T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

İŞ MAKİNALARINDA HİDROLİK SİSTEMDE KULLANILAN YAĞIN SİSTEM PERFORMANSINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Adem ÇAYIROĞLU

Enstitü Anabilim Dalı : OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. KEMAL ERMİŞ

Haziran 2021

T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

İŞ MAKİNALARINDA HİDROLİK SİSTEMDE KULLANILAN YAĞIN SİSTEM PERFORMANSINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Adem ÇAYIROĞLU

Enstitü Anabilim Dalı : OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 24/09/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

JÜRİ	BAŞARI DURUMU
Jüri Başkanı: Doç. Dr. Kemal ERMİŞ	Başarılı
Üye: Doç. Dr. Murat KARABEKTAŞ	Başarılı
Üye: Doç. Dr. Ethem TOKLU	Başarılı

BEYAN

Tezimde yer alan tüm bilgilerin akademik kurallara uygun olarak tarafımca elde edilip görsel ve yazılı tüm bilgi ve değerlendirmelerin akademik ve etik kurallar açısından uygun şekilde sunulduğunu, faydalanılan verilerde herhangi bir bozulumaya gidilmediğini, kullanılan her farklı kaynak için bilimsel normlara uygun şekilde atıfta bulunulduğunu, çalışmadaki tüm verilerin üniversitemize ait ya da farklı bir üniversite ait çalışmada kullanılmadığını beyan ederim.

Adem Çayıroğlu

24/06/2021

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimine başladığım ilk günden tez aşamasına gelene kadar bilgilerinden çokça istifade ettiğim, her konuda desteğini aldığım, planlama sürecinden yazıma değin her aşamada yardımlarını gördüğüm değerli hocalarım Doç. Dr. Kemal Ermiş ve Doç Dr. Murat Karabektaş'a teşekkürü borç bilirim.

Laboratuvar imkanları açısından anlayış ve desteğini esirgemeyen SGS Firmasına ve Petrol Ofisi firmasına teşekkür ederim.

Tez çalışmasında sırasında benden desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz şükranlarımı sunarım.

Yüksek lisans eğitimimde beni destekleyen ve tüm çalışma esnasında desteğiyle hep yanımda olan Hidromek A.Ş. genel müdürü rahmetli Sn. Hasan Basri BOZKURT'a en derin saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR ..... **i**
İÇİNDEKİLER ..... **ii**
KISALTMALAR ..... **vi**
SİMGELER ..... **vii**
TABLOLAR LİSTESİ ..... **viii**
ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **ix**
ÖZET ..... **xi**
SUMMARY ..... **xii**

BÖLÜM 1.
GİRİŞ **1**
1.1. Literatür Özeti 2
1.2. Tezin Amacı 6
1.3. Tezin Özgünlüğü 7
1.4. Tezden Elde Edilen Ekonomik Faydalar 9

BÖLÜM 2.
İŞ MAKİNALARININ GENEL YAPISI **11**
2.1. İş Makinasının Genel Tanıtımı 11
2.2. Paletli İş Makinasını Oluşturan Parçalar 14
2.3. İş makinasında Hidrolik Sistemin Tanıtılması 15
2.3.1. Temel kanunlar 17
2.3.2. Hidrolik pompa 19
2.3.3. Ana Kumanda valfi 21
2.3.4. Hidrolik silindirler 22
2.3.5. Joystick 25
2.4. Hidrolik sistemin avantaj ve dezavantajları 26

BÖLÜM 3.
YAĞLAR **28**
3.1. Yağın Ana Özellikleri 28
3.1.1. madensel yağlar 28

3.1.2. Karma yağlar 29
3.2. Katkı Unsurları 30
3.3. Hidrolik Yağların Sistem İçin Önemi 34
3.4. Hidrolik Yağlarda Aranan Özellikler 35
3.4.1. Viskozite 35
3.4.2. Viskozite ve sıcaklık arasındaki bağıntı 35
3.4.3. Oksidasyon/korozyon 36
3.4.4. Yağlama yeteneği 37
3.4.5. Köpüklenme 37
3.4.6. Akma noktası 37
3.4.7. Alevlenme noktası 37
3.4.8. Polimerleşme 37
3.5. Hidrolik Yağlar ve Özellikleri 37
3.5.1. Petrol ofisi hydro oil HD serisi 38
3.6. Özellikleri ve Faydaları 38
3.7. Tipik Özellikler 39

BÖLÜM 4.
HİDROLİK YAĞLARIN ANALİZİ 40
4.1. Yağ Analizi 40
4.2. Bir Yağ Analiz Uygulamasının Oluşturulması 42
4.2.1. Donanımın kontrol edilmesi 43
4.2.1.1. Donanım riski 43
4.2.1.2. Çalışma değişkenleri 43
4.2.1.3. Çalışan donanımın değerlendirilmesi 43
4.2.1.4. Uygulama ortamı 44
4.2.1.5. Kontrol tarihi 44
4.2.1.6. Yağ numunesinin durumu 44
4.2.1.7. Yağ muayenesi 44
4.2.1.8. Yeni yağa ilişkin bilgiler 44
4.2.1.9. Veri tabanının iyileştirilmesi 45
4.2.2. Yağlayıcının kontrol edilmesi 45
4.2.2.1. Yağlayıcı ihtiyacı 45
4.2.2.2. Yağlayıcının tedarikçisi 45
4.2.2.3. Yağın depo edilmesi 46
4.2.2.4. Nakliye ve harmanlama 46
4.2.2.5. Kullanılmış yağ 46
4.2.2.6. Başlıca özellikleri 46
4.2.2.7. Donanımın değerlendirilmesi 46
4.2.2.8. Numune alma 47
4.2.2.9. Test etme 47
4.2.2.10. Muafiyet testi 47
4.2.2.11. Veri girişi, gözden geçirme ve raporlama 47
4.2.3. Gözlenmesi 47
4.2.3.1. Rutin gözlem 48
4.2.3.2. Turlar 48
4.2.3.3. Takip frekansı 48

4.2.3.4. Muayene 48
4.2.3.5. Kontrol sonrası uygulanan test 48
4.2.3.6. Bilgi analizi 49
4.2.3.7. Raporlar 49
4.3. Yağ Analizini Örnekleme Yöntemleri 49
4.4. Yağ Analizi – Yağlayıcılardaki Kirleticiler 51
4.4.1. Harici kaynaklardan meydana gelen kirlenme 51
4.4.2. Farklı harici kirleticiler 52
4.5. Aşınmış Parçacık Analiz Yöntemi 53
4.5.1. Aşınmış parçacık analizinin hedefleri 54
4.5.2. Aşınmış parçacık analiz metotları 54
4.5.2.1. Doğrudan analiz yöntemleri 54
4.5.2.2. Numune alarak laboratuvarlarda analiz 56
4.6. Yağ Numunesi Analiz Teknikleri 56
4.6.1. Spektrometrik yağ analizinin kullanımı 57
4.6.2. Mikroskopinin kullanımı 60

BÖLÜM 5.
YAĞ ANALİZİNDE KULANILAN METERYEL VE METOTLAR 62
5.1. Yağ Analizinde Kullanılan İş Makinaları 62
5.1.1. HMK220LC iş makinası 63
5.1.2. HMK300 LC iş makinası 68
5.2. Yağ Analiz Cihazı 71
5.2.1. Viscol-10AS otomatik kinematik viskozimetre cihazı 71
5.2.2. Mini Lab 153 serisi 71
5.2.3. Viscol 10 serisi 72
5.2.4. MiniLab 153 kapsamlı yağ analiz cihazı 73
5.2.5. LNF Q200 74
5.2.6. TL7500 karl fischer su içeriği analiz cihazı 74

BÖLÜM 6.
YAĞ ANALİZ SONUÇLARI VE BULGULAR 76
6.1. HMK220 LC Paletli İş Makinasının Hidrolik Yağ Analiz Sonucu 76
6.2. HMK300 LC Paletli İş Makinasının Hidrolik Yağ Analiz Sonucu 77
6.3. HMK370 LC Paletli İş Makinasının Hidrolik Yağ Analiz Sonucu 79
6.4. Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması ve Yorumlanması 80
6.4.1. TAN değeri 82
6.4.2. Viskozite 40 ºC [mm²/s] 84
6.4.3. Su içeriği 86
6.4.4. Baryum değeri 87
6.4.5. Silisyum değeri 88
6.4.6. Alüminyum değeri 91
6.4.7. Krom değeri 93
6.4.8. Bakır değeri 94
6.4.9. Demir değeri 95
6.4.10. Kurşun değeri 97

6.4.11. Nikel değeri 99
6.4.12. Gümüş değeri 100
6.4.13. Kalay değeri 102
6.4.14. Titanyum değeri 103
6.4.15. Vanadyum değeri 105

BÖLÜM 7.
SONUÇ VE ÖNERİLER 107

KAYNAKÇA 109

KISALTMALAR

22 T	: 22 Tonluk Ekskavatör
30 T	: 30 Tonluk Ekskavatör
37 T	: 37 Tonluk Ekskavatör
A.B.	: Avrupa Birliği
DMSO	: Dimetil Sülfoksit
EK	: Ekler
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu.
GHS	: Global Harmonize Sistem.
HMK	: Hidromek
KKE	: Kişisel Koruyucu Ekipman
KKS	: Kimyasal Kuramlar Servisi.
PBT	: Kalıcı, Biyobirikimli ve Toksik madde.
PETDER	: Petrol Sanayi Derneği
PİGM	: Petrol İşleri Genel Müdürlüğü
PO	:Petrol Ofisi
RDE	: Rotasyonel Disk Elektrod
SDS	: Sürdürülebilir Denetleme Servisi
SOAP	: Spektrometrik Yağ Analiz Programı
TC	: Türkiye Cumhuriyeti
TBN	: Toplam Baz No
TSDA	: Toprak ve Su Değerlendirme Aracı
TWA	: İşyeri Maruz Kalma Limitleri
UZEM	: Ulusal Zehir Danışma Merkezi
YAP	: Yağ Analiz Programı

SİMGELER

θ_{Bom} : Bom yere göre açısı

θ_{Kol} : Kol'un bom'a göre açısı

θ_{Kova} : Kova'nın kol'a göre açısı

$\theta_{Dönüş}$: Kendi ekseni etrafında dönme açısı

Q : Debi (litre/dakika)

V_{iletim} : İletim hacmi (litre/devir)

n : Devir sayısı (devir/dakika)

V_{itme} : Silindir itme hacmi (litre)

$V_{çekme}$: Silindir çekme hacmi (litre)

$L_{silindir}$: Strok (mm)

$r_{silindir}$: Silindir yarıçapı (mm)

r_{mil} : Mil yarıçapı (mm)

P : Basınç (bar)

$\mathbb{P}$: Güç (kW)

F_{itme} : Silindir itme kuvveti (N)

$F_{çekme}$: Silindir çekme kuvveti (N)

T_{mil} : Motor mili çıkış torku (Nm)

k_{mt} : Doğru akım motoru tork sabiti

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1: Hidromek iş makinalarında hidrolik sistem teknik özellikler.....18
Tablo 2.2: Hidrolik sistemin avantajları ve dezavantajları 27
Tablo 2.3: Hidrolik sistemlerinin enerji aktarmasının karşılaştırılması.....27
Tablo 3.1: Bir hidrolik yağın seçiminde etkili olan karakteristlikler.....34
Tablo 3.2: Hidromek İş makinalarında önerilen yağlama yağları.....38
Tablo 3.3: Petrol ofisi hydro oil yağın tipik özellikleri.....39
Tablo 4.1: Yağ analizindeki koşulların karşılaştırılması.....42
Tablo 5.1: HMK 220LC teknik özellikler.....63
Tablo 5.2: HMK300LC motor özellikleri.....69
Tablo 6.1: HMK220 LC paletli iş makinasının hidrolik yağ analiz sonucu 76
Tablo 6.2: HMK300 LC paletli iş makinasının hidrolik yağ analiz sonucu 77
Tablo 6.3: HMK370 LC paletli iş makinasının hidrolik yağ analiz sonucu 79
Tablo 6.4: Genel element ve kontaminasyon kaynakları.....82
Tablo 6.5: Tan değeri.....83
Tablo 6.6: Vizkosite değeri.....85
Tablo 6.7: Su değeri.....86
Tablo 6.8: Baryum değeri 88
Tablo 6.9: Silisyum değeri.....89
Tablo 6.10: Sodyum değeri.....91
Tablo 6.11: Aluminyum değeri.....92
Tablo 6.12: Krom değeri.....93
Tablo 6.13: Bakır değeri 95
Tablo 6.14: Demir değeri.....96
Tablo 6.15: Kurşun değeri.....98
Tablo 6.16: Nikel değeri 99
Tablo 6.17: Gümüş değeri.....101
Tablo 6.18: Kalay değeri.....102
Tablo 6.19: Titanyum değeri.....104
Tablo 6.20: Vanadyum değeri.....105

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1: Paletli iş makinasında ana parçaların yerleri (hidromek) 14
Şekil 2.2: Tipik bir hidrolik sistem (hidromek) 1-dişli pompa 2-yağ deposu 3-spool 4-yağ yönlendiri 5-hidrolik silindir 6-kontrol valfi 7-çek valf 16
Şekil 2.3: Kapalı çevrim hidrolik devre şeması 16
Şekil 2.4: Hidrolik sistemle güç iletiminin temel prensip şeması(hidromek) 19
Şekil 2.5: Hidrolik pompanın iç yapısı (hidromek) 20
Şekil 2.6: Hidrolik ana pompanın şeması (hidromek) 20
Şekil 2.7: Hidrolik valfin görünümü (hidromek) 22
Şekil 2.8: Çift etkili tek milli hidrolik silindir (celka, 2013) 23
Şekil 2.9: Farklı çalışma şartları için tasarlanmış üç tip silindir (yontar, 2013) 24
Şekil 2.10: Hidrolik silindirin çalışma prensibi 24
Şekil 2.11: Joystick 25
Şekil 3.1: Sıcaklığın viskozite üzerindeki etkisi(hidrolik sistemler modülü) 36
Şekil 4.1: Örnekleme portlarının konumu 50
Şekil 4.2: Atomik absorbsiyon prensibi şematik diyagramı 58
Şekil 4.3. Atomik emisyon (yayılım) prensibi şematik diyagramı 59
Şekil 4.4: Optik mikroskop şematik diyagramı optik mikroskop şematik diyagramı (a) taramalı elektron mikroskobu (b) 61
Şekil 5.1: HMK 220LC iş makinası 63
Şekil 5.2: Hidrolik devre şeması (220LC) 67
Şekil 5.3: HMK300LC iş makinası 68
Şekil 5.4: Hidrolik devre şeması (300 LC) 70
Şekil 5.5: Viscol-10AS otomatik kinematik viskozimetre cihazı 71
Şekil 5.6: MiniLab 153 test cihazı(BIOLAB) 72
Şekil 5.7: Viscol 10 series(BİOLAB) 73
Şekil 5.8: MiniLab 153 kapsamlı yağ analiz cihazı 73
Şekil 5.9: LNF Q200 74
Şekil 5.10: TL7500 karl fischer su içeriği analiz cihaz 75
Şekil 6.1: Yağ analizi aşamaları 80
Şekil 6.2: ICP spectrometer 81
Şekil 6.3: TAN değerinin yağ kullanım süresine göre değişimi 84
Şekil 6.4: Vizkosite değerinin yağ kullanım süresine göre değişimi 85
Şekil 6.5: Su değerinin yağ kullanım süresine göre değişimi 87
Şekil 6.6: Baryum değerinin yağ kullanım süresine göre değişimi 88
Şekil 6.7: Değerinin yağ kullanım süresine göre değişimi 89
Şekil 6.8: Sodyum değerinin yağ kullanım süresine göre değişimi 91
Şekil 6.9: Aluminyum değerinin yağ kullanım süresine göre değişimi 92
Şekil 6.10: Krom değerinin yağ kullanım süresine göre değişimi 94
Şekil 6.11: Bakır değerinin yağ kullanım süresine göre değişimi 95

Şekil 6.12: Demir değerinin yağ kullanım süresine göre değişimi 97
Şekil 6.13: Kurşun değerinin yağ kullanım süresine göre değişimi 98
Şekil 6.14: Nikel değerinin yağ kullanım süresine göre değişimi 100
Şekil 6.15: Gümüş değerinin yağ kullanım süresine göre değişimi.....101
Şekil 6.16: Kalay değerinin yağ kullanım süresine göre değişimi.....103
Şekil 6.17: Titanyum değerinin yağ kullanım süresine göre değişimi.....104
Şekil 6.18: Vanadyum değerinin yağ kullanım süresine göre değişim.....106

İŞ MAKİNALARINDA HİDROLİK SİSTEMDE KULLANILAN YAĞIN SİSTEM PERFORMANSINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

İş makinelerinin hidrolik sistemlerinde kullanılan yağın hidrolik sistemlerin ömründe ve verimliliğinde önemli bir etkisi vardır.

Hidrolik sistemin performansını korumak hedefiyle yapılan yağ analizleri, bakım maliyetleri ve bakımda kaybedilen zaman kaybının önlenmesi bakımından uygulamada karşılığı olan koruyucu bakım programlarından biridir. Koruyucu bakım programının hedefine ulaşması kullanıcıya sunduğu maddi kazanç oranındadır.Yağ analizlerinin uygulaması ekonomik,hızlı ve kolay olmakla beraber tasarruf imkanı sunmaktadır. Yağ analizleri, hidrolik bünyesinde nelerin olduğunu görebilmenin en hızlı, en net ve güvenilir yoludur. Böylelikle büyük arızalar henüz oluşmadan erken uyarı sağlanabilmektedir.

Bu çalışmada iş makinalarında kullanılan hidrolik yağların detaylı analizi yapılmıştır. Hidrolik yağ kullanımı sırasında içerisinde bulunabilecek bakır, demir, kirleticiler, viskozite, su içeriği ve metal içerikleri gibi hidrolik sistemlerin pistonlarının ve içyapısını aşındıran maddeler incelenmiştir.Yağ özelliklerini aşındırıcıların yapısal olarak hidrolik sistem içinde etkileri iş makinasının farklı çalışma saatlerine ve çalışma ortamlarının etkileri detaylı incelenmiştir.Yapılan bu çalışmada ekipman üretkenliğinin artırılması, bakım maliyetlerinin azaltılması, ekipman ömrünün artırılması gibi faydalar elde edilmiştir. İş makinalarının çalışma şartlarının etkileri gösterilmiş ve tünel gibi çok tozlu ortamlarda yağ içeriğindeki zararlı maddelerin temiz ortamda çalışandan %35 daha fazla etkilendiği ortaya çıkarılmıştır. Çalışma saatleri dikkate alındığında çalışma saatleri uzaması sistem performansına ve problem çıkmasına olanak sağladığı görülmüştür. Bu analiz sonucunda ortaya çıkan değerlerin sebebi ve bu değerlerin arttıran sebepler örneklerle açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: İş makinası, Hidrolik yağ, Yağ analizi, Performans, Kullanılabilirlik

THE ANALYSIS OF THE IMPACT OF THE OIL USED IN THE CONSTRUCTION EQUIPMENTS' HYDRAULIC SYSTEMS ON THE SYSTEM'S PERFORMANCE

SUMMARY

The oil used in the hydraulic systems of construction equipments significantly affects the life and efficiency of hydraulic systems.

