapılması.

### 1.3.1. Numune Alımı

İncelenecek motordan yaklaşık 50 saatte bir motor yağları temin edilmiştir. Yağ alma prosedürü standartlara uygun yapılmaktadır. Buna göre, numuneleri alan ekipler aynı zamanda laboratuvar test cihazları tarafından verilen ikazlara göre yapılması gerekli işlemin takibinden ve bakım planlamasından da sorumludurlar. Numuneler makine durdurulur durdurulmaz yağ sıcak iken alınmaktadır. Numuneler özel numune pompalarına bağlanmış 60 ml.'lik plastik kaplara, yağ tankının ortasına kadar inen plastik hortumlar aracılığıyla çekilmektedir. Her numunenin

üstündeki karta makine kapı nosu, makine ve yağ çalışma saatleri, yağın alındığı aksam ve tarih anında işlenmektedir.

### 1.3.2. Spectroil M/C Yağ Analiz Cihazı

Spectro-FTIR Alpha yağ analiz cihazı ile yağ numuneleri test edilebilmektedir. ASTM D 6595 standart test moduna uygun analiz yapan cihaz, standart 21 elementin için kalibre edilmiştir. Aşınmış metaller (demir, krom, kurşun, bakır, kalay, alüminyum, nikel, gümüş, molibden, magnezyum, çinko, titanium, vanadium), kirlilikler (silicon, boron, silisyum, sodium, potasyum), katkı maddeleri (bakır, silicon, boron, magnezyum, kalsiyum, boryum, fosfor, çinko, molibden) meddelerinin miktarları ölçülür. Analiz süresi 30 saniyedir.

### 1.3.3 Spectro-FTIR Alpha Moloküler Yapı Analiz Cihazı

Yağın yapısında çalışma şartları sebebiyle oluşan kirlilik ve yağ özelliği değişimlerini tespit edilerek muhtemel arızaların tespit edilebilmesinde kullanılan bir cihazdır. Yakıt seyrelmesi (sülfasyon), su ve antifriz karışması (Nitrasyon), kurum miktarı yükselmesi (Oksidasyon), katkı maddelerinin azalması (TAN-TBN) gibi kimyasal özellik tayininde kullanılır.

Yağ içerisinde ölçülen muhtemel maddeler ve yağa olumsuz etkileri şu şekillerde sıralanmaktadır. Su karışması; Yağın yük taşıma kapasitesini düşürür ve oksidasyonu artırır.

Yakıt Seyrelmesi; Viskoziteyi düşürür, oksidasyonu artırır. Glikol; Yağın kalınlaşmasına neden olur, oksidasyonu artırır. Oksidasyon, Nitrasyon, Sülfitleme; Genellikle yüksek yağ sıcaklığı neticesinde oluşur. Kurum; Yağ kalınlaşması, aşınmalar, piston ve conta arızaları sebebiyle oluşabilir. TBN; Bir gram yağdaki asidi nötralize etmek için gereken, asit miktarına eşdeğer KOH miktarının mg olarak ifadesidir. Ülkemizdeki yakıtlarda sülfür miktarı yüksektir. Yakıt yandığında yağdaki sülfür, sülfür oksitlerine dönüşüp su buharı ile birleşerek H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> oluşmaktadır. Bu ise çok tehlikeli korozif asidik bir yanma ürünüdür. Bütün yağlar asidik olmaya yönelimlidir, özellikle aşırı hararet, oksidasyon, yanma ürünleri ve su varlığı dolayısıyla TBN daha hızlı düşer. ASTM D 2896 Standardına göre kullanılmış yağlar için:

TBN'si 12-20 arasında ise minimum 7,

TBN'si 7-12 arasında ise minimum 5,

TBN si 5-7 arasında ise minimum 3'e müsaade edilir.

Ancak, yağ üretici kataloglarında TBN için nominal değerler verilmiş ise alt sınır olarak bu değerler kabul edilmiştir. Bu değerlerin altına düşüldüğünde yağ acilen değiştirilmelidir. Aksi halde, korozyon, erozyon, pitting ve abrasive aşınma kaçınılmaz olacaktır.

TAN; Toplam asit sayısını ifade etmektedir.

### 1.3.4. Spectro INC Viskozite Cihazı

Viskozite akmaya karşı gösterilen direnç olarak tanımlanabilir. Viskozitede olabilecek önemli değişiklikler yağlama kabiliyetini doğrudan etkiler. 40° ve 100° sıcaklıklar için viskozite ölçümü yapılmaktadır.