Oil analysis, which is conducted with the aim of maintaining the performance of the hydraulic system, is one of the protective maintenance programs that are performed during applications to prevent the maintenance costs and the time lost during maintenance. The more the protective maintenance program provides financial gain to the user, the more it gets closer to its goal. The application of oil analyses is economical, fast and easy and also offers savings. The oil analysis is the fastest, the most certain, and the most reliable way of seeing the condition of the structure of the hydraulic system. With the help of oil analyses, it is possible to receive a warning before any major failure occurs.

In this study, a detailed analysis is conducted on the hydraulic oils used in construction equipments. The viscosity of the oils and the materials that can be found in the oils such as copper, iron, contaminants, water, and metals, which can wear off the pistons and the internal structure of the hydraulic systems were analyzed. The structural effects of the abrasives on the oil properties in the hydraulic system and the effects of different working durations and working environments of the construction equipment are examined in detail. This study showed benefits like increasing the efficiency of the equipment, decreasing the maintenance costs, and increasing the life of the equipment. The effects of the working conditions of the construction equipments are shown and it has been revealed that the harmful substances in the oil content are affected 35% more in very dusty environments such as tunnels than in clean environments. Considering the working durations, it has been seen that the extended working duration causes the risk of poor system performance and problems. The reason for the values that were obtained as a result of this analysis and the reasons that increase these values are explained with examples.

Keywords: Construction Equipment, Hydraulic oil, Oil analysis, Performance, Usability

BÖLÜM 1. GİRİŞ

İş makinaları için ‘çok zor koşullarda hizmet veren makinalardır’ denilebilir. Çevre kirliliği ise bu makinalarda temel arıza nedenlerinden biridir. Şayet bu temel neden ortadan kaldırılabilirse, iş makinalarının arızalanma periyotları uzayacak, makinaların hizmette kalma süresi ve ömrü uzayacaktır. Böylece maliyetler fark edilir şekilde azalmış olacaktır. Yapılacak analizlerle yağın değiştirilme ihtiyacının olup olmadığı örneğin Türkiye ile Almanya kıyaslandığında aynı amaç için kullanılan yağ Türkiye de dört kat daha fazladır. Bunun nedeni kullanıcının yağın gerçek durumu hakkında hiç de geçerli olmayan bir muayene dışında bilgi edinememesi sonucu gereğinden çok daha fazla para harcayarak yağı sık değiştirmesidir. Bu ödenek işletmelerde sarf gideri olarak adlandırılarak bu konuda yapılacak tasarruf gündem dışı tutulmaktadır.

Bu çalışmada, yağ analizi ile makina ömrü ve arızaların önlenmesi ve sürekli periyodlarda yaptırılan detaylı hidrolik yağı analizleri incelenmiştir. Yağ, sanayide iş makinelerinin tasarımı ve üretimi aşamalarında gayet yaygın olarak kullanılır. Sürekli yeni malzemelerin bulunmasına bağlı olarak bu malzemelerin işlenebilmesi ve çalışma ortamlarının uygun seçilebilmesi günümüzde parça imalatçıları açısından en güncel sorunlardandır. Kullanılacak parçaları işleme kolaylığı, maliyetini düşürme, uzun çalışma ömrü sağlama gibi amaçlarla yağ kullanımının doğru ve tasarruflu kullanımının önemi artmıştır (Öztürk,2010). Teknolojik gelişmelerle artan üretim sayesinde dünyada yağ tüketiminin düşürülmesi hedeflenmektedir. Hidrolik iş makinasında kullanılan yağ sistemin performansına etki ettiği ve hidrolik yağ dışında bir kullanılma olanağının olmadığı için, yağ kullanım ölçüsünü muhtelif yollarla düşürmek ya da yağın sistem içindeki çalışma süresini uzatmak yoluyla hidrolik atık yağ oranında düşüş ve daha temiz bir doğa elde edilebilir.

Hidrolik yağın kalite düzeyi hidrolik aygıtın sürekliliği etkilemektedir. Hem hidrolik sistem üreticileri hem filtre üreticileri hem de yağ tesisleri tarafından yapılan pek çok

incelemede hidrolik sistemlerde ortaya çıkan arızaların büyük bir çoğunluğunun hidrolik yağın kalitesi yetersizliği ve yağ kirliliği ile direkt alakalı olduğunu ortaya koymuştur. Bu bağıntı %60 ile %70 aralığında bir seviyededir. Bu gerçeğin farkında olan hidrolik sistem imalatçıları sistemlerinde kullanılacak yağlara büyük önem vermişlerdir. Bu nedenle iş makinalarında kullanılan yağın verimliliğinin artırılması sorunun giderilmesinde en uygun seçenek olarak değerlendirilmektedir.

İş makinelerinde kullanılan yağın sistem performansına etkisini incelemek bu çalışmamızın başlıca hedeflerindendir.

1.1. Literatür Özeti

Hidrolik sistemler, gücü iş ekipmanına iletmek amacıyla mobil, endüstriyel ve havacılık uygulamalarında kullanılmaktadır. Bu sistemler, mekanik bir eşdeğere kıyasla son derece verimli, kompakt ve hafiftirler. Hidrolik sıvılar sistemdeki güç iletimini sağlamaktadır ve bu nedenle sistem üreticisi tarafından özenle seçilir. Kimyasal kararlılık, viskozite, yüksek parlama ve yangın noktaları ve oksidasyon direncinin tümü önemli etkenlerdir. Endüstiryel ve mobil sistemlerde mineral veya sentetik hidrokarbon sıvılar seçilirken, havacılık ve özel endüstriyel uygulamalarda fosfat sesterleri gibi fonksiyonel kimyasallar tercih edilir. Hidrolik sıvının beklenen perdormansı etkileyip etkilemediğini belirlemenin tek yolu hidrolik yağın analiz incelemesidir.

Yağ kirlenmesi arızaların temel nedenini oluşturur. Tüm hidrolik sistemlerde filtreler bulunur ve sistematik izleme, yalnızca ilk kontaminasyon belirtilerini ve bunun sonucunda oluşan aşınmayı tespit etmek için değil aynı zamanda filtrasyonun ne kadar başarılı olduğunu belirlemek için de gerçekleştirilir.

Hidrolik sistemlerde sıklıkla bulunan diğer kirletici sudur. Bu kirletici, hidrolik sıvının korozyona uğramasına ve oksitlenmesine neden olabilir. Genellikle su kirliliği 2500 ppm'nin altında tutulmalıdır. Hidrolik sistemdeki toleranslar genellikle çok sıkıdır. Servo valflerdeki boşluklar çoğunlukla 40-80 µm civarındadır ve aktüatörlerdeki boşluklar 10 µm kadar düşük olabilir, bu nedenle 4 µm'den büyük partiküller hidrolik sistemlerde ciddi sorunlara neden olabilir. Hidrolik sistemlerde parçacıkların ölçülmesine yönelik bir dizi ISO kodu, ASTM Yöntemi ve SAE yönergesi bulunur. Hidrolik sistem üreticileri, sistem temizliğini değerlendirirken hangi ISO kodunun kullanılması gerektiğini belirleyecektir.

Örneğin, hidrolik sistemdeki pompaya ISO kodu 20/18/15'in uygulanmasını önerebilirlerken, aktüatör ve valf için ISO kodu 18/16/13 kullanılabilir (Hydraulic Oil Analysis, AMATEK.2018). Hidrolik yağ sistemlerinin temizliği, pompalarda, kontrol valflerinde ve pistonlar ile hidrolik silindir duvarları arasında çok yakın toleransların olması nedeniyle son derece önemlidir. Aslında, hidrolik sistem arızalarının yüzde 75'i toz, kir ve yoğuşma nemi yoluyla oluşan kontaminasyon kaynaklıdır. Bu nedenle, kirlilik seviyelerini izlemek için düzenli olarak yağ analizi yapılmalıdır. Yağ analizi, her tür yağlama sisteminde uygun yağ tahliye ve filtre değişim aralıklarını belirlemek için de etkin bir şekilde kullanılabilir. Analiz sonuçlarını doğru bir şekilde yorumlamak için, laboratuvara yağın viskozitesi ve türü, hizmet saatleri veya milleri ve numunenin alındığı bileşen veya sistemin markası ve modeli hakkında bilgi verilmelidir (The Benefits of Oil Analysis, Noria Corporation). Kirlilik kontrolü, bir hidrolik sisteme kirleticilerin girmesini önlemeyi ve hidrolik sıvıya giren kirleticileri yakalamak için sistem genelinde stratejik konumlara filtreler yerleştirmeyi içerir. Ancak kritik durumdaki ekipman için başarılı bir kontaminasyon kontrol programı, hidrolik sıvının temizliğinin düzenli olarak değerlendirilmesini de içermelidir. Genellikle bu, ekipmanın görev döngüsüne, çalışma ortamına ve genel çalışma için ne kadar kritik olduğuna bağlı olarak her 250 saatte bir yapılmalıdır. Numunelerin çıkarıldığı tahliye noktası, numuneden istenen bilgilerle belirlenmelidir. Örneğin, bir sistemin pompa tahliye hattından sıvı numunesi almak, dönüş hattından alınan numuneden muhtemelen farklı sonuçlar verecektir. Pompa tahliye hattından gelen sıvının, bir dönüş hattından gelen sıvıdan ziyade pompa aşınması artıkları içermesi daha olasıdır, çünkü filtreler, bir dönüş hattına ulaşmadan önce pompa aşınma kalıntılarını yakalayacaktır.

Uzmanlar, rezervuardan alınan numunelerin genellikle en güvenilmez numuneler olduğunu vurgularlar. Bunun birinci sebebi, rezervuar bir depolama cihazı olarak hareket ettiğinden, muhtevası nispeten uzun bir aralıkta birikmiştir, oysa hidrolik bir hattan gelen sıvı, numunenin alındığı andaki koşulları daha iyi temsil etmektedir. İkincisi ise, çoğu rezervuar türbülanslı akışı en aza indirecek şekilde tasarlanmıştır, böylece kirleticiler dibe çökebilir ve hava yukarı çıkabilir. Bu, temsili bir su ve diğer kirletici konsantrasyonlara sahip bir numune elde etmeyi zorlaştırır (Hydraulic fluid contamination testing). Hidrolik yağın önemi, hidrolik kaldırma ekipmanlarında ve hidrolik makinelerde büyüktür. Hidrolik sistemler ve ekipmanları, gücü iletmek için basınçlı hidrolik sıvı kullanımına

dayanır. Hidrolik iş makinalarındaki bu güç aktarımı, esas olarak kaldırma işini gerçekleştirmek için kullanılır. Hidrolik akışkanlar çeşitli şekillerde sınıflandırılır. Bunlar, ana bileşen olan bazik sıvıya dayanmaktadır. Bu sınıflandırmaya dayalı olarak, iki ana hidrolik sıvı sınıfı tanımı şunlardır:

- Mineral yağlar
- Sentetikler (Sander, R.J. White Paper)

Temel olarak, hidrolik sıvılar viskozite derecelerine göre sınıflandırılır (Industrial Liquid Lubricants). Yağların içeriği, yağın kullanılacağı uygulama tipine bağlıdır. Birçok üretici her iki tip hidrolik sistemi de ürettiği için mobil ve endüstriyel hidrolik yağları kullanabilir (Engine Oil Licensing and Certification System)

Makinelerdeki çalışan yağlama yağları, 250-1000 saat aralığında karmaşık hidrokarbon karışımlarından oluşur. Formülasyonları, yağlayıcının amaçlandığı kullanıma uygun bileşimler sağlamak için temel yağlar ve katkı maddelerinin bir kombinasyonunu homojenliğe kadar karıştırılmasından oluşur (Borin). Ana amacı, hareketli bir parçayı düzgün hareket veya dönüş yoluyla yönlendirmek ve aynı anda mekanik erozyonu azaltmaktır (Mang, T. Dresel, W. Lubricants and Lubrication). Bazense mekanik bileşenlerin soğumasına katkıda bulunur. Hidrolik iş makinaları için birkaç marka yağlama yağı çeşidi vardır (Chul, J.K). Her üretici, mineral bileşenleri katkı maddeleriyle harmanlama konusunda kendi bilgi birikimine sahiptir (Guan, L. Feng, X.L). Spesifikasyon verilerine ve makinelerin çalışma durumuna göre, güvenlik açısından uygun yağlama yağı seçilebilir (Othmer, K. Encyclopedia of Chemical Technology). Hidrolik motorlar üzerinde yapılan çalışmalar, yağlamada sürtünmeyi optimize etmenin hidrolik motor verimliliğini önemli ölçüde artırabileceğini göstermiştir (Michael, P. Burgess, Devin, M.T. Michael). Ekipman arızalarını önlemek için verimli yağlama sağlamak kritik derecede önemlidir. Yağlama yağının kalitesi, hareketin korunması ve makinelerin uzun ömürlü olması için esastır. Hidrolik yağların motorlarda ve genel olarak makinelerde kullanımı sırasında kirlenmeler meydana gelebilir. Bu kirleticiler, doğrudan yağın viskozitesine müdahale ederek performans özelliklerini düşürür. Bu kirleticiler mekanik atıklara yol açabilir ve mekanik ekipmanda geri dönüşü olmayan hasarlara neden olabilir (Mcclelland, F.J.; Jones, Park, S.T.; Yang).

Bakım programları iş makinalarında yağ analizlerinin güvenilirliğini ve verimliliğini değerlendirme işinde aktif rol oynar. Güvenilir operasyonlar sistem performansını yükselterek iş makinası sahipleri ve kullanıcıları için büyük bir avantaj sunar (J. Mech. Sci. Technol).

Çoğu zaman bakım yöneticileri, yeterli ve doğru bilgi eksikliğinden dolayı bakım kararları vermekte zorluklarla karşılaşırlar. Sorunun çözümü ortada yok iken sorun devam eder ve arızlalar sıklıkla tekrarlanarak ekipmanların kullanılırlığı azalarak ek maliyetler ortaya çıkar. Modern bakım ilkeleri bu zorlukların üstesinden gelme amacıyla ekipman durumu izleme teknikleri uygulanmasına dayanmaktadır. Bu tekniklerden biri, yağlama yağının fiziksel ve kimyasal durumunun yanı sıra rutin çalışma sırasında yağla temas eden makine elemanlarının durumu hakkında bir fikir veren, yağlayıcı durum izleme olarak da bilinen kullanılmış yağ analizidir. Bu tekniği kullanmanın faydalarını göstermek adına çalışmada asfalt serme makinesinin bir çalışması sunulmuştur. Vaka çalışmasında, hidrolik sistem için dört temel yağlayıcı parametresi (viskozite, su içeriği, katı partikül içeriği ve asit sayısı) analiz edilmiştir. Analiz sonuçları, sistemin arızalanmasını ve gereksiz bakım maliyetlerini önlemek için belirli bakım müdahalelerinin yapılması gerektiğinden katı partikül içeriğinde ani bir artış olduğunu göstermektedir. Ayrıca, yağ durumunun izlenmesiyle, iki yıl sonra bakım personeli, hidrolik yağın uygun değiştirme aralığına karar vermek için temel teşkil eden bilgiler edinilmiş oldu (Karanović , M T Jocanović, J M Wakiru).

Bir işletmede ölçülen en önemli özellikler birisi de hidrolik yağların depolandığı yerin temizliğidir. Eğer ki hidrolik yağı gerekli saklama koşullarında saklamıyorsak, kirleticiler ekipman arızasına neden olur (Wooton). Hidrolik yağı, yüksek sıcaklıklarda çalışırken bozulur ve yağın bozulması nedeniyle, tüm hidrolik bileşenlerinde arızalar başlar ve bu da makinenin hidrolik işleyişini engeller. Hidrolik sistemin verimsiz bileşenleri faydalı enerjiyi ısıya dönüştürür. Aşırı ısınma, sistemden kaçan ısı enerjisinin oranı, ısı yayılım hız oranını aştığında başlar. Kronik olarak toplanan yağ numunelerinde viskozite, toplam asidik sayı (TAN), reoloji ve FTIR analizleri yapılarak bozulma saptanır (Alireza Baghban).

Hidrolik yağların tribolojisi, termal yapıların bozulumuna büyük ölçüde neden olur ve makinenin genel performansı önemli ölçüde etkilenir. Aşırı ısınma, hidrostatik

motorlarda karşılaşılan en çok sorun çıkaran etmendir. Sıcaklık, yağın viskozitesi ile ters orantılıdır (I. O. Igwe). Yağın viskozitesi önerilen aralık sınırlarını aşarsa, hidrolik bileşenlerin performansı büyük ölçüde etkilenir. Çalışma yağının viskozitesi daha yüksek veya daha düşük sınırlarının ötesine geçerse, sırasıyla sıvı sürtünmesi veya iç sızıntılı mekanik sürtünme nedeniyle güç kaybı meydana gelir. Hidrolik sistemde tam güç kullanımını azaltırken ısı yükünü hızla başlatan bir kısır döngü oluşur. Isı üretim döngüsü, makine çalışana kadar devam eder. Viskozite, yağın yağlama özelliğini azaltır. Bu nedenle, eşleşen parçalar arasında kaçınılmaz olarak yağ filmi geliştirilemez ve sistem tepkisel olarak kararsız davranır (A. Vasishth). Yağlama eksikliği, aşınma ve yıpranma oranlarını hızlandırır ve sonuç olarak sistemde kaçınılmaz bir arıza meydana gelir (B.-R. H¨ohn).