### 1.3.5. Spectro INC LNF Partikül Cihazı

Yağdaki partiküllerin sayılması işlemi gerçekleştirilir. Yağdaki büyük partiküller ve kirlilik durumu ölçülür.

### 1.3.6. Açık ve Kapalı Kap Parlama Ölçüm Cihazı

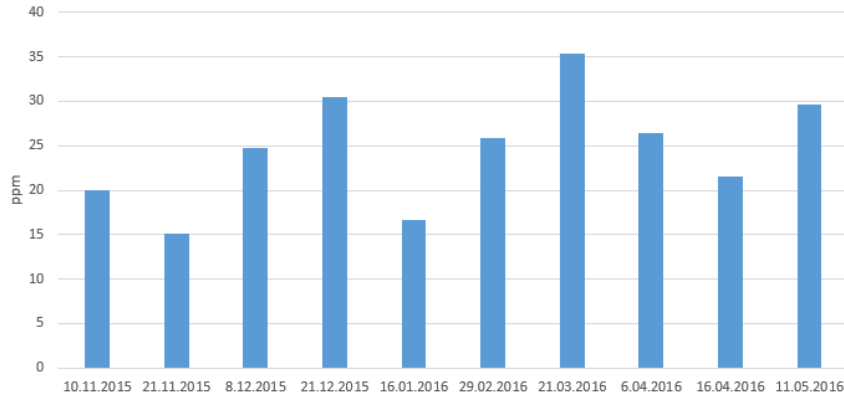
Bu cihaz içerisindeki test haznesine bir miktar numune yağ konur. Yağ belli bir sıcaklığa ulaştırıldıktan sonra bir aparat yardımıyla yağın üst kısmına alev uygulanır. Yanma yani parlama sıcaklığı ölçülür. Kapalı kap bölümünde ise yakıtlar için parlama noktası ölçülebilmektedir.

## 2. YAĞ ANALİZİNİN UYGULAMALARI

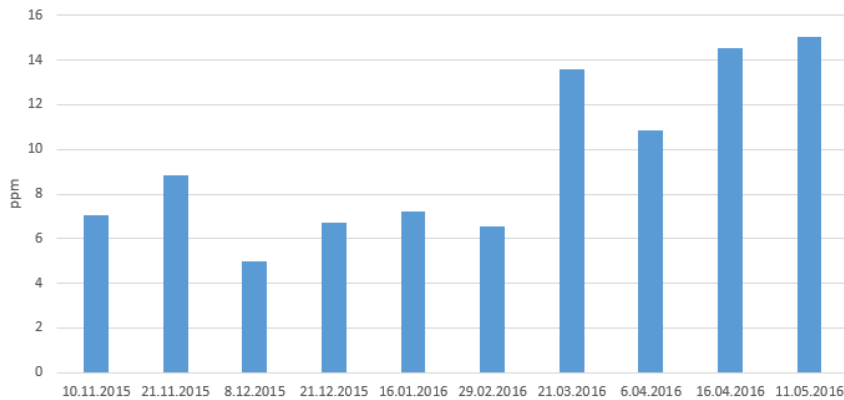
Yağ analiz deneyleri için 3 adet Komatsu marka ağır yük maden kamyonu seçilmiştir. Kamyon motorlarından presedüre uygun şekilde alınan numuneler laboratuvardaki cihazlarda kimyasal ve fiziksel olarak ölçümleri yapılmıştır. Numune alım tarihleri, motor çalışma saatleri, yağ değişim tarihleri kayıt altına alınarak, yağ özelliklerinin zamanla değişimini gösteren tablolar oluşturulmuştur. Elde edilen veriler aynı kamyonların yağ değişimlerinin 200 saat olarak uygulandığı laboratuvar verileriyle karşılaştırılmıştır.

### 2.1. Yağ Analiz Ölçüm Değerleri

402 nolu kamyon motor yağı için kullanım süresi boyunca demir (Fe) elemental artış miktarı değişimi Şekil-1’de, kurşun (Pb) miktarındaki değişim ise Şekil-2’de verilmiştir.