Hidrolik yağın sıcaklığındaki artış, hidrolik sistemde ısı üreten verimsiz bileşenlerin bulunduğunu gösterir. Yeraltı kömür madenlerinde yağın tavsiye edilen maksimum sıcaklığı 82°C'dir. Hidrolik yağın durumu, bir makinenin sıhhatini kolayca gösterir. Termal bozulma yüksek sıcaklıklarda sürekli çalışma nedeniyle hidrolik yağın polimerizassyonuna neden olur (M. R. Kamal). Hidrolik yağ bozulmaya başaladıkça, yağda çamura dönüşen yarı katı vernik benzeri bir maddeler meydana gelir (W. D. Phillips). Bu, hidrolik yağ bileşenlerin iç yüzeylerinde bir tabaka oluşturan, çözünmeyen ve yapışkan bir malzemedir. Bu istenmeyen çözünmeyen bileşik ve polimer, hidrolik bileşenlerin performansı üzerinde olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Çamur doğası gereği zehirlidir ve asidik bileşikler nedeniyle (I. A. Gopang) korozyon oranlarını arttırır. Bu nedenle valflerin arızalanmasına, kapalı alan tıkanmasına ve orifis tıkanmasına neden olur. Pompa akışının zorlanması sürtünme direncini ve aşınma oranlarını artırır, ancak ekipmanın genel verimliliği azaltır. Hidrolik aparatın veya sistemin iç parçalarından çamur uzaklaştırılamaz. Viskozitedeki atipik değişiklikler, fonksiyonel özelliklerini geliştirmek için baz yağa eklenen katkı maddelerinin performansını bozar (M. Khan and A. Rasheed) ve sonunda tüm hidrolik sistemi devre dışı bırakır. Hidrolik yağın termal bozulması renkteki bozulma ile hızlı şekilde tespit edilebilir.

1.2. Tezin Amacı

Bu tez uygulaması, hareketli koşullar altında çalışmasına devam eden iş makinasının hidrolik sisteminde kullanılan yağın performansını spektrometrik yağ analiz tekniği ile

incelemeyi hedeflemektedir. Bu doğrultuda, söz konusu hidrolik sistemde kullanılan yağın mikroskop aracılığıyla fiziksel analizleri sırasıyla gerçekleştirilmiştir. Tez kapsamında yapılması amaçlanan çalışmalar şunları içermektedir.

- Yağın içindeki metal gibi yabancı maddelerin iş makinasının verimliliğine ve ömrüne etkisinin ortaya çıkarılması ve değişik iş makinalarında yağ içindeki kirleticilerin incelenmesi.
- Hidrolik sistemde kullanılan yağın ömrünün belirlenerek, yağın ömründen önce veya sonra değiştirilmemesi.

1.3. Tezin Özgünlüğü

Hidrolik iş makinalarının bakımları geleneksel taşıtlara oranla performanslarına ve uzun ömürlülüklerine daha çok etki ediyor olması çalışmanın yoğunlaştığı noktadır.Çalışma, aynı firma sistemiyle üretilen iş makinalarının, bu alanda literatürde az sayıda çalışma bulunan, yağ analizlerinin incelenmesni gerçekleştirilmiştir.

Bu tez çalışmasında hidrolik iş makinasında kullanılan yağı değerlendirmek için seçilen analiz türü spektrometik yağ analizidir. Geleneksel analiz yöntemlerine oranla daha güncel bir yöntem olan spektrometrik analizi, hidrolik iş makinalarında sınırlı sayıdaki çalışmada karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışma için de bu uygulama yapılmış ve bu sayede hidrolik sistem profili boyunca verimlilik performansı değerlendirilebilmiştir.

Ayrıca, detaylı literatür analizinde de görüleceği üzere, spektrometrik analizi ilk defa bir iş makinasının hidrolik sisteminde kullanılan yağ için uygulanmıştır. Bu analiz ilk defa dinamik olarak bir hidrolik iş makinasına uygulanarak literatüre özgün bir katkıda bulunulmuştur.

Hidrolik yağlar günümüz imalât sanayinin pek çok platformunda güç iletim sistemlerinde yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bu sebeple kullanılan sistem açısından en verimli yağın tercih edilebilmesi için hidrolik yağın temel fonksiyonları bilinmeli ve sıkıştırılabilirlik, güç aktarımı seviyesi, havayı uzaklaştırma niteliği, köpüklenme, viskozite, akma noktası vb. nitelikleri göz önünde bulundurulmalıdır. Çalışma şartlarına uygun yağın tercih edilebilmesi için hidrolik yağların aşınmayı önleme, korozyona dayanıklılık gibi temel

özelliklere sahipliğinin ve suyu uzaklaştırıcı katkıların nasıl çalıştıklarının bilinmesi önemlidir.

Spektrometik yağ analizleri, yağlanma yağının bünyesindeki aşınmış metallerin cins ve miktarını belirleme amacıyla kullanılan önleyici bakım araçlarıdır. En yaygın kullanımı olan ekipman tipleri motorlar, şanzımanlar, hidrolik sistemlerdir (JOAP Manuel Vol I, 2014). Bu analiz tekniğinin amacı mekanik sistemdeki yağlanma yağından gerekli koşullarda alınan yağ numunesinin analiziyle ulaşılan veriler sayesinde sistemde oluşabilecek aşınma, korozyon, çizilme, parçalanma vb. gibi normal olmayan bir durumun varlığını, motor indirme ve sökme gibi motora dışarıdan bir müdahale olmaksızın tespit etmektir. Böylelikle öngörülebilir hasarları önleme, bakım maliyetlerini düşürme ve emniyet seviyesini artırma imkanı oluşmaktadır. Yağlama yağı, yağ ile ıslanmakta olan makinelerin kanı gibidir. Önleyici bakım teknolojileri açısından çok önemli unsurlardan biri olan bakım esnasında yapılan yağ analizleri, yağlanma yağının kirlilik durumu ve makinenin tahrişi hakkında bilgi sunar. Güvenlik mühendisleri ve bakım uzmanları bu analizler doğrultusunda bakım kararları verebilirler. Bakım esnasında yağ analizinin doğrudan yararları yağ karışıklığınının önüne geçme, kirliliği kontrol etme ve sonuca göre bakım ve hasar analizi olarak sunulabilir (Zhao Y., et al., 2014). Hidrolik yağ analizi ve sonuçların takibi, sisteme ait aşınma ve diğer değişiklikleri izleyerek, olası tahribatlardan korunmak için yapılan engelleyici bakımların işlevlerini kontrol etmede analizciye uyarıcı işaretler sunmaktadır (Lea B., et al., 2009).

Uygulamada yağ numuneleri periyodik şekilde hidrolik sistemden alınmaktadır. Hareketli parçalardan aşınan metallerin iz düzeylerini, bununla birlikte kirlilik ve katkı elementlerin düzeylerini belirlemek için spektrometre cihazı aracılığıyla yağ numuneleri analiz edilmektedir. Toplanan veriler, daha önce yapılan analizlere ve izin verilen sınırlara bağlı olarak makinanın olası aşınmasını gösterebilir veya henüz başlangıç döneminde oluşabilecek potansiyel sorunları dikkatlere sunabilir. Bu gelişmiş uyarı sayesinde olası ciddi hasarlar ve yaralanmalara sebep olabilecek durumlar için önlem alınabilir (Zhao Y. Et al., 2014). Bu çalışmada, spektrometrik yağ analiz yöntemi aracılığıyla tahribat görmüş metal parçacıklarının tip ve miktarları belirlenmiştir.

1.4. Tezden Elde Edilen Ekonomik Faydalar

Yağlama için kullanılan yağlar (mineral ve sentetik) sektörün önde gelen pek çok firma gönüllüsünün ortaklaşa ve PETDER koordinasyonunda sağlanmış verilerle takip edilmektedir. Bu sektör liderleri, toplam madeni yağ piyasası içindeki hisseleri tüm hisseler deki toplamının, Türkiye'nin % 65'ini temsil ettiği EPDK, PİGM ve Çevre ve Orman Bakanlığı birikimi ile yapılan karşılaştırmalar sayesinde tespit edilmiştir. Sağlanan tüm bu birikimlerden yararlanarak yapılan oranlamalara göre 2020 yılında yağlama ürünlerini tüketilmesindeki toplam yekûn geçen seneye kıyaslandığında % 15 oranında artarak 416 bin tona ulaştığı gözlenmiştir. Yağlamada kullanılan tüm bu yağların tüketilmesindeki bu önemli ve dikkat çekici yükselme genel ekonomik büyüme ve sınai artıştan kaynaklanmaktadır. Hidrolik yağ piyasasındaki bu önemli sarf artışı, otomotiv sayılarındaki artışla ve öteki pek çok sınai ve ekonomik endekslerle de uyumlu olduğu söylenebilir.

Yukarıdaki istatistiklerden de anlaşılacağı üzere, sistem performansının yükseltilmesi çalışmaları makine sektörü için kritik öneme sahiptir. Operasyonel maliyetlerin dörtte birini oluşturan hidrolik yağların kullanımını ekonomikleştirmek ve olumsuz çevresel etkiyi de azaltmanın en uygulanabilir yolu, kullanılan bu yağların performanslarını artırmaktır.

Bu çalışma ile, tüm sektörlerde kullanım alanı bulan iş makinelerinin hidrolik sistemlerindeki yağların belirli zaman aralıklarıyla detaylı olarak irdelenmesi sayesinde hem işleyen parçaların herhangi bir zarara uğramaksızın uzun süre ve yüksek performansla çalışması hem de yıllık yağ tüketiminin azaltılması böylelikle çevresel etkinin azaltılması hedeflenmiştir.

İşletmelerde, çalışan makinelerin arıza yapmadan, uzun süreli ve verimli çalışması sağlamak amacıyla birçok bakım yöntemi uygulanmaktadır. Bu şekilde işletmede faaliyetin aniden durmasının, makinelerde gereksiz parça değişimlerin ve bakım maliyetlerinin en aza indirilmesi hedeflenmektedir. Ekonomik yaklaşım, makinelerde oluşan arızanın parça değişimi, tamiri veya tamamen durması ihtimallerinin önüne geçme tutumudur. İşletmenin verimliliği açısından bahsi geçen hasarları en aza indirmek için makinelerin izlenmesi ve bakımının düzenli olarak yapılması gerekmektedir. Makinelerdeki olası arızanın önceden belirlenerek yedek parça, tamir ve yenileme

masraflarının azalmasının sağlanması önemlidir. Bu doğrultuda kestirimci bakım diye adlandırılan titreşim analizi, yağ ve aşınmış parça analizi, ultrason, termografi, performansın ölçülmesini sağlayan ve ekipmanın koşullarını değerlendiren teknikler kullanmaktadır (M. Husnawan, A.T. Prata).

BÖLÜM 2. İŞ MAKİNALARININ GENEL YAPISI

2.1. İş Makinasının Genel Tanıtımı

Karayolu inşaası bakım ve onarımı, dere yatakları, toprak hafriyatının yüklenmesi ve boşaltılması gibi pek çok inşaat faaliyetlerinde kullanılan ve kısa sürede daha çok işgücü üreten ve insan gücüyle çok daha uzun sürede bitirilecek ya da hiç yapılamayacak işleri mühendislik alanındaki gelişmeler sayesinde ortaya konan hidrolik sistem desteğiyle çalıştırılıp iş üreten çok amaçlı makinelere iş makinesi denmektedir.

Bir milletin kalkınma seviyeleri ile beraber makineleşme dereceleri artmakta, bu durum da beraberinde makineleşme, sanayileşme ve gelişmişlik düzeyinde artışı getirmektedir. İş makinelerindeki tüm bu gelişimler ise 16. yy sonra hızlı bir artışla kendini göstermiştir.

Geleneksel toplumlar sığınmak ve korunmak amaçlı pek çok hayati yapıyı günümüz tekniğine benzemeyen metotlarla yapmışlardır. O dönemlerden 19. yy. başlarına gelindiğindeyse endüstrinin gelişimi ve bu sahada yatırımların çoğalması ve üretim aşamalarının normal insan gücüyle çok uzun sürmesi otomatik biçimde iş gören kazı makinesinin keşfedilmesini doğurmuş ve bu iş makinelerin ilerlemesine imkân tanımıştır.

Ekskavatörler ve buldozerler uzun bir zaman, kazıma işlerinin en önemli iş makinesi olmuş fakat 19. Yy. ve 20. yy. başlarında kablolu ekskavatörler kazı işleri için kullanılmaya başlanmıştır. İlk bulunan mekanik buharlı ekskavatör, 1835 senesinde İngiliz William S. Otis tarafından keşfedilmiştir. Bu keşif sayesinde, hafriyatta yeni bir çığır açılmıştır (https://www.ilkkimbuldu.com/ekskavatoru-kim-icat-etti/).

Bulunan ilk buharlı kepçe ise 1796 yılında Grimshaw of Boulton & Watt tarafından tahayyül edilmesine rağmen, Otis'in patentli ekskavatörü, toprak kazmak amacıyla mekanik bir vinç koluyla ve güç temin eden bir pistondan meydana gelen buharlı kepçe faaliyete geçebilmiştir. Otis'in ekskavtörü, 19.yy sonuna kadar inşaat ve madencilik endüstrisinde kullanım alanı bulmuştur ve 1930'lara kadar da pek çok varyasyonlarda

üretilmiştir. 360 derece dönme kabiliyeti olmadığından, zamanla tren yollarında raylara montajlanmış ve demiryolu kepçesine dönüşmüştür (https://www.ilkkimbuldu.com/ekskavatoru-kim-icat-etti/).

1882 senesinde Bucyrus Döküm firması ilk buharlı ekskavatörü üretmiş ve aynı sene, bir İngiliz firması olan Sir WG Armstrong & Co. kayda geçen ilk hidrolik ekskavatöri imal etmişlerdir.

1884'te İngiliz teşekkülü Whitaker & Sons tarafından üretimi yapılan ilk tam döner ekskavatörü Minneapolis, Minnesota'da bulunan Kilgore Machine Co., 1897 senesinde gelindiğinde hidrolik ekskavatörün patentini almıştır (https://www.ilkkimbuldu.com/ekskavatoru-kim-icat-etti/).

Buharlı ekskavatörlerin en popüler tatbikatlarından biri, 1904'te başlayan Panama Kanalının kazılması olmuş, bu güçlü girişim için yüz iki adet buharlı kepçe kullanılmış ve bunlardan 77'si Bucyrus tarafından temin edilmiş ve geriye kalan 25 tanesi Marion Power Shovel Company tarafından tedarik edilmiştir (https://www.ilkkimbuldu.com /ekskavatoru-kimicat-etti/).

1920'lerde işletmeler, buhardan çok benzinle ve yağla çalışan makineler imal etmeye başlamış ve daha fazla hareket yeteneği için raylar yerine tekerlekler ve paletler montajlamışlardır. 1931 senesinde, Otis buharlı kepçesinin pazara sürülmesinden yaklaşık 100 yıl sonra, demiryolu kepçelerinin kullanımı son bulmuştur. 1925 yılında Bucyrus 120-B formunda olan taş ocağı ve maden ekskavatörlerinin gelişmişliğini gözlemleyerek, 120-Bdemiryolu kepçelerinin dayanıklılığını, 360 derece dönme kabiliyeti ile bir araya getirerek ekskavatör endüstrisinde yeni bir dönem başlatmıştır (https://www.ilkkimbuldu.com/ekskavatoru-kim-icat-etti/).

Hidrolik ekskavatörler 19.yy sonlarına geldiği zaman kullanılıyor olsa da, bugünkü makinelerden önemli ölçüde farklılık göstermektedirler ve bu eski tip ekskavatörlerde, gücü iletme sırasında hidrolik yağdansa su kullanılmış ve büyük ölçüde başarısızlıkla karşılaşmışlardır. Sir WG Armstrong & Co.'nun ilk hidrolik kepçeyi üretmesinin 32 yıl sonra Amerikalı mühendis Frank H. Armstrong, buna benzeyen başka bir makineyi test ederek her iki makine için de bir dizi çarpma kasnağı kullanan bir hidrolik silindir aracılığıyla kaldırma gücü üretmiştir.

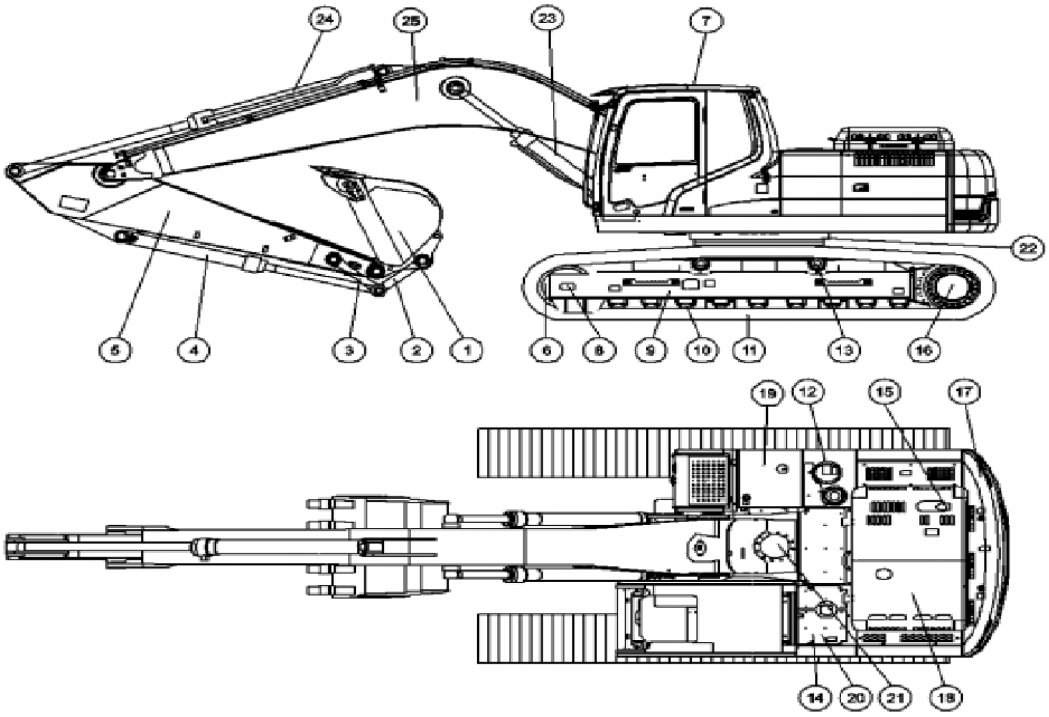
İki ayrı Armstrong hidrolik kepçesi, Gradall ekskavatörü ve S25 Yumbo ekskavatörü, Poclain TU ve TY45 ekskavatörleri, sanayide tam anlamıyla bir devrimin öncüleri olmuştur. 1950'li yılların ardından hidrolik ekskavatörler, çelik halatlı ekskavatörlerinin yerini sadece bir iki madencilik ve taraklama faaliyetinde almıştır (https://www.ilkkimbuldu.com/ekskavatoru-kim-icat-etti/).

Bu süreçte, hidrolik ekskavatör ekskavatör pazarı daha çok sayıda üreticiye sahip olmuştur. Bunun sebebi kablo ile çalışan makineler ile kıyaslandığında üretimin nispeten basit olmasıydı. 1960'lı yıllarda, hidrolik sistemlerin sanayide karşılık bulduğu anlaşılmaktadır.