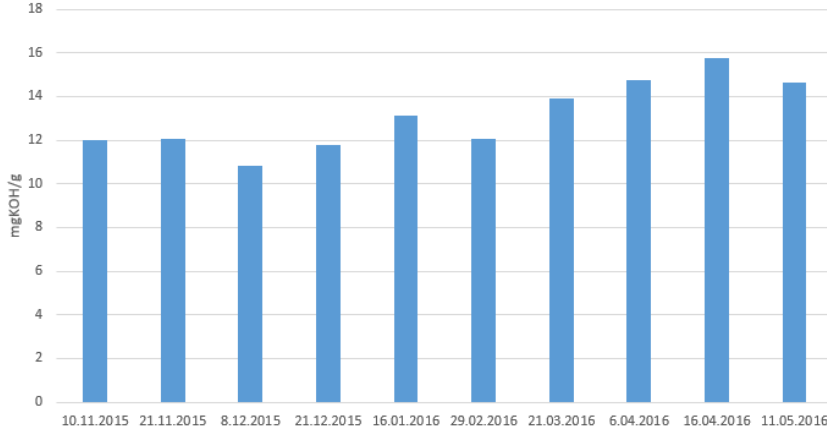


Şekil-1 402 Nolu kamyon motoru için demir (Fe) elemental artış miktarı (ppm).

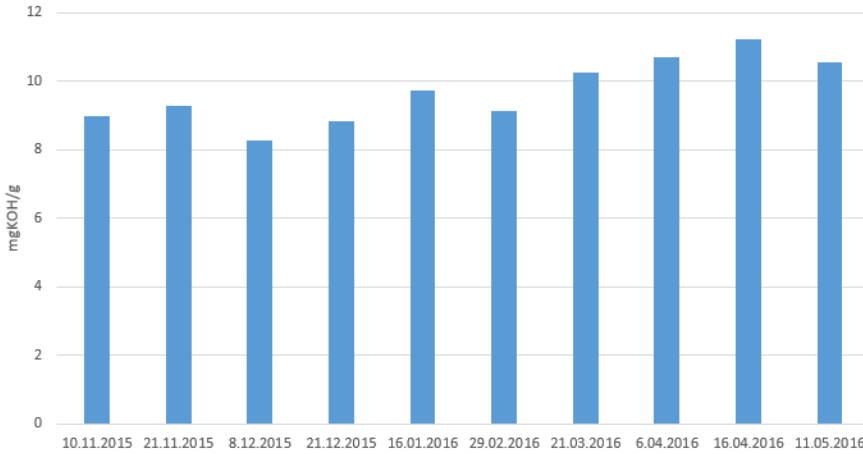


Şekil-2 402 Nolu kamyon motoru için kurşun (Pb) elemental artış miktarı (ppm).

402 nolu kamyon motoru yağı için kullanım süresi boyunca oksidasyon miktarındaki değişim Şekil-3'te verilmiştir. Oksidasyon için referans aralığı 0-12 mgKOH/g dır. Nitrasyon miktarındaki değişim ise Şekil 4'de verilmiştir. Nitrasyon için referans aralığı 0-9 mgKOH/g dır.



Şekil-3 402 Nolu kamyon motoru için yağdaki oksidasyon miktarındaki artış (mgKOH/g).



Şekil-4 402 Nolu kamyon motoru için yağdaki nitrasyon miktarındaki artış (mgKOH/g).

Tablo-2'de 402 nolu kamyon motorundan alınan yağ numunelerine ait elemental ölçüm değerleri verilmiştir. Yağ içerisinde bulunan elementlerin miktarı ppm olarak gösterilmektedir. Yağ değişiminden itibaren farklı zaman aralıklarında numuneler alınmıştır. 1050 saat çalışma sonunda yağ değişimine karar verilmiştir. Numune ölçüm sonuçları incelendiğinde, deney süresi boyunca bazı değerlerin iyileşme göstermesi motorlara yağ ilave edilmesinden kaynaklanmıştır.