İş makineleri, modern, donanımını tamamlamış şehirlerin düzenlenmesinde, aynı zamanda, yapı ve sanayi işlerinde yoğun olarak kullanılmıştır. Günümüzde endüstrileşmiş ülkelerin altyapı plasmanlarını tamamlamada en büyük rolünü göstermiş bulunmaktadır. Bu görevi yerini getirmede çokça yol kat etmesi potansiyelin tamamlanmaya gidilmesi nedeniyle iş makineleri sektöründe daralmaya sebep olmaktadır. Günümüz dünyasında iş makineleri piyasasına Amerikan ve Japon firmaları hakimdir. Bu durumun en önemli sebeplerinden biri iş makineleri sektöründe imalât yöntemlerinin oldukça düşük olması; buna karşılık Ar-Ge harcamalarının çok yüksek olması gösterilebilir. 2. Dünya Savaşı sonrasına gelindiğinde savaş sebebiyle yok olan alt yapıyı yeni baştan inşa etmek için iş makinelerinin önemi bir kez daha anlaşılmış, iş makinelerinin üretimi günümüze gelinceye kadar hızlı bir gelişim göstermiştir ve iş makinaları için hidrolik sistemler önemli bir unsur oluşturmuştur.

İş makinlarında kullanılan hidrolik sistemler, günümüzde birçok alanda kullanılan, insan gücünü aşan bir güç gerektiren işlerin gerçekleştirilmesinde tercih edilen ve basitten başlayıp birçok karmaşık alt ekipmandan oluşan sistemlerdir. Temel olarak 'enerjinin taşınması kanunu' kapsamında tasarlanırlar ve enerji aktarımı, endüstride birçok farklı çeşidi olan hidrolik yağlar ile gerçekleştirilir.

2.2. Paletli İş Makinasını Oluşturan Parçalar



1. Kepçe
2. Palet
3. Destek Kolu
4. Kepçe Silindiri
5. Arm
6. İstikamet Tekeri
7. Kabin
8. Gerdirme Mekanizması
9. Alt Şasi
10. Yürüyüş Makarası
11. Palet Bağlantısı
12. Hidrolik Tank
13. Taşıyıcı Makara
14. Hava Filtresi
15. Egzoz Susturucu
16. Yürüyüş Motoru
17. Arka Ağırlık
18. Motor Kaputu
19. Yaktı Tankı
20. Akü
21. Kule Döndürme Ünitesi
22. Kule Döndürme Dişlisi
23. Bom Silindiri
24. Arm Silindiri

Şekil 2.1: Paletli İş Makinasında Ana Parçaların Yerleri (Hidromek)

Bom: İş makinalarında bom makinanın en büyük parçasıdır, tek veya iki parçalı olarak imal edilir. İki adet silindirle hareket verilir. İki parçalı bomun hareket kabiliyeti daha yüksektir. Kazılan yükün taşınması için kullanılır.

Arm: Bom üzerine bağlı olan silindirden alır ve üzerinde kovaya hareket veren silindir bulunur.

Kova: Taşıma işlemlerinde kazma, koparma da kullanılır.

Bom silindiri: Boma hareket veren kazılan malzemenin yüklenmesi için kullanılır.

Arm silindiri: Arm silindirinin görevi, kazma sırasında kepçe ucunda kovanın görev yapmasını sağlar.

Kova silindiri: Boşaltma-doldurma ve kazı işleminin yapılması için kovaya hareket verir.

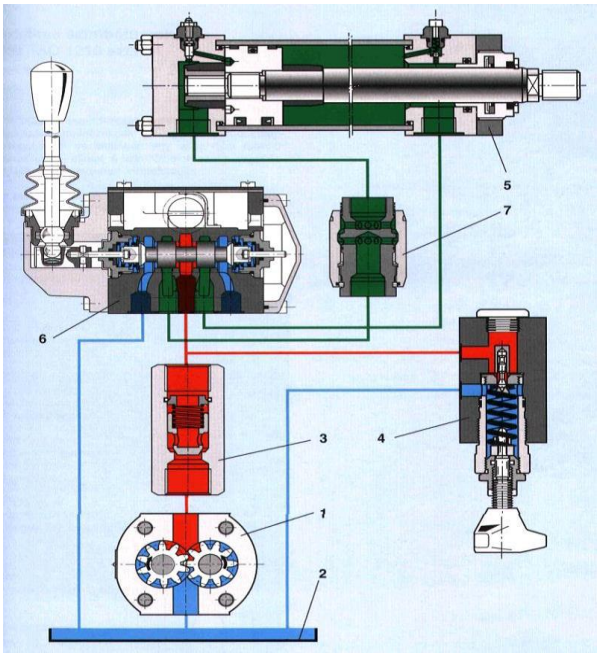
Kule dönüş hidrolik motoru: Ekskavatörün yerinden hareket etmeden kazı ve yükleme işleminin gerçekleşmesi için bir hidrolik motoru ve göbek dişlisi ile kuleyi döndürür.

Yürüme hidrolik motoru: Ekskavatörün yürümesi sağ ve sol paletleri tahrik eden iki hidrolik motorla sağlanır. Hidrolik motorlar birer dişli kutusu vasıtasıyla cer dişlilerini, cer dişlileri de paletleri hareket ettirir. Cer dişlisinin teğet sel hızı yaklaşık olarak ekskavatörün yürüme hızına eşittir.

2.3. İş makinasında Hidrolik Sistemin Tanıtılması

Hidrolik terimi, Yunancadaki su anlamına gelen hydro ile boru anlamındaki aulos sözcüklerinden türetilmiştir.

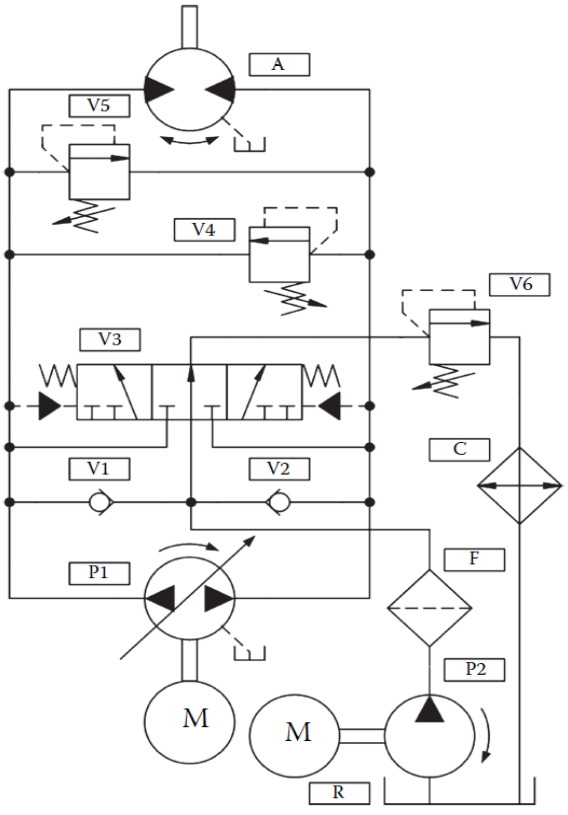
Hidrolik sistemler kavramı ise, basınç altındaki akışkanın kimyasal ve mekanik özelliklerini, verdiği tepkileri, enerji dönüşümünde kullanımını, kuvvet iletimini, hareket ve denetimini inceleyen sistemlerin tümünü kapsamaktadır. Bu sistemde enerjinin iletimi yağ veya su gibi akışkanlar aracılığıyla gerçekleştirilir.



Şekil 2.2: Tipik Bir Hidrolik Sistem (Hidromek) 1-Dişli Pompa 2-Yağ Deposu 3-Spool 4-Yağ yönlendiri 5-Hidrolik Silindir 6-Kontrol Valfi 7-Çek Valf

Hidrolikte akışkanların sıkıştırılması sayesinde yüksek ölçüde güç elde edilebilmektedir. Böylelikle, belli bir güç gerektiren lunapark eğlence araçlarından tutun, dev bir kamyon, dozer ya da kürekleri kolaylıkla çalıştırabilmektedir. Hidrolik sistemler sayesinde dairesel, doğrusal ve açısal hareket oldukça kolaydır ve özellikle ters yönlü ani haretketlerin mümkün olması hidroliğin seçilme nedenlerindendir.

Hidrolik sistemler kullanıldığı alanlara göre farklılık arz edebilirler. Bu farklılık genel anlamda kapalı çevrim ve açık çevrim olarak iki şekilde adlandırılır. Bu sistemlerin arasındaki ana fark rezervuar (depo) kısmının kapalı çevrimde kullanılmamasıdır. Rezervuar kısmının istenilmediği tasarımlarda kapalı çevrim sistemi kullanılarak mobilite arttırılabilmektedir. Kapalı çevrim hidrolik devreye bir örnek Şekil 2.3'de verilmiştir.



Şekil 2.3: Kapalı Çevrim Hidrolik Devre Şeması

2.3.1. Temel kanunlar

Debi: Hidrolik ve pnömatik sistemde belli bir akış kesitinden belli bir sürede geçen akışkan miktarına denir. Debi birimi olarak m^3 /h, m^3 /s, litre/dakika veya cm^3/saniye vb. kullanılabilir.

Basınç: Bir kesitte sıkıştırılmış akışkan Paskal prensibince, içinde bulunduğu kapalı kabın tüm çeperlerinde aynı kuvveti uygular. Buna basınç denir. Basınç birimi için yaygınca kullanılan birim bar olmakla; fiziksel anlamda N/m^2 ve benzeri birimler basınç birimidir.

Efektif Basınç: Manometrede (kapalı sistemler) okunan basınç değerine denir.

Mutlak Basınç: Manometre göstergesinde görünen basınç değerine 1 atmosfer basıncı eklendiğinde ortaya çıkan basınç değeridir.

Kavitasyon (Aşındırmak): Metal yüzeylerinden minimal parçaların koparılmasına denir. Bu şekilde malzeme aşınması, lokal ve ani olarak ortaya çıkan basınç ve sıcaklık değişimlerinen kaynaklanır.

Pompa içerisindeki statik basınç, uygulanan sıvının buharlaşma basıncının altında bir seviyeye düşerse sıvı buharlaşır ve bünyesinde küçük buhar kabarcıkları meydana gelir.

Akışkanın dinamik hareketi sayesinde sürüklenen bu kabarcıklar buharlaşma basınçlarından daha yüksek basınçla karşılaştıklarında yoğunlaşırlar. Yoğunlaşma esnasında boşaltılan hacimler, bunları çevreleyen sıvı tarafından doldurulur. Ani şekilde oluşan bu değişim bir patlama efekti meydana getirir. Bu fiziksel değişime kavitasyon denir. Kavitasyon, oluştuğu sistemin malzemelerini bozucu etki yapar.

Hidrolik sistemler günümüzde neredeyse her sektörde kullanılmaktadır. Sektörlere göre bu sistemler farklılık göstermektedir. Bu farklılıktan dolayı sistemler, sabit ve hareketli olmak üzere iki başlıkta değerlendirilmektedir (Akyazı ve Çorak, 2011).

Hidrolik sistemlerin çok çeşitli olması ve birçok parametreye göre tasarlanması şüphesiz ki birçok sektörde kullanılmasından dolayıdır. Bir döküm makinesinde istenilen çalışma şartları ile bir mobil vinç sisteminde istenilen çalışma şartları farklılık göstermektedir. Bu sebep ile belirtilen bu sistemlerde kullanılan hidrolik ekipmanların oldukça farklı olacağı ve özel amaca uygun olarak üretileceği için ekipmanların farklılık göstereceği bilinmektedir. Çalışma koşullarından dolayı kullanılan hidrolik ekipmanlarda farklılık

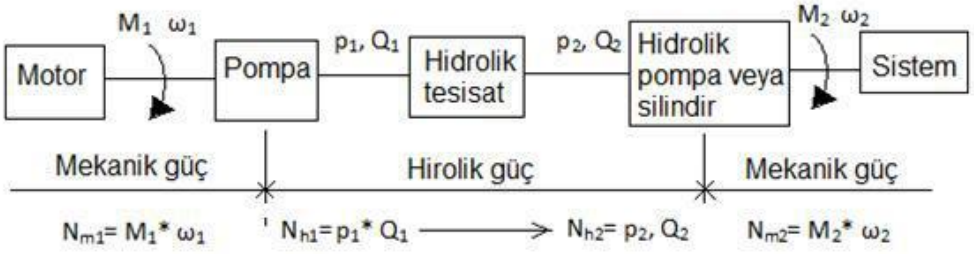
gösteren sistemlerin bazı ortak noktaları bulunmaktadır. Döküm makinesi ve mobil vinç makinesi gibi iki farklı sistemin işlevini gerçekleştirebilmesi için bünyesinde pompa bulundurma zorunluluğu vardır çünkü hidrolik pompa kullanılmadan enerji aktarımı gerçekleştirilemez. Genel olarak bir hidrolik sistemde kullanılan ekipmanlar aşağıda verilmiştir (MEGEP, 2007);

- Hidrolik pompa
- Hidrolik filtre
- Akümülatör
- Hidrolik motor
- Hava filtresi
- Yön kontrol valfi
- Hidrolik boru
- Hidrolik silindir
- Basınç kontrol valfi
- Çek valf
- Akış kontrol valfi
- Hidrolik yağ
- Akış bölücü
- Tank (Rezervuar)

Tablo 2.1: Hidromek İş Makinalarında Hidrolik Sistem Teknik Özellikler

Hidrolik Sistem	Ana Pompa	Tip	-	Pistonlu Pompa
		Debi	L/dakika	2 x 234
		Fonksiyon	-	Tam güç kontrollü
	Pilot Devre Pompası	Tip	-	Dişli tip
		Debi	L/dakika	20
		Deplasman	cc	10
		Tahliye Basıncı	kgf/cm2	40
	Ana Kumanda Valfi	Tip	-	7 Spool-Monoblok, pilot kontrollü
		Ana Tahliye Basıncı	kgf/cm2	330-360
		Port Tahliye Basıncı	kgf/cm2	380
		Fonksiyon	-	Bom/arm birleşik akış Kule dönüş önceliği Bom önceliği Düz yürüyüş Bom/arm yük tutma Bom/arm rejenerasyon devre

Hidrolikle güç iletimi, güç kaynağı tarafından sağlanan mekanik gücün hidrolik güçe çevrilerek uygulama noktasına iletilmesi ve hidrolik mekanizmalar aracılığıyla yeniden mekanik güce dönüştürülerek kullanılması anlamına gelir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4: Hidrolik Sistemle Güç İletiminin Temel Prensip Şeması(Hidromek)

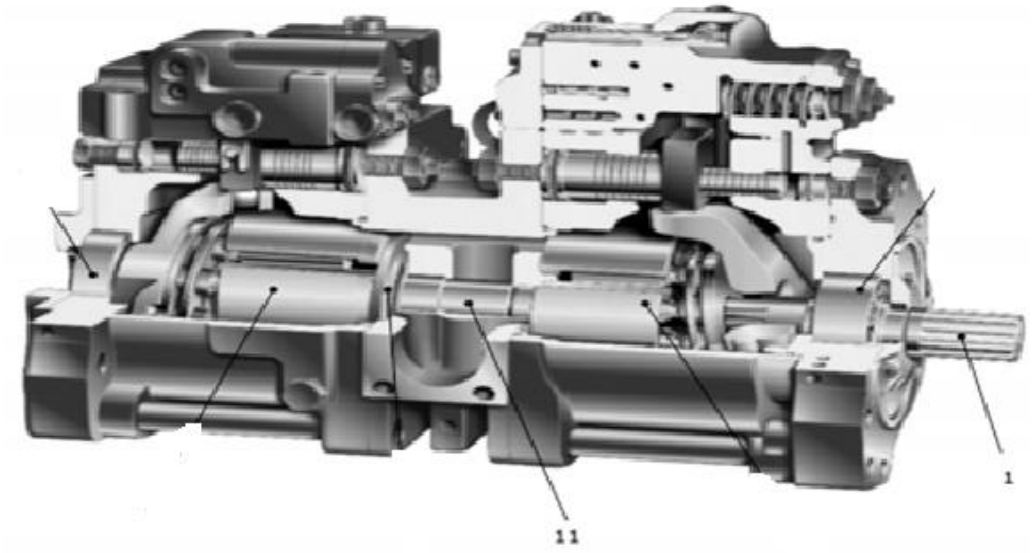
2.3.2. Hidrolik pompa

Pompa, birbirlerine frezeli kaplinle (Şekil 2.5'deki 11 nolu parça) bağlı iki kısımdan oluşur. Motordan alınan dönme hareketi pompanın ön kısmında bulunan tahrik mili

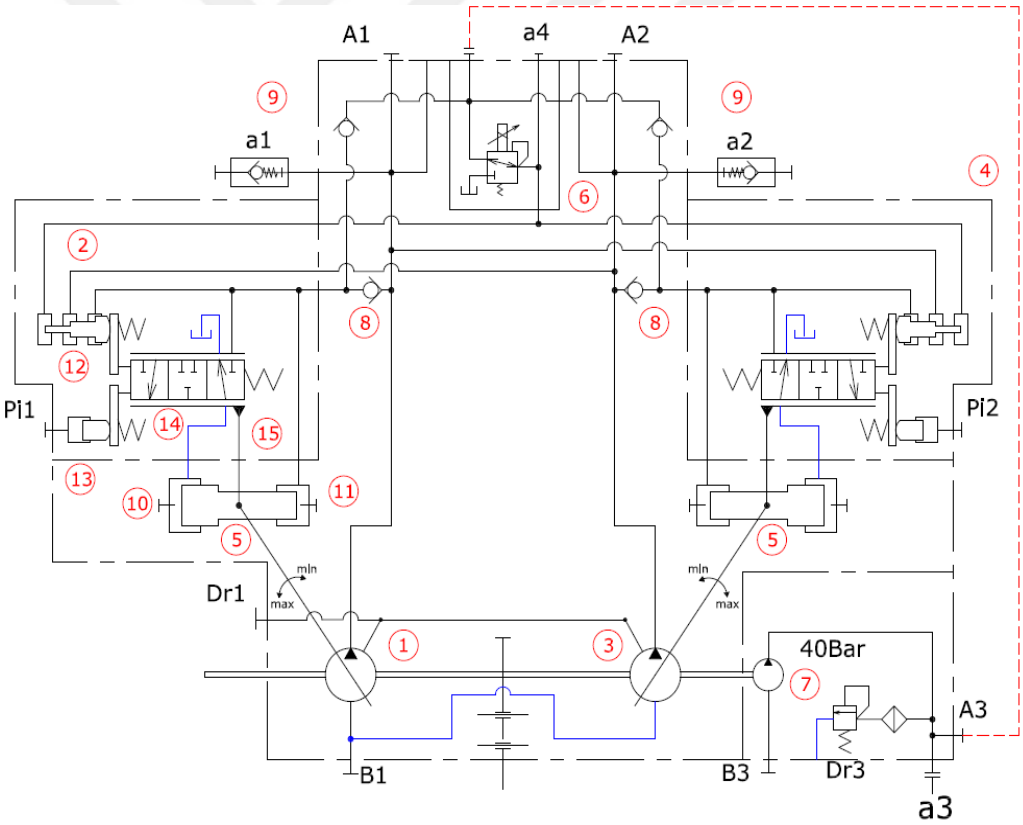
Şekil 2.5'teki 11 nolu parça aracılığı ile her iki pompa kısmına da aktarılır. Her iki pompa giriş portları ortaktır ve çıkış portları farklıdır.