Tablo-2. 402 nolu kamyon ait motor yağı elemental ölçüm değerleri

15W/40 Num.Gel.Tar.	Araç Kapı No.	402		Makine Cinsi				KOMATSU				Makine Modeli				785-1				Motor Seri No.				33139264				Çalıştır Bölge				SOMA			
		FİZİKSEL GÖRÜNÜM	Yağ Çalş Saati	Mot Çalş Saati	Fe	Cr	Pb	Cu	Sn	Al	Ni	Ag	Si	B	Na	Mg	Ca	Ba	P	Zn	Mo	Ti	V	Mn	Cd										
9.04.2010				1,28	0,12	2,35	0,05	0,00	1,92	0,00	0,04	10,38	0,20	4,17	12,65	3058	0,30	877,84	1361	1,07	0,07	0,30	1,46	0,00											
10.11.2015		388	889	19,95	1,19	7,05	2,96	0,00	2,74	0,06	0,03	3,94	37,94	92,75	31,11	2455	0,16	733,08	1131,00	3,42	0,12	0,67	1,38	0,00											
21.11.2015		430	981	15,16	0,99	8,82	2,56	0,00	2,48	0,47	0,05	2,65	22,47	92,59	31,80	2740	0,20	113,81	1512,00	1,51	0,32	0,47	1,60	0,00											
8.12.2015		503	1054	24,71	0,72	4,96	2,42	0,00	5,40	0,84	0,19	5,09	28,31	75,60	35,15	2750	0,18	668,82	1484,00	0,00	0,04	0,07	1,82	0,00											
21.12.2015		555	1106	30,45	0,85	6,71	2,59	0,00	4,42	0,71	0,15	5,23	33,16	82,89	32,58	2620	0,18	1051,00	1395,00	0,00	0,19	0,28	1,79	0,00											
16.01.2016		655	1206	16,59	1,17	7,24	2,59	0,00	1,72	0,96	0,06	2,68	12,47	107,04	36,44	3099	0,23	0,00	1659,00	0,54	0,00	0,36	1,50	0,00											
29.02.2016		739	1290	25,85	1,12	6,55	2,74	0,00	4,40	0,33	0,12	4,13	19,77	82,93	37,56	3088	0,16	514,04	1587,00	0,00	0,00	0,24	1,54	0,00											
21.03.2016		798	1349	35,39	1,42	13,57	3,48	0,00	5,11	0,43	0,09	5,91	24,44	94,01	38,38	3129	0,13	958,64	1553,00	0,00	0,00	0,08	1,70	0,00											
6.04.2016		865	1416	26,39	1,49	10,86	3,51	0,00	5,14	0,61	0,09	4,08	16,19	90,98	39,91	3076	0,16	177,81	1583,00	0,00	0,00	0,14	1,46	0,00											
16.04.2016		947	1498	21,51	1,79	14,53	3,72	0,00	3,10	0,23	0,00	2,68	14,05	100,69	37,50	3168	0,08	34,22	1642,00	1,81	0,05	0,77	1,84	0,00											
11.05.2016	YAĞ DEĞİŞİMİ	1050	1601	29,65	1,28	15,07	3,17	0,00	4,59	0,49	0,08	4,46	24,94	88,43	34,29	2766	0,08	614,14	1407,00	0,00	0,00	0,19	1,11	0,00											

Tablo-3'te motor yağı moleküler analiz değerleri verilmiştir. TBN (Toplam Baz Sayısı) değeri mgKOH/g cinsinden gösterilmektedir. TBN için kabul edilen normal değer, 6-14 mgKOH/g arasındadır. Yağ değişim süresi sonlarına doğru, özellikle oksidasyon, nitrasyon ve sülfasyon değerlerinin, normal kabul edilen sınırların üzerine çıktığı görülmektedir.

Tablo-3. 402 nolu kamyon a ait motor yağı moleküler analiz ölçüm değerleri

NUMUNE'NİN GELİŞ TARİHİ	15W/40	Yağ Çalş Saati	Mot Çalş Saati	WATER Normal (0-17)	KURU M (SOOT)	Normal (0-1)	OKSİD Normal ASYON (0-12)	NİTRA Normal SYON (0-9)	ANTİWE Normal AR (0-20)	DİZEL Normal FUL (0-240)	SÜLFYA Normal SYON (0-17)	GLİKOL Normal (AntiFiz) (0-1)	GASO Normal LIN	Normal (abs/m <sup>2</sup> )	TBN Normal (6-14)
10.11.2015		388	889	-0,05	12,03	8,99	18,78	254,00	20,66	0,60	0,06	10,30			
21.11.2015		430	981	14,48	0,01	12,07	9,27	19,25	252,70	22,02	0,70	10,06			
8.12.2015		503	1054	6,92	10,84	8,26	18,52	248,30	20,08	0,65	0,07	10,50			
21.12.2015		555	1106	13,92	-0,03	11,78	8,83	18,99	250,30	31,35	0,54	10,08			
16.01.2016		655	1206	11,50	0,08	13,11	9,74	19,19	249,10	23,29	0,67	9,80			
29.02.2016		739	1290	14,62	0,16	12,06	9,13	18,56	246,60	21,98	0,66	9,25			
21.03.2016		798	1349	9,68	0,12	13,93	10,25	19,12	247,10	24,12	0,73	9,53			
6.04.2016		865	1416	10,41	0,12	14,73	10,69	19,46	248,20	25,00	0,77	9,54			
16.04.2016		947	1498	12,41	0,13	15,77	11,21	19,65	252,90	25,75	0,66	9,99			
11.05.2016		1050	1601	15,48	0,06	14,66	10,56	19,71	254,20	24,74	0,69	9,92			