İşlevi pompa iki ana kısımdan oluşmaktadır. Döner grup, pompanın dönme hareketini yapan ana işlevi; eğik plaka (swash plate) grubu ise, pistonlarla emme-basma yaparak hidrolik yağ akışını sağlamaktadır.

1MPa = 10,197 kgf/cm^2 = 10 bar 1 Nm = 0,10197 kgf-mm^2



Şekil 2.5: Hidrolik Pompanın İç Yapısı (Hidromek)



1- P1 Pompası
2- P1 Pompa Regülatörü
3- P2 Pompası
4- P2 Pompası Regülatörü
5- Servo Pistonu
6- Oransal Valf
7- Pilot Pompa
8-9- Çek Valf
10-Max Açı Ayar Civatası
11-Min Açı Ayar Civatası
12-Güç Kontrol Valfi
13-Negatif Kontrol Pistonu
14-Servo Kontrol Pistonu
15-Geri Getirme Kolu

Şekil 2.6: Hidrolik Ana Pompanın Şeması (Hidromek)

2.3.3. Ana Kumanda valfi

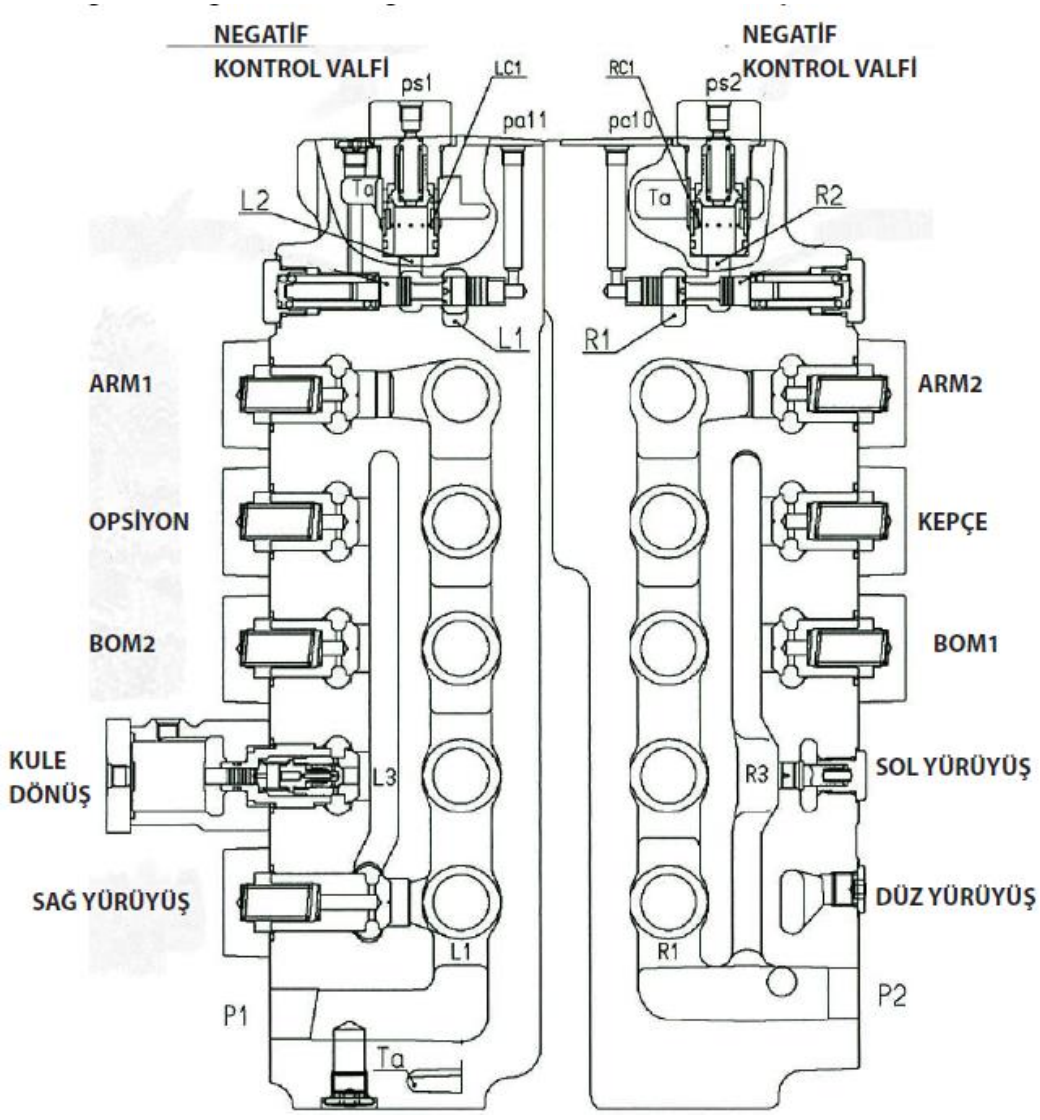
UX serisi ana kontrol valfi, yüksek basınç ve enerji tasarrufu ihtiyaçlarını karşılayan yapıdadır. Kontrol valfi, sağlam monoblok gövde ve yüksek basınçta çalışan sürgülerden oluşmaktadır. Valfin yapısı nedeniyle, çeşitli hidrolik akımları yönlendirmek mümkündür. Pek çok çeşit ataşman valfi eklenebilir. Bu çoklu kontrol valfi, aşağıda belirtilen işlevleri görmek üzere tasarlanmıştır:

1. Yağ akışını yönlendirmek;
2. Hidrolik ünitenin düzgün, rahat ve emniyetli çalışmasını sağlamak;
3. Hidrolik sistem basıncını istenen değerler arasında tutmak.

UX serisi kontrol valfının özellikleri:

1. Sürgü boş konumunda iken, merkezindeki baypas kanalı sayesinde hidrolik basıncı ortadan kaldırır.
2. Ana kontrol valfi iki hidrolik akım ile çalışır: Sürgünün konumunu belirleyen çiftli uyarı (pilot) akımı ve ana hidrolik akım. Ana hidrolik akım yarı paralel olarak bölünmüş olup, aynı anda kumanda verilerek birçok hareketin birlikte yapılması sağlanmaktadır.
3. Valf gövdesinin üst ortasında yer alan bölümde birbirine karşıt olarak iki adet çek valf yerleştirilmiştir. Bunlardan biri, sürgünün baypas kanalından gelen çiftli uyarı akımını, diğeri de yarı paralel ana hidrolik akımı tutar. Bu sayede kumanda verildiği sürece, hidrolik ünitenin istenen konumda tutulması gerçekleşir.
4. Sürgülerin hareketi pilot basıncı ile sağlanır. Sürgü üzerindeki kanallar, sürgünün çeşitli şekillerde kumanda edilmesine olanak sağlayacak gibi ayarlanmıştır.
5. Buna ek olarak, sürgünün hareketine bağlı olarak değişen sinyal basıncı da oluşur.
6. Kartuş tipi aşırı yük emniyet ve takviye valfları da bloğa bağlanmıştır.
7. İki kademeli basınçlı ana emniyet valfi da kartuş tipidir.
8. İlave bir sürgü ile hidrolik akımı takviye etme olanağı vardır.
9. Enerji tasarrufu için, bir emniyet valf ilavesiyle Negatif kontrol akımından da yararlanılmaktadır.

10. Hidrolik silindirin rod tarafı ve piston tarafı arasında bağlantı sağlanarak rejenerasyon işlevi gerçekleştirilir.
11. Bom ve arm akım hatlarına yük tutucu kilit valfları takılmıştır.
12. Sağ ve sol kontrol valfları sırt sırta yerleştirilerek borulu donanım ihtiyacı azaltılmıştır.



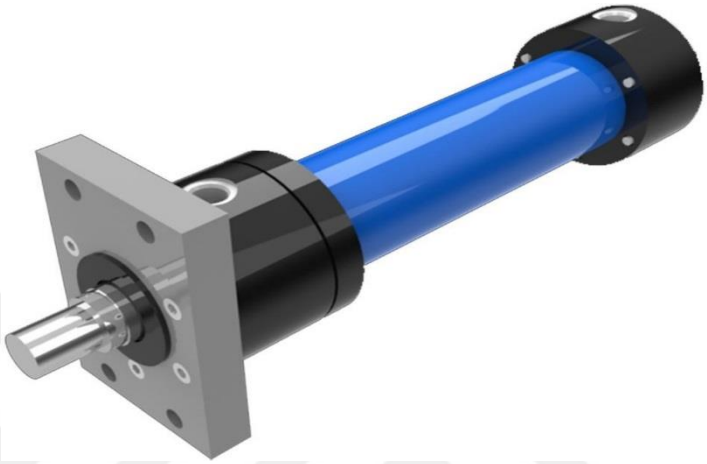
Şekil 2.7: Hidrolik Valfin Görünümü (Hidromek)

2.3.4. Hidrolik silindirler

Hidrolik silindirler, hidrolik devrede hidrolik enerjiyi mekanik enerjiye dönüştüren, doğrusal hareket ve doğrusal kuvvet sağladığımız devre elemanlarıdır. Bu silindirlerin

farklı tip ve boyutları piyasada yer alır. Tek etkili, çift etkili, tandem, telskobik gibi farklı hidrolik silindir tipleri kullanım amacına göre farklı şekillerde sınıflandırılırlar.

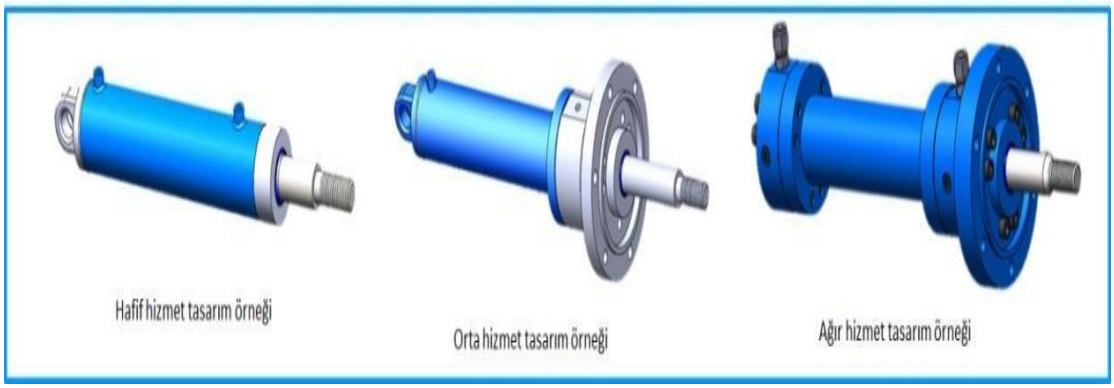
Çift etkili tek milli silindir piyasada en yaygın hidrolik silindir tipidir. Şekil 2.8'de yer alan resimde örnek bir silindir gösterilmiştir. Piyasada hidrolik silindir piston vb. birçok farklı isimle isimlendirilmektedir ancak terminolojideki karşılığı hidrolik silindirdir.



Şekil 2.8: Çift Etkili Tek Milli Hidrolik Silindir (Celka, 2013)

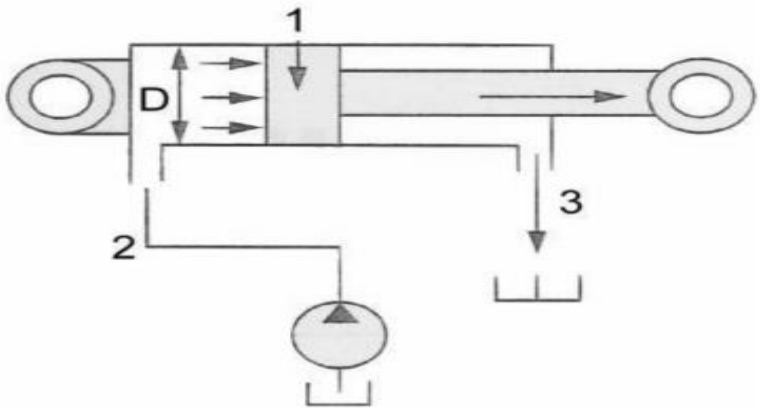
Hidrolik silindirin görevini gerçekleştiebilmesi içinde basınçlı yağın hapsedilmesine bağlıdır. Oluşabilecek iç veya dış kaçakların sonucunda, silindir içinde oluşan basınç kayıplarının kritik değerlere ulaşması durumunda, basınç kayıpları silindirin görevini yapamamasına sebep olabilir. Silindirde meydana gelebilecek kaçakları önlemek amacıyla çeşitli bölgelerde sızdırmazlık elemanları kullanılmaktadır. Çok miktarda farklı malzeme ve çok miktarda tipte üretilmiş sızdırmazlık elemanının seçimi, hidrolik silindirin konstrüksiyonu ve çalışma şartlarına göre yapılır. Çalışma şartları, sızdırmazlık elemanlarını seçerken bir kriter oluşturuduğu gibi diğer yandan hidrolik silindir konstrüksiyonlarının da farklılık göstermesine neden olur.

Şekil 2.9'da üç tip silindir gösterilmiştir. Farklı çalışma şartlarına uygun tasarlanan bu silindirlerde konstrüksiyon ve sızdırmazlık elemanları seçiminde farklılık bulunmaktadır.



Şekil 2.9: Farklı Çalışma Şartları İçin Tasarlanmış Üç Tip Silindir (Yontar, 2013)

Silindir pistonu (1) mili, silindirin arka kısmına (2) veya ön kısmına (3) gelen yağ tarafından ileri-geri hareket ettirilir. Pompadan gelen yağ pistonun arka tarafına gönderildiğinde piston mili dışarı çıkar. Burada oluşan (F1) piston strok kuvveti aşağıdaki formüle göre hesaplanabilir. Kuvvet, P = yağ basıncı ile silindir iç çapı D çarpımıdır.



Piston 2-Basnç Hattı 3-Geri Dönüş Hattı

Şekil 2.10: Hidrolik Silindirin Çalışma Prensibi

$F1 = P \times \pi D2 /4$

Mil geri çekildiğinde, silindir ön tarafında oluşan kuvvet (F_2) ise aşağıdaki formülde gösterildiği gibi, piston mil (4) çapı R dikkate alınarak hesaplanır.

$F_2 = P \times \pi(D_2 - R_2)/4$

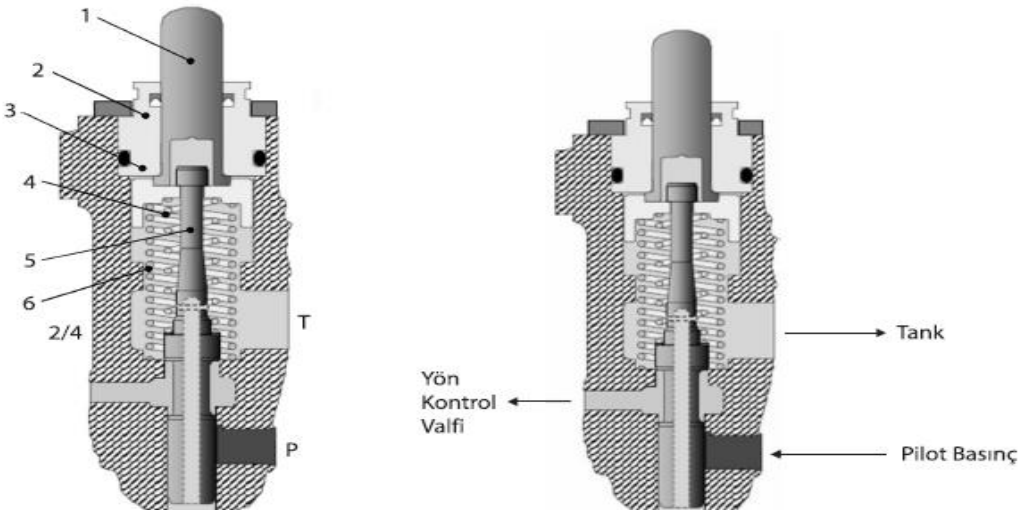
Mil çıkarken oluşan yağ akışı (Q_1), geri çekilirken oluşan (Q_2) akışından büyüktür. Bu nedenle silindir mili yavaş çıkıp hızlı geri çekilir.

$Q_1 > Q_2$, $Q = S \times \pi D^2 / 4$ $Q_2 = S \times \pi(D_2 - R_2)$ (3.5.1)

2.3.5. Joystick

PV48K modeli kumanda valfi ile dört yönde kumanda edilir. Valf sürgüleri sayesinde pilot devre basınçlı yağı istenen devreye gönderilir.

Kumanda valfinin yapısı aşağıda gosterilmiştir. Pilot valfler, gövdeye dikey olarak delinmiş olan yuvalara şekillerde gösterildiği gibi yerleştirilmiştir. Joystikler (pilot kumanda valfleri) 4 adet surguye sahiptir.



1. İtici rod
2. Tapa
3. Yay tutucu
4. Dönüş basıncı ayar yayı
5. Sürgü
6. Sürgü yayı

P : Pilot basınç girişi
T : Tank hattı
1/3 : Çıkış (1.ataşman)
2/4 : Çıkış (2.ataşman)

Şekil 2.11: Joystick

Kumanda pilot valfi, ana valf sürgülerinin yön ve strokunu belirler. Bu işlem kumanda pilot valfindan çıkan basınçlı yağın, ana kumanda valfine etkisine bağlı olarak gerçekleşir.

Bu işlemi gerçekleştiren kumanda valfi elemanları şöyle çalışır:

1. Hidrolik pompadan beslenen yağ, (P) giriş portundan kumanda valfine girer.
2. (1, 2, 3 ve 4) numaralı çıkış portlarından çıkan kumanda yağ basıncı, ana valf sürgülerini hareket ettirir.
3. Hidrolik depoya bağlı hat çıkışı (T) portuna irtibatlı olup, valf basıncının ayarlanmasını sağlar.
4. Kumanda pilot valf sürgüsü ile gelen basınçlı yağ ilgili kumanda sürgüsüne veya hidrolik depoya yönlendirilir.
5. Sürgünün hareketleri, yay tansiyonu ile çalışan mekanizma ile gerçekleştirilmektedir.