Tablo-4'te motor yağı viskozite ölçüm değerleri verilmiştir. Viskozite ölçümlerini ifade ederken birçok birim kullanılmaktadır. Bu birimlerin başında gelen ve yağ üreticilerinin en sık kullandığı birim Centistoke (cSt, mm<sup>2</sup>/s)' dir. Diğer birimler ise Engler derecesi, Centipoise (cp), Redwood Seconds ve Saybolt Seconds' dir. 40 °C ve 100 °C viskozite ölçümlerinin bazı avantajları bulunmaktadır. 40 °C viskozite ölçümü; yağ oksidasyonu ve termal yorgunluğun erken teşhisinde, yanlış kullanılan yağın tespitinde avantaj sağlar. Aynı şekilde 100 °C viskozite ölçümü de; viskozite indeksi geliştirici katkı maddesindeki azalmanın tespitinde avantaj sağlamaktadır. 1050 saatlik kullanım boyunca viskozitede fazla bir değişim görülmemiştir. 40 °C ve 100 °C de yapılan ölçüm sonuçları, deneme yapılan kamyonlardaki yağın viskozite özelliğinin korunduğunu göstermektedir.

Tablo-4. 402 nolu kamyon a ait motor yağı viskozite ölçüm değerleri

NUMUNE'NİN GELİŞ TARİHİ	Yağ Çalş Saati	Mot Çalş Saati	Viskozite İndeksi	40 C	100 C
10.11.2015	388	889	134	104,0	13,8
21.11.2015	430	981	134	76,8	11,0
8.12.2015	503	1054	134	103,8	13,8
21.12.2015	555	1106	134	101,6	13,6
16.01.2016	655	1206	134	98,8	13,3
29.02.2016	739	1290	134	92,7	12,7
21.03.2016	798	1349	134	103,8	13,8
6.04.2016	865	1416	134	104,2	13,8
16.04.2016	947	1498	134	104,9	13,9
11.05.2016	1050	1601	134	103,9	13,8

Numune alım işlemleri 408 ve 473 nolu kamyonlar içinde aynı prosedürlere uyularak gerçekleştirilmiş ve sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Bu iki adet kamyon a ait veriler Tablo 5,6,7,8,9, ve 10' da verilmiştir. 408 nolu kamyon için yağ değişim zamanı 1255 çalışma saati,





Tablo 9. 473 nolu kamyona ait motor yağı moleküler analiz ölçüm değerleri

NÜMUNEİN GELİŞ TARİHİ	15W/40	Yağ Çalış Saati	Mot. Çalış Saati	WATER Normal (0-12)	KUREM (SOOT) Normal (0-1)	OKSİDA SYON Normal (0-12)	NİTRAS YON Normal (0-9)	ANTİWE AR Normal (8-20)	DİZEL FUL Normal (0-260)	SÜLFİA SYON Normal (0-17)	GLİKO L (Anefriz) Normal (0-1)	GASO-LİN Normal (0-1/um 2)	TBN Normal (6-14)
21.11.2015		593	1240	13.16	-0.09	9.00	7.62	18.03	256.00	18.43	0.55	0.06	9.02
11.12.2015		654	1301	13.15	-0.09	10.18	8.11	17.91	258.90	18.91	0.46	0.06	8.99
24.12.2015		719	1366	9.91	-0.04	10.22	8.14	17.84	258.70	19.36	0.58	0.07	8.76
29.12.2015		763	1410	14.16	-0.07	10.74	8.33	17.66	259.20	19.63	0.70	0.07	8.22
7.03.2016		852	1499	14.22	-0.03	10.31	8.19	17.27	256.70	19.61	0.63	0.07	8.09
28.03.2016		906	1553	7.97	0.08	10.51	8.25	17.18	257.20	19.70	0.67	0.07	8.37
6.04.2016		962	1609	7.47	0.05	10.07	8.07	17.35	254.60	19.49	0.64	0.07	8.34
19.04.2016		1405	1695	9.70	0.00	9.76	7.90	17.55	257.20	19.16	0.68	0.06	8.46
29.04.2016		1093	1740	9.20	-0.02	9.60	7.67	17.67	257.00	18.73	0.49	0.07	9.39
11.05.2016		1168	1815	13.38	-0.01	10.18	8.09	17.49	256.80	19.43	0.54	0.06	8.23

Tablo 10. 473 nolu kamyona ait motor yağı viskozite ölçüm değerleri

NUMUNE GELİŞ TAR.	Yağ Çalış Saati	Mot. Çalış Saati	Viskozite İndeksi	40 C	100 C
21.11.2015	593	1240	134	94,6	12,9
11.12.2015	654	1301	134	92,3	12,6
24.12.2015	719	1366	134	94,3	12,8
29.12.2015	763	1410	134	91,0	12,5
7.03.2016	852	1499	134	94,5	12,6
28.03.2016	906	1553	134	91,2	12,5
6.04.2016	962	1609	134	94,9	12,9
19.04.2016	1405	1695	134	93,7	12,8
29.04.2016	1093	1740	134	92,7	12,7
11.05.2016	1168	1815	134	92,9	12,7

### 3. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Soma ELİ'ndeki ağır maden kamyonlarının yağ kullanım süreleri, yağ analiz laboratuvarında elde edilen sonuçlar neticesinde kontrollü olarak arttırılmıştır. Uygulanan koruyucu bakım programı sayesinde yağ kullanım süresinin arttırılmasının yanı sıra motor aşınmalarının, motor arızalarının da önceden belirlenmesi mümkün olmaktadır.

Yapılan çalışma koruyucu bakım uygulamasıdır. Bu uygulamanın geliştirilerek toplam verimli bakım uygulamasına dönüştürülmesi makine performansı, arıza tespiti gibi konularda daha güvenilir hale gelmesini sağlayacaktır. İş makinesi operatörlerinin toplam verimli bakım kapsamında eğitilmesi, otonom bakım yeteneklerinin arttırılması ve çalıştıkları makineleri daha iyi sahiplenmeleri sayesinde makine arızaları için sıfır hata hedeflerinin yakalanması ve makine etkinliğinin arttırılması sağlanabilir.

Yağ tedarikçi firmaların kataloglarından alınan değerler, ölçüm yapılırken referans alınan yağ analiz değerleri motor yağı elemental ölçüm değerleri tablolarının üst satırlarında ppm biriminden gösterilmiştir. Bazı motorlarda 200 saat değişim süresinde bile, bazı kirliliklerin ppm olarak üst sınırlara yaklaştığı görülmüştür. Örneğin 402 numaralı kamyonunda yağ değişiminden 388 saat sonra, demir (Fe) elementi için partikül miktarı 19,95 ppm ölçülmüştür. Yağ üreticisi tarafından Fe elementi için tavsiye edilen değer olan 1,28 ppm in çok üzerinde sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Bu durumun kullanılan motorların ömür açısından eskidiği ve zor şartlarda çalışmalarının bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Yağ değişiminden hemen sonra Fe elementindeki ani ve yüksek ppm artışları normal şartlarda mekanik bir arızaya neden olmamaktadır. Kontrollü olarak 200 saat üzeri çalışan yağlarda yapılan incelemelerde özellikle Fe element miktarlarının belli bir değere kadar arttığı ve daha sonraki çalışma saatlerinde bu değerlere yakın devam edildiği tespit edilmiştir. Kurşun (Pb) elementide yağın kullanım süresi boyunca ciddi artış göstermektedir. Burada kabul edilen kriter, elementel miktarlarda birden bire ve ani artışların olmamasıdır. TBN (Toplam Baz Sayısı) nin 6-14 mgKOH/g aralığında

bulunması, vizkoziteninde 40 °C de 102.0 Centistoke, 100 °C de ise 13.7 Centistoke değerleri referans alınmıştır. Yağlayıcılıkla ilgili parametrelerin istenen sınırlar içerisinde kalması sayesinde yağ ömrü ile ilgili gözlem yapılmasını kolaylaşmaktadır. Yapılan çalışma ile 200 saat olan yağ çalışma süreleri 1000 saat gibi çok yüksek sürelerle çekilmiştir.