Pilot pompadan gelen basınçlı yağ, (P) portundan (5) numaralı sürgüye gelir. Bu yağ, sürgünün kumanda edilen konumuna bağlı olarak (1/3, 2/4) veya (T) portlarına yönlendirilir. (4) numaralı yay tansiyonunun fonksiyonu olarak oluşan ikincil basınç, (5) numaralı sürgünün hareket kademelerini belirler. Kumanda valfi joystiği ile yapılan hareket (1) numaralı itici rod ile (4) numaralı yaya aktarılır. (2) numaralı tapanın içindeki yuvada bulunan yayın yumuşak esnemesini sağlar. Herhangi bir kumanda verilmediğinde ise (6) numaralı yay tansiyonu, (1) numaralı itici rodu geri iterek yağı (3) numaralı yay tutucunun arasından joystick gövdesine gönderir. Boş konumunda kalan (1) numaralı sürgünün hareketleri ile yay tansiyonları, "kumanda hassasiyeti"ni tayin eder.

2.4. Hidrolik sistemin avantaj ve dezavantajları

Tüm diğer sistemlerde olduğu gibi hidrolik sistemlerin de bazı avantaj ve dezavantajları vardır. Bunlar Tablo 2.2 ve 2.3'de sunulmuştur. Hidrolik, diğer enerji türleriyle kıyaslandığında pek çok artı yöne sahiptir (Hidrolik Sistemler Modülü, 2011 ve Ayraç, 2011). Çalışma koşulları açısından bakıldığında da bazı avantaj ve dezavantajları görülür. Bunlar Tablo 2.2'de gösterilmiştir.

Tablo 2.2: Hidrolik Sistemin Avantajları ve Dezavantajları

Karşılaştırma Ölçütü	Hidrolik	Elektrik	Pnömatik
Enerji aktarımı	100 m kadar akışkan hızı V=2-6 m/s sinyal hızı 1000 m/s	Sınırsız	100 -0 m kadar akışkan hızı V=20-40 m/s sinyal hızı 20-40 m/s
Enerji birikimi	Sınırlı	Basit	Basit
Enerji maliyeti	Zor	Ucuz	Basit
Sıcaklık etkisi	Hassas	Etkilenmez	Hassas
Hareketler	Silindirde hız, kolay ayarlanıyor.	Pahalı	Silindirde hız, kolay ayarlanıyor
Dairesel iletimi	Etkili	Etkili	Etkisiz, yüksek hızlı
Konumlama duyarlılığı	±1µm kadar ayarlanır	±1µm kadar ayarlanır.	1/10 mm kadar ayarlanır.
Güç ilişkisi	Aşırı yüke karşı emniyetli yüksek kuvvetlere ulaşabilir.	Aşırı yüklenemez yüksek kuvvetler elde edilebilir.	Aşırı yüke karşı emniyetli, sınırlı kuvvetlere ulaşılabilir.
Gürültü düzeyi	Hafif	Sessiz	Orta

Tablo 2.3: Hidrolik Sistemlerinin Enerji Aktarmasının Karşılaştırılması

Hidrolik sistemlerin avantajları	Hidrolik sistemlerin dezavantajları
Çalışırken ses çıkarmazlar. Titreşimsiz hareketleri sağlayabilirler. Yüksek çalışma basıncına ulaşılabilir. Çalışırken hız ayarlanabilir. Komponetleri yağlayıcı niteliktedir ve ekstra sistem gerektirmez. Güvenlik valfleri sistemin emniyetli çalışmasını sağlar. Hareketler için ileri seviye duyarlı hız ayarlaması yapılabilir. Yağ ısıyı çevreye yayar. Komponentlerin ömrü uzundur.	Hidrolik sıvılar uzak yerlere götürülemez. Depolanabililirliği sorunludur. Sistem akış hızı düşüktür ve komponentler düşük hızlarda çalışırlar. Hidrolik sıvıların havayla temasından kaçınılması gerekir, çünkü kavitasyona ve sese neden olur ve hız stabilize edilemez. Toz, sistemde olumsuz olarak zımpara etkisi yapar.

BÖLÜM 3. YAĞLAR

3.1. Yağın Ana Özellikleri

Bir yağlayıcı genellikle baz akışkandır ve bu baz akışkan çoğunlukla petrol kökenlidir. Baz akışkanın istenilen özellikleri kazanabilmesi için katkı kimyasalları ile harmanlanmaktadır. Baz akışkanlar belli başlı iki kaynaktan elde edilir. Bunlardan biri petrol kaynaklı ham yağın damıtılması, diğeri de yağlayıcıya arzu edilen özgünlüğü kazandıran bağıl olarak saf bileşenlerin karışımından oluşmuştur.(Mang, T.; Dresel,)

3.1.1. madensel yağlar

Yağlayıcı baz yağın imalâtıyla ilgili bütün standartlar istenilen yağlayıcı özellikleri için bazı adımlardan oluşmaktadır. Bunlar:

- Viskozite dizini
- Paslanmaya karşı gösterilen direnç
- Termal mukavemet
- Düşük sıcaklıktaki akışkanlığıdır.

Petrol kaynaklı ham yağ ile başlayacak olursak, yağlayıcı bir baz yağın oluşturulması için orijinal süreç aşağıdaki şekilde olacaktır:

- Gaz, uçak yakıtı gibi rafinerileri düşük kaynama noktasına sahip malzemelerin ayrıştırılması
- Aromatik özelliğe sahip ve polar bileşimine sahip kirleticilerin yapıdan ayrıştırılması
- Baz yağın istenilen viskozite türünün verilmesi için rafine edilmesi
- Düşük sıcaklıkta akışkan olması için iyileştirilmek amacıyla parafinden arıtma
- Paslanmaya karşı ve ısıl kararlılığı iyileştirmek amacıyla yapılan son uygulamalar.

3.1.2. Karma yağlar

Belli başlı özelliklerin sağlanmasında molekül ağırlığı yüksek bir akışkanın üretimi için düşük olan molekül ağırlıklı gereçlerle kimyasal tepkime sonucu meydana gelen yeni bir üründür. Bu yönteme ve ham stok kaynağına bağlı şekilde değişik kimyasal kompozisyon durumundaki pek çok karmaşık bileşimden ortaya çıkan rafine edilmiş petrol yağların tersine bir üründür.

Yaygın olarak kullanılan üç karma baz yağ:

- Poli alfa olefinler
- Doğal esterler
- Poli glikollerdir (Mang, T. Dresel,)

Öteki değişik sentetik akışkanlar çok özel tatbikatlarda kullanılmasının yanı sıra, bunlar fosfatesterleri, silikonlar, silikat esterleri ve poli fenil eterleridir. Sıradan madensel yağlara göre karma yağlayıcıların bir kısım avantajları aşağıda olduğu gibi sıralanabilir.(Powell, J.R.)

- Düşük ısılarda oldukça iyi akışkanlığa paralel olarak düşük akma noktalarına sahip olması
- Yüksek olağan viskozite endeksi
- İleri oksidasyona karşı göstermiş olduğu direnç
- Yüksek parlama, alev alma ve otomatik ateşleme noktaları
- Düşük uçuculuk
- Korozyona oldukça dayanıklı olmasının yanı sıra toksit ve zehirli mineraller içermemesidir.

Düşük sıcaklıklı yağlayıcılar ve ateşe dayanıklı hidrolik sıvılar gibi sentetik yağlayıcılar, havacılık endüstrisinde uzun süredir kullanılmaktadır. Bu yağlayıcıların yüksek maliyetleri dengelemesinin yanı sıra aynı viskozite aralığındaki sentetik malzemeler genellikle petrol bazlı sıvılardan daha büyük bir sıcaklık aralığında kullanılabilir. Uygun petrol bazlı yağların yokluğunda, bazı sentetik yağlayıcıların baz stokları, yüksek sıcaklıklarda uçuculuk ve düşük sıcaklıklarda viskoziteye ulaşmak için petrol bazlı yağlarla karıştırılabilir.

3.2. Katkı Unsurları

Katkı unsurları baz mineral yağa yeni özellikler kazandıran malzemeler olarak tanımlanmasının yanı sıra katkı unsurları yağlayıcının mevcuttaki pek çok özelliğini yükseltmektedir. Yağlayıcının içine ilave edilen katkı unsurlarının miktarı ve tipi yağlayıcı ve elde edilmek istenen performans özelliklerine bağlıdır. Kullanımdaki en yaygın katkı maddeleri aşağıda özetlenmiştir:

Deterjanlar: Diğer adıyla metalik dispersanlardır. Bunlar sistemdeki meydana gelen kalıntıları kontrol için kullanılır. Bunlar, makine parçalarını temiz tutar ve süspansiyon içinde kalıntı meydan gelmişse bunları tutarlar. Dispersanlar vb. deterjanlar, yağlayıcıyla karıştırma işlemiyle zararlı ürünlerin sistem dışı yapılması ve nötralizasyonunu sağlar. Buna ilaveten, deterjanlar metal yüzey üzerinde koruyucu tabaka meyana getirerek çamur ve vernik kalıntısı oluşumunu engeller. Bu asidik asit motordaki malzeme miktarını düşürmektedir. Deterjanlarda metalik baz için baryum, kalsiyum, magnezyum ve sodyum kullanılır. Deterjan katkılar dizel ve benzinli motorlarda daha çok kullanılmaktadır.

Külsüz dispersanlar: Bu katkı maddesi yağlayıcı bünyesindeki zararlı ürünlerin askıya alınmasını ve ayrılmasını amaçlar. Bu nedenle katkı bu zararlı ürünlerin etkisini nötralize eder. Zararlı ürün kir, su, yakıt, proses envanteri vb. kirletici maddelerin yanında çamur, vernik, oksitleyici maddeler de olabilir. Tipik uygulamaları dizel ve benzinli motorlarda kullanılan yağlar, transmisyon akışkanları, yardımcı güçle çalışan direksiyon akışkanları ve kimi durumlarda da vites kutusu yağlarıdır.

Katmanın oksidasyon ve korozyonunun önlenmesi: Pas ve korozyon, oksijen ve asidik ürünlerin metal yüzey üzerindeki etkisinden kaynaklanır. Süreç, su ve kirletici maddelerin varlığıyla hızlanır. Pas ve korozyon önleyiciler asitleri nötralize eder ve kayan yüzeylerde koruyucu bir film oluşturur. Bu inhibitörler, yağlayıcı içinde ve sıvı seviyesinin üzerindeki yüzeylerde bulunmalıdır. Antioksidanlar: Antioksidan, yüksek sıcaklıklarda çalışan yağların oksidasyonunu sınırlar. Ayrıca antioksidanlar olarak bilinirler ve oksidasyon ürünlerini kimyasal olarak iyi durumdaki ürünlere dönüştüren oksidasyon sürecine müdahale ederler. Ek olarak, bazı antioksidanlar, serbest katalitik metallerle (esas olarak bakır ve demir) etkileşime girer ve bunları oksidasyon işleminden çıkarır. Neredeyse tüm yağlayıcılar, çeşitli derecelerde antioksidan katkı maddeleri içerir.

Motor bileşenlerindeki paslanmayı engellemek için yağa eklelenen katkı maddeleri polar organik bileşenlerdir ve metal yüzey ile kimyasal tepkimeye girmeksizin film oluşturarak metal yüzeyi su ve hava temasından korur. Bu sayede su buharı ve korozif ortam asitlerinin motor bileşenlerin yüzeylerine zararı engellenmiş olur. Önemli motor bileşenlerindeki sızıntı ve kayan yüzeylerdeki aşınma korozyon sayesinde hızlanır. Yanma, özellikle oksit partiküllerinin yağ içine girerek motorun her yerinde aşınmaya sebep olmaktadır. Korozyon, asidik ürünün metal yüzeyine erişmesinden önce nötrelize edilmesi ve koroziflerin yüzeye teması kuvvetli tutunma kabiliyetine sahip pasifleştirici bir filmle engellenmesi gibi iki ayrı yöntemle minimize edilebilmektedir (Taylor, 1993).

Viskozite İçindeki İyileştiriciler: Bu katkı unsurları yağın viskozite sıcaklık ilişkisini iyileştirmek adına yağlayıcının yüksek sıcaklılarda yeterli düzeyde yağlama yapması için yağlayıcıya ilave edilmektedir. Düşük ısılarda baz üretimi viskozite tipikliği hakimken yüksek sıcaklık altında geçerli viskoziteyi, viskozite iyi ediciler ortaya koyar. Viskozite indeksini yükseltici katkılar baz yağların viskozite ve sıcaklık arası bağımlılığı azaltma amacıyla yağ bileşimine katılırlar. Bu kategorideki yağ katkıları 1960'lı yıllarda multi dereceli yağların gelişimine sebep olan teknolojidir. Çok dereceli yağlar için ana özellik düşük sıcaklıklarda motoru çalıştırmaya başlayarak yeterli viskozite sağlaması, yüksek sıcaklıklarda ise aşınmayı engellemesidir.

Grup I mineral baz yağ tabanlı viskoziteyi arttırıcı katkısız yapı bileşeni, nisbi olarak güçlü viskozite-sıcaklık ilişkisi söz konusu olacağından belirli bir sınır sıcaklık altında çalışabilecektir.

Yağın viskozitesini artıran katkılar, baz yağa veya katkı bileşimine karıştırılırsa yüksek sıcaklıkta bileşimi kalınlaştırıcı etkiye, düşük sıcaklıklardaysa en düşük seviyede kalınlaştırma etkisine sahip yağda çözünebilen polimerlerdir. Bu olay basitçe şöyle anlatılabilir: düşük sıcaklıktaki polimer-yağ etkileşimi en az seviyededir fakat sıcaklık arttıkça etkişleşim seviyesi yükselir (Powell, J.R.).

Yüksek sıcaklıklarda polimerin baz yağıyla teması polimerin faal hidrodinamik hacmini arttırmak yoluyla viskozite özelliklerini arttırıcı katkının etkin hacim kesimini yükseltir.

Sonuç olarak bu da yağ viskozite seviyesindeki yükselişi doğurur. Bu durumun oluşması için viskozite özelliğini arttırıcı ve başka katkı karşımına eklenen düşük viskozite seviyeli baz yağ karışımı kullanılır. Viskozitesi düşük baz yağlar düşük sıcaklıklarda yağın serbest

akışına müsaade ederken viskozite özelliklerini arttıran katkı yüksek sıcaklıklarda viskoziteyi arttırır.

Akma noktasını indirgeyenler: Akma noktasını alt seviyelerine indirgeyen sıcaklığı düşük yağlar için yerçekimi ivmesiyle akma niteliği sağlar. Bunlar parafin düşük sıcaklıkta oluşmasının önüne geçmesinin yanında formüllerinin çoğunda özellikle de viskozite iyileştirici ihtiva edenlerde akma noktası düşürücüler diğer katkılarda bulunduğundan ilave akma noktası düşürücü gerekmez (Powell, J.R).

Mineral bazlı tüm yağlar parafinik bileşenler ihtiva eder ve bunların viskozite-sıcaklık bağımlılığı yüksektir. Fakat düşük sıcaklıklarda vaks oluşumuna neden olurlar. Bu vakslar düşük etkin hacimli olmalarına karşın yağın akışına engel teşkil eden vaks kristalleri ağı meydana getirebilir. Bu durumu takibin yoluysa yağın akış yeteneğini, yağın düşük sıcaklıklarda akma noktası ile ölçme ile olur. Yağın akma noktası sıcaklığı, yağın akma yeteneğinin stabil olduğu en düşük sıcaklık seviyesidir ve ASTM D97 standartlarına göre ölçülür. Akma noktası sıcaklığını azaltan katkılar, düşük sıcaklık pompalama viskozitesine de yarar sağlayabilir. Akma noktası düşürücüler, vaks vaks kristallerinin meydana gelmesini engel olacak şekilde değil, ağ oluşumunu minimize ederek ağdaki yağ tutunma seviyesini alçaltarak düşük sıcaklıklarda işlev görürler. Bu düşürücülere örnek olarak; polialkilmetakrilatlar, stiren ester polimerleri, alkillenmiş naftalenler, etilen vinil asetat kopolimerleri ve polifümeratlar verilebilir. Uygulama oranları karakteristik olarak %0,5'in altındadır (Rudnick, 2003).

Köpük oluşmasını frenleyiciler: Köpük frenleyiciler köpük oluşmasını kontrol ederken diğer taraftan köpük önleyici ajanları yağlayıcının köpürme yönelimini azaltmak için kullanılmaktadır. Eğer bir köpürme sorunu tespit edildi ise makine ekipmanı faalken yağlayıcıya köpük önleyici eklenir. Köpük önleyicinin ilavesi çok önemli olduğundan ilave öncesinde imalatçısından bilgi alınmalıdır. Çok fazla köpük önleyici katmak köpük oluşmasının artmasına sebep olacaktır.

Yağ için köpürme, etkinliğini azaltıcı bir durumdur. Motor çalıştığı esnada köpürmenin minimize edilmesi ve hatta tamamıyla oluşumunun durdurulması gereklidir. Motor bünyesindeki yağ köpüğü yağ basıncını düşürmeye ve nihayetinde hidrolik bazlı ünitelerin enjektörleriyle ilgili motor hasarlarının oluşmasına sebep olabilir. Hava sürüklenmesi başka bir sorundur. Bu sorun, yataktaki yağ filminin kativasyonu ve olası

bozulmalara sebep olabilir. Hidrolik bazlı ünitelerin enjektör verimlilikleri sürüklenen hava dozuna duyarlıdır. Köpük önleyiciler basit yağ bileşimleri için gerekli olmayabilir. Bununla beraber, köpüklerin kararlılığı yağa fazladan katkı yapıldıkça artar. Bu durum aşağıda listelenmiş olan köpük önleyici ilavelerinin uygulamalarını gerektirmektedir(Yılmaz,2018)

- Dimetilsiloksan polimerleri
- Alkilmetakrilat polimerleri
- Alkilakrilat kopolimerleri

Emülgatörler: Emülgatörler yağın yüzey stresini düşürmek için kullanılmaktadır.

Demülsife ediciler: Bu ilave sayesinde çevre kirliliği sebeplerinden olan yağ dumanın teşekkülünü azaltır ve bu sayede yağ kaçaklarının önüne geçilmiş olur.

Yapışkanlık Ajanları: Bu bağlanıcı ajanlar ile metale tutunma ve yapışma durumunda belirgin iyileşme sağlanır.

Biyokıran: Parazit ve küf oluşmasını kontrol etmektedir.

Aşağıda verilen elementlerin katkı unsurları yaygın olarak kullanılan malzemelerin yağlama yağındaki rolünü kapsamaktadır (Powell, J.R).