Bu sayede işletme içerisinde kullanılan motor yağı maliyetlerinde çok ciddi tasarruf sağlanmaktadır. Makinalarda arıza oluşmadan önce müdahale imkanı oluşmaktadır. Zamanında yapılan yağ değişimi/ilavesi ile yağ masrafları azalmaktadır. Gereksiz yağ kullanımı ve beraberinde atık yağ sorunları azalır. Bu durum çevre sorunlarının azaltılmasında katkıda bulunmaktadır.

## **TEŞEKKÜR**

Laboratuvarlarında analizlerin yapılmasına destek veren Soma ELİ yöneticilerine ve laboratuvar çalışanlarına teşekkür ederiz.

#### 4. KAYNAKLAR

- [1]. Kilbane, P., Look at Your Motors' Lubricant, EC&M Electrical Construction and Maintenance, Vol. 97, Issue 9, p. 4, 1998.
- [2]. Yıldırım, A. A., Spektromerik Yağ Analizleri, Yüksek Lisans Tezi, A.Ü. Fen Bil. Enstitüsü, Eskişehir, S.77, 1988.
- [3]. Collacott. R.A., Mechanical Fault Diagnosis and Condition Monitoring, Chapman and Hall, London, p. 496, 1977.
- [4]. Gökalp B., Kullanılmış Motor Yağlarını İyileştirme Yöntemleri, Kocaeli Üniversitesi Makine Müh. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Kocaeli, Mayıs 2005.
- [5]. Crellin L. The Prediction of Machine Failure by means of Wear Debris Monitoring, Inst. of Mech. Eng., London, Ocr. p. 66, 1983.
- [6]. Hansen, T., A Tribute to Vernon C. Westcott, Inventor of the Ferrograph, Oil Analysis and Lubrication Learning Center, Noria Corporation, <http://www.noria.com>, 2006.
- [7]. Dalkılıç, S., Tanatmış, A.A., Pistonlu Uçak Motorlarında Yağlama Sistemleri ve Yağ Analiz Programlarının Uygulanması, TMMOB Makine Müh. Odası Bakım Teknolojileri Kongresi ve Sergisi, 159-174, Denizli, 2003.
- [8]. Gönenli, M.,Y., Madeni Yağlar Hakkında Bilgi Notları, <http://www.kmo.org.tr>
- [9]. İpek,R., Motor Yağı Takviyelerinin, Aşınma Mekanizmalarına Etkisinin Deneysel Araştırılması, 12. Sayı Aralık 2006, D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi.
- [10]. T. Singh, R. Singh, V.K. Verma and K. Nakayama, A study of N, O and S heterocyclic compounds as extreme pressure lubricant additives. Tribol. Int. 23(1990).
- [11]. <http://www.eli.gov.tr/>
- [12]. <http://www.maylab.com.tr/tr/hizmetlerimiz/madeni-yag-analizleri>
- [13]. <https://yaganaliz.com/testler.aspx>
- [14]. <http://www.ismakinalari.org.tr/tr/makaledetay/yag-analizi-sos/204309>
- [15]. Taşer, R., Spektrometrik Yağ Analizi, Sürdürülebilir Havacılık Araştırma Dergisi, Cilt 2,Sayı 2, 2017.
- [16]. Kaleli, H., İçten Yanmalı Motorlarda Aşınma, Yağlama ve Soğutma, İstanbul.
- [17]. Yılmaz, F., Nissan (Benzinli) Motorunda Optimum Yağ Değişim Sürecinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2004.
- [18]. Müjdecı, S., İçten Yanmalı Motorlarda Ticari Yağ Katkı Maddelerinin Sürtünme, Aşınma ve Motor Performansına Etkilerinin Deneysel Olarak Araştırılması, Doktora Tezi, İstanbul, 2009.

[19]. Halis, S., Araç Kullanım Sürelerinin Motor Yağ Viskozitesine Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Denizli, 2016.

[20]. Gökalp, B., Saraç, H., İ., Çelik, C., Yağ Analiz Programı İle Aşınmaya Bağlı Hasar Analizi, 8. Uluslar Arası Kırılma Konferansı Bildiriler Kitabı, İstanbul, 2007.

[21]. İpek, R., Erdoğan, M., Motor Yağı Takviyelerinin, Aşınma Mekanizmalarına Etkisinin Deneysel Araştırılması, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Duşukpınar Üniversitesi, 12. Sayı, Aralık 2006.