- Baryum (Ba) Sabun veya dispersan ilavesi
- Bor (B) Aşırı stres ilavesi
- Kalsiyum(Ca) Deterjan veya dispersan ilavesi
- Bakır(Cu) Anti aşınma ilave
- Kurşun(Pb) Anti aşınma ilavesi

Madensel tabanlı yağlar bilinen katkı maddeleri ile harmanlanarak ve bu sayede özel uygulamalarda kullanım alanı bulurlar ve endüstriyel alanda kullanılan farklı tipteki yağlayıcılar şu şekilde sıralanabilir (Powell, J.R).

- Otomotiv yağları (benzin, dizel, özel uygumlalar)
- Dişli ve transmisyon yağları
- Karter yağları
- Türbin yağları
- Isıl işlem yağları
- Isı transfer akışkanları

- Hidrolik yağlar
- Kesme yağları
- Demiryolu uygulamalarında kullanılan yağlar
- Soğutma yağları
- Paslanmayı önleyen yağlar
- Kauçuk işleme yağları

3.3. Hidrolik Yağların Sistem İçin Önemi

Madeni yağlar, hidrolik sistemlerde kullanım kolaylığı ve güç iletimini sağlama avantajları açısından en yaygın kullanılan akışkan türüdür.

Hidrolik akışkanların kalite ve tipinin sistemde istenilen gücün verimli bir şekilde iletilmesini sağlaması, ekipmanın doğal olarak yağlanması, hidrolik sistemi koruması, ısıtma ve soğutma görevini yerine getirmesi ve çalışma koşullarına dayanıklı olması beklenir. Tüm işlevlerin gerçekleştirebilmesi için akışkanın sıkı çalışma şartları ve ortamında dahi yeterli ölçüde kimyasal ve fiziki niteliklere sahip olması gerekir (Hidrolik Sistemler Modülü, 2011, Güven, 2001, Durak ve Diğ, 2001). Tablo 3.1'te, bir hidrolik yağın seçiminde etkili olan karakteristikleri verilmiştir.

Tablo 3.1: Bir Hidrolik Yağın Seçiminde Etkili Olan Karakteristlikler

• Viskozite, • Yoğunluk, • Buharlaşma basıncı, • Zehirlilik, • Termal stabilite, • Aşınma önleyici, • Köpürme, • Korozyon önleyici, • Köpürme, • Dağıtıcı özellikler, • Kayma bozulması,	• Kübik elastik modülü • Yüzey gerilimi • Alevlenme kabiliyeti, • Oksidasyon • Pas önleme, • Yağlayıcılık, • Nem çekme özellikleri, • Donma noktası, • Deterjan özellikleri, • Viskozite indeksi, • Hava tahliyesi vb.

Kullanılan akışkan sıvı hidrolik sistem içerisinde sürtünen parçalar arasında yağlama yapması ile birlikte ortama giren toz, parçacıklar ve kirlenmeye karşı da başarı sağlamalıdır (Durak ve Diğ, 2001 ve Martorana, 2011). Bu nedenle kullanılan yağın içine katkı maddeleri ilave edilerek dayanıklılık ve kullanım süresinin uzatılması amaçlanmalıdır.

3.4. Hidrolik Yağlarda Aranan Özellikler

1. Güç iletebilme
2. Sızdırmazlığı sağlayabilmesi
3. Çalışma sırasında meydana gelen ısıyı soğutabilmesi
4. Korozyona sebep vermemeli
5. Yağların içine karışımız suyu dışarı atabilmesi
6. Sistem elemanlarıyla (hortum, oring, keçe) uyumlu olmalı
7. Köpüklenme olayını en aza indirebilmeli
8. Hidrolik akışkan kolay olanı almaması buharlaşma zehirleyici olmamalı sağlık yönünden zararsız olmalı.

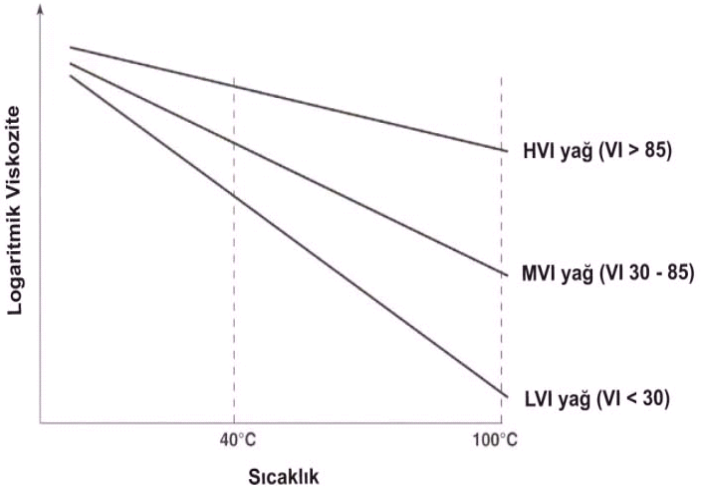
3.4.1. Viskozite

Viskozitenin tanımı olarak akışkanın akmama olan direnci verilebilir. Kalın yağ viskozitesi ince yağlara nazaran fazladır. Pratik olarak sistem kompresörüyeteri kadar yağlayabilecek biçimde düşük seviye viskozitedeki bir yağın tercihi, makul bir güvenlik aralığı belirlenerek yapılmalıdır (Hidrolik Sistemler Modülü, 2011 ve Güven, 2001).

3.4.2. Viskozite ve sıcaklık arasındaki bağıntı

Viskozite, basınç ve sıcaklık seviyesine göre değişiklik gösterir. Viskozite indeksi, yağın sıcaklığa bağlı olarak değişimini belirleyen etmendir. Viskozite indeksi yükseldikçe yağın sıcaklıkla viskozitesinin değişimi oranı azalır (Şekil 3.1).

Bu nedenle hidrolik sistem oluşturulurken çalışma sıcaklığına uyumlu viskozite indeksine uygun yağ seçilmelidir (Hidrolik Sistemler Modülü, 2011 ve Güven, 2001).



Şekil 3.1: Sıcaklığın Viskozite Üzerindeki Etkisi(Hidrolik Sistemler Modülü)

Hidrolik sistemdeki basınç viskozitenin bir miktar artmasına neden olur.

Orijinal bir mineral yağ viskozitesi, uygulanan basıncın atmosferik basınçtan 350 Bar'a yükseltildiği taktirde iki katına çıkmaktadır. Tablo 3.2'de hidrolik sistemde kullanılan yağların özelliklerinde gösterildiği gibidir.(Hidrolik Sistemler Modülü, 2011).

Tablo 3.2: Hidrolik Sistemde Kullanılan Yağların Özellikleri

Hidrolik Sistemlerde Tüketilen Yağlar		
Kısaltma	Başlıca Görevleri	Kullanım Yerleri
HL	Korozyon ve yağlama dayanımı artırılmış	Yüksek termal gerilmeler ya da suyla temas sonucu korozyona uğrayacak sistemler için
HLP	Aşınma için dayanımı artırılmıştır	HL yağındaki özelliklere ilave, yüksek seviyede farklı sürtünmelere maruz olan sistemlerde
HV	Viskozite-sıcaklık manevralarının düzenli hale getirilmesi	HLP özelliklerine ilave, ciddi oranda revize edilen ve çok düşük ortam sıcaklıklarının olduğu sistemlerde

3.4.3. Oksidasyon/korozyon

Hidrolik yağın bileşiminde bulunan hidrokarbonlar havadaki oksijenle kimyasal reaksiyona girip çamur ya da sakız şeklindeki tortular meydana getirmesiyle oluşan olaya oksidasyon denir.

3.4.4. Yağlama yeteneği

Uygun olarak tercih edilen yağlar, metal yüzey üzerinde film tabakası meydana getirerek çalışan parçalara hareket kolaylığı sağlar ve sürtünme direncini düşürür.

3.4.5. Köpüklenme

Yüksek basınç altındaki akışkan, sistemde yüksek hızla hareket ettiğinde hava ve yağ moleküllerinin çarpması sonucu oluşan şoklar köpüklenmeye sebep olur. Buna engel olmak için boru hattındaki sızdırmazlık sağlanmalıdır. Bu nedenle yağ üreticileri, yağa köpüklenmeye engel olacak katkı maddeleri eklerler.

3.4.6. Akma noktası

Yağın katılaşarak akıcılığını kaybettiği sıcaklığa denir.

3.4.7. Alevlenme noktası

Standart yağlar için alevlenme sıcaklığı 180 ^{o}C ile 210 ^{o}C arasındadır.

Hidrolik sistemlerde sıcaklık 50 ^{o}C sevyesini geçmediği için bir sorun oluşmaz.

3.4.8. Polimerleşme

Birden çok aynı cins yağ molekülünün artık vermeksizin birleşmesi ve yeni bir molekül oluşturmasına denir. Yağın niteliği değişeceğinden istenmeyen bir durumdur.

3.5. Hidrolik Yağlar ve Özellikleri

Bütün performans kategorilerine sürekli büyüyen dişli güç ve tork aktarım talepleri, düşük boyut ve ağırlık için yeni dişli tasarımı, yeni malzeme, çoğaltılmış yüzeysel işlem, gelişmiş güncel imalat tekniklerine performansı yüksek mineral ve sentetik yağlayıcılarının uygulanması gerekmektedir. Dişli gücü ve ağırlık orantısı yükseldikçe, yağlayıcılar üzerinde bulunan yük de artar. Bu durum özellikle aşınma azaltıcı ve aşınma karşıtı etkileri aynı zamanda yüksek dişli sıcaklıkları için geçerlidir. Çalışma esnasında meydana gelen ısı korunma yüzeylerinin azaltılmasıyla düşürülmelidir. Tavsiye edilen

yağlar harici yağ kullanılmamalıdır. Hidromek İş Makinalarında önerilen yağlama yağları Tablo 3.3'te sunulmuştur.

Tablo 3.2: Hidromek İş Makinalarında Önerilen Yağlama Yağları

	MOTOR YAĞI	HİDROLİK YAĞ	DİŞLİ YAĞI	GRES		ANTİFRİZ KARIŞIMI
Performans	API CH-4 MIL-L-2104 F	DINS 1524, PART-II	API GLS MIL-L-2105	NLGI		Etilen Glikol Bazlı Uzun Ömürlü
Viskozite	SAE 15W40	ISO VG46	SAE 99	MO.2	NO.2 (Yüksek Performans)	
ÜRETİCİ						
Petrol Ofisi	Turbo Dizel 15W/40	Hydro Oil HD 46	Universal Keban EP SAE 90	Süper Gres EP2	Carius EP 320 Ultra Gres CS2	Extended Life Coolant
Mobil	Mobil Delvac MX 15w/40	Mobil DTE 25	Mobil HD SAE 80 w-90	Mobilux EP2	Mobilgress Xhp Mine	Mobil Antifreee Advanced
Shell	Shell Rimula R3X 15w40	Tellus S2 M46	Shell Spirax S2A 80W90	Gadus S2 V220 2	Gadus S2 V220AD2	
BP	BP Super V Turbo 15W/40	BP Energol HLP-HM46	Energear HYPO SAE 80W-90	BP Energrease LS-EP'		BP Procool
Castrol		Hyspin AWS 46	Energear HYPO SAE 80W-90	Spheerol EPL 2	Pyroplex Blue	Radicool SF

3.5.1. Petrol ofisi hydro oil HD serisi

Petrol Ofisi kaliteli baz yağlarla üretilen, yüksek stabiliteye sahip, aşınma, oksidasyon ve pas önleyici katıklar içeren bir yağdır. Bu yağ çeşidi tüm endüstriyel ve hareketli hidrolik sistemler için tavsiye edilir. Özel endüstriyel uygulamaları içinde iş makineleri, presler, hareketli yapı ekipmanları, plastik enjeksiyon, çekme makineleri ve hava kompresörleri yer alır.

3.6. Özellikleri ve Faydaları

- Yüksek dispersan özelliğe sahip olması nedeniyle sistemin temiz kalmasını sağlarlar.
- Aşınma, paslanma ve korozyonu önlerler.
- Oksidasyon mukavemeti yüksektir ve sudan ayrılma özelliği mükemmeldir.
- Köpük önleyici katkı maddesi içermesi nedeniyle köpürmez ve kavitasyonu önlerler.

3.7. Tipik Özellikler

Tablo 3.3: Petrol Ofisi Hydro Oil Yağın Tipik Özellikleri

ISO Viskozite Sınıfı		ISO VG							
		10	22	32	46	68	100	150	220
Yoğunluk, @ 15 °C, kg/m³	ASTM D 4052	0,857	0,869	0,877	0,880	0,886	0,888	0,894	0,899
Parlama Noktası, COC, °C	ASTM D 92	138	202	220	236	242	248	266	266
Viskozite, 40 °C, mm²/s Viskozite, 100 °C, mm²/s	ASTM D 445	10 2,658	22 4,31	32 5,36	46 6,76	68 8,73	100 11	150 14,45	220 18,5
Viskozite İndeksi	ASTM D 2270	100	101	101	100	100	94	94	93
Akma Noktası, °C	ASTM D 97	-33	-30	-27	-24	-21	-18	-12	-9

BÖLÜM 4. HİDROLİK YAĞLARIN ANALİZİ

4.1. Yağ Analizi

Kullanılmış yağların analizindeki ilk aşama, 1940'ların başına kadar uzanmaktdır ve günümüzde halen, Amerika Birleşik Devletleri'nin batısındaki demiryolu şirketleri tarafından petrol analizi yapılmaktadır. Teknisyenler yeni lokomotifler satın alırken basit spektrografik ekipman kullanmaktaydılar ve lokomotif motorundaki yağ seviyesini izlemek için fiziksel testler uygulamışlardır. Buharlı lokomotifler yerine dizel lokomotifler kullanıldığında, demiryolu şirketleri düzenli olarak yağ analiz tekniklerini kullanmaktaydı.

İş makinaları, tüm makinalar içinde en zor sayılacak koşullarda hizmet veren makinalardır. Bu makineler içinde, özellikle çevresel faktörlerden meydana gelen kirlilik bu makinaların arızalanmaları için temel nedenlerinin en başında gelir. Şayet bu kirlilik temel nedeni ortadan kaldırılabilirse yada önlenebilirse, iş makinelerinin arızaları arası geçen süre uzayacak veya önlenecek, makinaların işte çalışma süreleri uzayacak dolayısıyla onarım ve yedek parça maliyetleri düşecektir.Kullanılan hidrolik yağın hizmete devam edip edemeyeceği de yapılacak analizlerin sonunda yağın analizinin sonucunun tanımlanmasıyla olur.Ülkemizde, örneğin Almanya ile karşılaştırıldığında aynı amaç için gereğinin neredeyse 4 katı yağ kullanılmaktadır. Bunun nedeni, kullanıcı yağın gerçek durumu hakkında –parmakla hiç geçerli olmayan bir muayene dışında- bilgi sahibi olmadığı için risk almak yerine yağa harcadığı onca paraya, sarf gideri adını vererek çoğu işletmede bu konuyu gündeminden kaldırmıştır.

Yağ analizi ve makina ömrü ve arızaların önlenmesi ve sürekli periyodlarda yaptırılan detaylı hidrolik yağı analizi verilmiştir (Dr. İbrahim H. Çağlayan). Yağ analiz programı ilk olarak ABD Kara, Hava ve Deniz Kuvvetleri'nde uygulamaya konulmuş ve ayrı olarak yürütülen yağ analiz programlarının birleştirip tek merkezden idare etmeyi amaçlayan bir programdır. Yağ analizleri ile aşınma ürünleri incelenerek kalıcı hasar oluşmadan

koruyucu önlem alınabilir ya da kullanımdaki yağın motor imalatçısınca belirlenen yağ değişim periyodundan daha uzun zaman kullanılması mümkün olur (NAVAIR).

ABD Donanması, 1950'lerin ortalarında uçaklarındaki jet motorlarını izlemek için spektrometrik teknikleri benimsemiş; Rolls Royce aynı zamanda jet türbinlerini izlemek için yağ analizilerine bir takım deneyler de uygulamıştır. Petrol analizi kavramı, 1950'lerde ve 1960'ların başında ABD Ordusu ve Hava Kuvvetleri tarafından yaygın şekilde kullanılmıştır.

Bu yöntemin işe yaradığının en büyük delili, analiz teknolojisinin uzun süredir kullanılıyor olmasıdır. Ancak titreşim yaklaşımının kullanımı da önemlidir. Titreşim analizi koşul takibinin temel teşhis yöntemi olarak birçok endüstri kolunda halen kullanımdadır. Buradaki sorun koşul izleme takımlarının birçoğu yağ analizinin etkinliğinden bihaber olmasıdır. Diğer yandan firmalar yağ analizini gerçekleştirmek için personel bulundurmadığı durumlarda bu insanlar durum izleme takımlarında titreşim analiziyle ara yüz oluşturmamıştır. Sonuçta bu durum menfi bir eğilim oluşturmuştur. Pek çok şirket yağ analizini titreşim izlemeye ekleme yoluyla kendi izleme programlarını iyileştirmişlerdir. Buna benzer olarak birkaç titreşim durum izleme firması yağ analizi cihazı, servisi ve veri yönetimini firmaların kullanımına sunmuştur. Bu birleşme izleme yapan kişinin ekipman çalışma şartlarıyla alakalı daha fazla fikre sahip olabilmekte ve bu nedenle uygun kararlar ve tavsiye vermede yetkin olabilmektedir.

Titreşim ve yağ analizi birbirlerini tamamlarken aynı zamanda birlikte kullanıldığında biri diğerine yardım etmektedir. Örneğin, titreşim analizi rezonansı tespit edebilir. Ancak bu, yağ analizinin yeteneklerinin ötesine geçer. Aynı şekilde, hem aşınmayı tespit etmek hem de belirli arızaların ciddiyetini belirlemek için yağ analizi tek çözüm olduğunda titreşim analizi, yağla yağlanan kaymalı yataklardaki aşınmayı tam olarak tespit etmez. Tüm analiz yöntemleri aynı sorunu gösterdiğinde teşhis ve öneriler nadiren yanlıştır.

Pale Verde Nükleer Üretim Fabrikası'nda Bryan Johnson ve Howard Maxwell tarafından sunulan "Integration of Lubrication and Vibration Analysis Technologies" adlı makalede iki analiz yöntemlerinin bir arada kullanımı incelenme imkanı bulmuş ve bu makalede iki tekniğin aşağıda Tablo 4.1'de yağ analizindeki koşulların karşılaştırılması özellikleri ve bunların birleşik olarak tesirinin nasıl daha etkili olduğu açıklanmıştır.

Tablo 4.1: Yağ Analizindeki Koşulların Karşılaştırılması

Kurallar	Yağ Durumu	Titreşim Programı	Korelasyon
Yağlanmış sürtünmesiz yataklar	Verimli	Verimli	Analiz arızanın başlangıcını algılayabilir. Titremiş ise arıza kademe bilgisini geç ve verimli olarak verebilmektedir.
Yağlanmış kaymalı/eksenel yataklar	Verimli	Vasat	Yağ ovalamada ya da gevşeklik şartlarından ötürü aşınma kalıntıları meydana gelecektir.
Ekipmanın dengesiz olması	Uygulanamaz	Verimli	Titreşim programı dengesizliği algılayabilir. Sonuç itibariyle analiz artan yatak yükünün oluşturduğu etkiyi gösterecektir.
Yağın su ihtiva etmesi	Verimli	Uygulanamaz	Su hızlı arızalanma etkisi gösterebilir. Bu, aylık olarak rastgele yapılan titreşim taramasıyla saptanabilir.
Greslenmiş yatak	Vasat	Verimli	Rutin olarak yapılan greslenmiş yatak analizi için titreşim takibini daha ucuz hale getirmektedir. Yağ incelemesi yapılan laboratuvarların çoğu greslenmiş yataklarla ilgili bilgi verecek yeterli tecrübeye sahip değildir.
Greslenmiş motorlu valfler	Vasat	Verimsiz	Aktüatörler, nükleer enerji sektörünün önemli ekipmanlarındandır. Gres örnekleri hızlıca test edilebilmektedir. Ancak, uygun örneğe ulaşmak zordur. Ayrıca bu valfleri çalışır konumda bulmanın zor olmasından dolayı titreşim teknikleriyle izlenmesi zorlaşmaktadır.
Mil kırılmaları	Uygun değil	Verimli	Titreşim analizi, kırık bir milin takibi için çok etkili olabilir.
Dişli aşınması	Verimli	Verimli	Titreşim teknikleri sayesinde rastgele bir dişlideki arıza teşhis edilebilir. Yağ analizi arıza modunun tipini tahmin edebilir.
Ayarlama	Uygun değil	Verimli	Titreşim programıyla ayar sorunları da saptanabilir. Yağ analizi artan veya uygunsuz olan yatak yükünün etkisini gösterebilir.
Yağlayıcı durumunun izlenmesi	Verimli	Uygun değil	Yağlayıcı, arızının önemli sebeplerinden olabilir.
Rezonans	Uygun değil	Verimli	Titreşim programıyla herhangi bir rezorans durumu saptanabilir. Yağ analizi bu saptamanın etkisini gösterecektir.
Köken nedenli analiz	Verimli	Verimli	En iyisi iki programın bir arada yürütülmesi olacaktır.

4.2. Bir Yağ Analiz Uygulamasının Oluşturulması

Bir firmanın yağ analiz uygulamasını oluşturabilmesi için sistemli bir yaklaşıma ihtiyacı vardır ve bu yaklaşımın aşağıda özetlenen dört adımdan oluşması gerekmektedir:

1. Donanımın kontrol edilmesi
2. Yağlayıcının kontrol edilmesi

3. Gözetlenmesi
4. Uygulamanın gerçekleştirilmesi.

4.2.1. Donanımın kontrol edilmesi

Donanımın kontrol edilmesi yağ analizi ile izlenebilecek donanımın tanımlanması ile ilgili çalışmalar yaparak, çalışma esnasında donanımın detaylı olarak mekanik ve çalışma koşullarını inceleyerek uygun yağ analizi programını belirlemektedir. Bu bakım programı için temel olan sınırları ve hedefleri belirlenmesidir. Donanımın kontrol edilmesi aşağıdakilerden oluşmaktadır:

4.2.1.1. Donanım riski

Düzen, çevresel hususlar, bulundurma masrafı, bakım onarım bedelleri ve donanımın geçmişi bu ekipmanın bu program için kritik ekipman olarak seçilip seçilmeyeceğini belirlemek için önemlidir.

Donanım Bileşeninin ve Tertibatın Tanımlanması

Bu donanımla ilgili tüm verilerin alınmasını ve donanımın karmaşıklığının anlaşılmasını kapsamaktadır.

4.2.1.2. Çalışma değişkenleri

Bu adım donanımın çalışma penceresini tanımlamakta ve aynı zamanda içerisinde debi, basınç ve sıcaklık sınırlarını barındırmaktadır.

4.2.1.3. Çalışan donanımın değerlendirilmesi

Bu donanımda görsel olarak incelenmek ve havalandırmaları, soğutucuları ve filtreler gibi ekipmanların tanımlanmasına yardımcı olmaktadır. Çalışma sıcaklıkları ve basınçları, servis çevrim zamanları, dönme yönü, devir, filtre göstergeleri ve bunlarla ilgili kat sayılar kayıt edilmelidir.

4.2.1.4. Uygulama ortamı

Kötü ortamlar veya dış etkenlere bağlı kirlenme yağlayıcının bozulmasını etkileyerek, sonunda donanımın hasarlanmasına neden olabilir. Ortalama sıcaklık, nem ve olası kirleticiler gibi çevresel şartlar kaydedilmek zorundadır.

4.2.1.5. Kontrol tarihi

Donanımın aşınım ve yağlama sorunlarından kaynaklanan geçmiş problemleri bilinmelidir. Bu yeni amaçların ve sınırların konulması için gerekmektedir. Bu koyulan sınırlar önceden ikazlı arızalar için yeterince hassas olması gerekmektedir.

4.2.1.6. Yağ numunesinin durumu

Yağ numunesi kolay alınabilecek yerden alınmalıdır ve bu sayede normal inceleme şartları altında örnekler güvenle ve kolaylıkla toplanabilmelidir. Alınan numunenin donanım koşulu hakkında doğru bilgiyi sağlayabilmek adına aşınmış partikül konsantrasyonu bulunması gerekmektedir.

4.2.1.7. Yağ muayenesi

Fiziksel yağ muayene yöntemi dört kategoride aşağıda özetlenmiştir:

- Yağın fiziksel işlevi
- Yağın kimyevi işlevi
- Yağın kirliliği
- Aşınıma uğramış parçacıkların tespit edilmesidir.

Yağlayıcının ve donanımın sıhhiliği ve durumun etkin kontrolü için donanıma özel muayene yöntemleri gerekmektedir. Muafiyet testi sayesinde yağlayıcıdaki değişim nedeninin kökenini tespit etmek daha doğru olmaktadır.

4.2.1.8. Yeni yağa ilişkin bilgiler

Yağlayıcının fizikî ve kimyevi özellikleri için bir başlama noktası belirleme açısından yeni yağlayıcıya ait bir numune gerekmektedir. Yağın özgünlüğü ile ilgili çalışma şartları

ve zamana göre değişim göstermektedir ki bu değişimlerin kayda değerliği açısından yağlayıcı hedefleri ve alarm değerlerinin ayarı buna bağlıdır.

4.2.1.9. Veri tabanının iyileştirilmesi

Donanım bilgisinin ve donanımın belirli bir parçasının hedef ve alarm değerleri bakımından yağ analizi sonuçlarının düzenlenmesi için bir veri tabanı iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu veritabanı, kullanacak kişiler için kolay olmalı ve donanımın durumunu pratik bir şekilde göstermelidir.

4.2.2. Yağlayıcının kontrol edilmesi

Donanımın birçoğunun sağlıklı olarak çalışması için doğru fiziksel ve kimyasal özelliklere haiz bir yağlayıcı kullanımını gerektirir. İş makinası sağlığının planlı olarak izlenmesi gereken donanımlarda olduğu gibi yağlayıcılardan belirli programa uygun aralıklarla yağlayıcının kullanıldığı zaman süresince kendinden beklenen gereksinim cevaplarını sunup sunamadığının denetlenmesi için yağdan numune alınmalı ve bu numune kontrol edilmelidir.

4.2.2.1. Yağlayıcı ihtiyacı

Daha önce bahsedilen donanımın kontrol edilmesi o donanımın imalatçısı tarafından belirlenen zorunlu forma sahip yağlayıcıya göre bilgi verecektir. Bu sayede yağlayıcının viskozitesinin tetkik ısısı ile olan münasebeti gibi özelliklerinin kontrol edilmesini içermektedir.

4.2.2.2. Yağlayıcının tedarikçisi

Beklenen kalitenin yakalanabilmesi adına yağlayıcılar alanında kendini ispat etmiş tedarikçilerden temimin edilmelidir. Örneğin, numune alındıktan sonra test edilmeli ve yağlayıcının kalitesi kontrol edilmelidir.

4.2.2.3. Yağın depo edilmesi

Etiketlemede olduğu gibi organizasyonu yapılmış depolama şekilleri oldukça önemlidir. Yeni tedarik firmaları açısından ilk giren ilk çıkar stratejisi yağlayıcının kullanımında da gerçekleştirilmektedir ve bu belirli bir süre zarfında yağlayıcı özelliklerinin istenilen özelliklerinin yitirilmesi olasılığını azaltır.

4.2.2.4. Nakliye ve harmanlama

Nakliye ve harmanlama yöntemleri uygulanırken yağlayıcıda hiçbir kir veya istenmeyen eleman oluşmamalıdır. Yağlayıcı için yağın boşaltılması, tamamen doldurması ve yağlayıcının değiştirilme tarihleri kayıt altına alınmalıdır.

4.2.2.5. Kullanılmış yağ

Bir yağlayıcı kullanılma zamanını doldurduğunda en uygun biçimde uzaklaştırılmalı ya da geri kazanıma sevk edilmelidir. Yağlayıcının mevcut sınıfının tarif edilmesi için uygun bir etiket ile etiketlendikten sonra uzaklaştırma yönteminin nasıl uygulanacağı konusu belirtmelidir. Kullanılmış yağların depolanması sonrasında kısa sürelerde uzaklaştırılması takip edilmelidir.

4.2.2.6. Başlıca özellikleri

Kullanılmış yağın en belli başlı özellikleri kısa bir zaman diliminde donanımın ve yağlayıcının kalitesi ile ilgili alınan parametrelerdir ve normal olarak üç ayrı okuma değeri teşhis edilir. Bu üç değer ileriki eğilimlerin karşılaştırılması için yeterli görülür.

4.2.2.7. Donanımın değerlendirilmesi

Bir yağlayıcıdan analiz edilmiş bir numune, ilgili donanımın bilgisiyle beraber kullanılmadığında sadece kısmi bilgi vermektedir ve bu herhangi bir değişim için olası esas nedenlerini ve görülen sapmaların sebeplerini gösterebilmektedir.

4.2.2.8. Numune alma

Bir numune alma yöntemi alınan numunelerin toplanması için gereken en uygun metodoloji ve aparatları belirlemeye dayanır. Buradaki amaçlanan konu donanımdaki ve yağlayıcıdaki ortaya çıkan değişimlere göre duyarlı bir numunenin alınmasıdır.

4.2.2.9. Test etme

Bu donanımın sağlığı ile ilgili sonuçları doğru vermesi için gereken test tiplerinin belirtilmesidir.

4.2.2.10. Muafiyet testi

Test edilen değişkenlerin herhangi birisinde yağ analiziyle alakalı olarak anormal bir husus tespit edilmesi durumunda bu muafiyet testi ile teyit edilmelidir. Tanılama perspektifinden bakıldığı zaman bu analiz ve tekrar edilebilirlik için bir ek test olarak kabul edilmektedir.

4.2.2.11. Veri girişi, gözden geçirme ve raporlama

Alınan tüm numunelerin sonucu bir veri yönetim sistemine yüklenmelidir ve bu yüklenen doneler ortaya çıkma eğilimleri için devamlı şekilde incelenmeli ve ayrıca önceden elde edilmiş temel veriler ile karşılaştırılmalıdır. Daha sonra bir tavsiye listesine sahip düzenli rapor haline getirilmelidir. Bu raporda, test frekansı ve yağlayıcının ve/veya inceleme koşullarının şu anki durumunun tolere edilebilir sınırlarda nasıl daha iyi hale getirilebileceği belirtilmelidir.

4.2.3. Gözlenmesi

Gözleme verilerinin toplanması, donanımın ve yağlayıcı şartlarının eğilimini öğrenme aşamasıdır. Bu bilgi bakım faaliyetleri için firmadaki donanımların son derece güvenli, güvenilir ve düşük masraflarla çalışmasına olanak verecek bir kılavuz olarak kabul edilmektedir.

4.2.3.1. Rutin gözlem

Rutin olarak gözlem donanımın sağlığının takip edilmesinde belirli aralıklarla bilgi toplanmasını sağlayan sabit bir program olarak görülmektedir.

4.2.3.2. Turlar

Tur, numune almak için konumu ve donanımın belirli bir sırayla izlenmesidir. Tur esnasında olası en kısa süre zarfında güvenli ve engelsiz olarak veri toplanması sağlanmış olmalıdır.

4.2.3.3. Takip frekansı

İzleme frekansı ekipman ve yağlayıcıların türüne bağlıdır fakat bu program ilerleme gösterdikçe veya takip edilen şartlarda kötüleşme görüldüğü zaman revize edilmesi gerekebilmektedir.

4.2.3.4. Muayene

Muayeneler herhangi bir yağ analiz programında ekipmanın o anki durumunu belirleyen altyapıyı oluşturmaktadır. Muayene esnasında normal olmayan bir durum görüldüğünde doğası gereği hemen tanımlayıcı muafiyet muayenesi devreye alınarak yapılmalıdır. Aynı zamanda normal olmayanın teyit edilmesi ve tasdiki için başka bir teşhis tekniği de uygulanabilmektedir. Rutin olarak yapılan bu muayenelerin sonuçları normal olarak 48 saat sonra alınabilmektedir, yalnız acil durumlarda 24 saatte de sonuç almak da mümkündür.

4.2.3.5. Kontrol sonrası uygulanan test

Donanıma yapılan bakım sonrası veya önemli parçaların değiştirilmesi akabinde mevcut sorunun çözüldüğünden emin olunması açısından belirli yağ testleri yapılmalı ve bundan başka ilk aşamalarda kritik öneme sahip olası şartların tespiti ve yeni temel değerlerin edinilmesi de oldukça önemlidir.

4.2.3.6. Bilgi analizi

Belirli bir süre zarfında yağ analizi ve diğer ilgili yöntemlerle toplanan veriler, ekipmana özgü bilgilerden oluşan bir kitaplık oluşturmaya yardımcı olur. Ekipman operatörlerinin ve atölye personelinin işletim deneyimi de dikkate alınmalıdır. Ekipmanın çalışma koşulları hakkındaki deneyimleri ve bilgileri, ortaya çıkabilecek olası sorunların çözümünde temel oluşturacaktır. Bazen nedenleri bilinmeyen tekrarlayan sorunlar, toplanan bilgilerle çözülebilir ve böylelikle kök neden analizi yapılır.

4.2.3.7. Raporlar

Kalifiye bakım personeli, tamamlanan tüm çalışmaları, testlerini ve analizlerini rapor etmelidir. Bu kalifiye personel, tespit edilen anormalliği analiz etmeli ve gerekirse düzeltici önlem almalıdır. Bu raporlar, ileride başvurmak üzere sistematik hale getirilmelidir ve aşağıdaki hususları bu raporlarda görülmelidir:

- Ekipmanla ilgili özel tanımlamalar
- Örnekleme tarihi
- Raporlama tarihi
- Analizi yapan kişinin adı
- Ekipmanın ve yağlayıcının şu andaki durumu
- Öneriler
- Örnekleme testine ait sonuç verileri
- Özel açıklamalar bulunmalıdır.

Sayısallaştırılmış bir sistemin kullanılmasında raporların gereken herhangi bir biçimde planlaması ve birçok durumda donanımın bu durumuyla alakalı ön izlenim raporunun yazılmasına olanak sağlayacaktır.

4.3. Yağ Analizini Örnekleme Yöntemleri

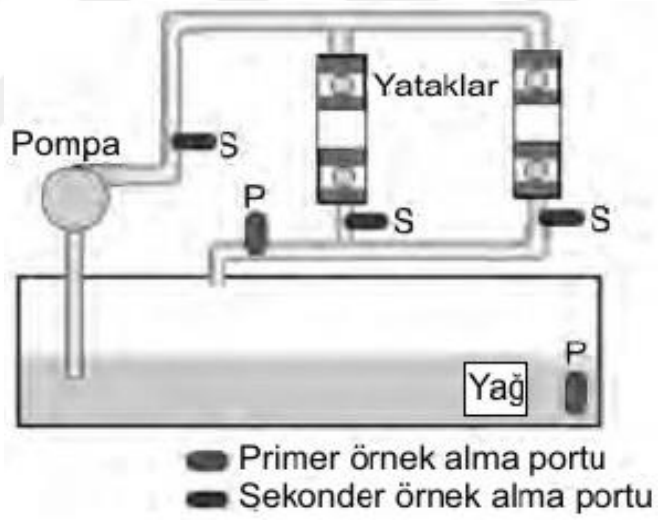
Bir yağ analizi programının en önemli elemanlarından birisi dış kirleticilerce kirletilmiş bir numune alınmasıdır. Bu gelen atığın dışarı çıkması ilkesiyle yapılır. Bu mikroskobik düzeydeki aşınmış partiküller için kullanılan bir yağ analizi için zorunludur ve dışsal kirleticiler mikroskop altında gözlemlenen sonuçları etkileyebilir.

Bundan dolayı örnekleme yöntemi, aparat, aksesuar, prosedür ve örnekleme frekansı örnek olarak bilgi içeriğini belirler ve ardından yararlı sonuçları belirler. Bir örnekleme programı tasarlama aşamasında dikkate alınması gerekenler faktörler aşağıda sunulmuştur:

- En iyi konum – Birçok durumda bu ekipmana özgüdür
- En iyi araç – Vakum pompaları, örnekleme şişeleri, vanalar, kapanlar, vb.
- Kirliliği en aza indirmedir.

Yağ analizi yardımıyla bileşenlerin durumunun belirlenmesi çoğunlukla uygun konumlarda örnekleme portlarının açılmasıyla sağlanır.

Portların konumu her bir bileşenden örnek alınabilecek şekilde olmalıdır. Böylelikle arızalar oluşmadan önce analitik bir algılama sağlanır ve arızanın sebeplerinin kökenine inilebilir. Basit portlar genellikle primer ve sekonder olmak üzere iki kategoriye ayrılır. Bu durum Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1: Örnekleme Portlarının Konumu

Primer port, filtrelerde olabilecekleri sekonder portlar ise filtrelerde ne olduğunu gösterir. Bu nedenle sekonder (ikincil) örnekleme portları filtre performansının takibi için kullanılabilmektedir. Bu işlem bir filtrenin koşulu baz alınarak basınç farkı göstergesinin filtrenin by-pass durumunda olduğunu göstermeden uzunca bir süre önce değiştirilebilmesine imkân sağlamaktadır.

4.4. Yağ Analizi – Yağlayıcılardaki Kirleticiler

Aslında yağ analizi iki ayrı analizin birleşiminden oluşur. Bunlardan biri yağlayıcının kendisidir. Diğeri ise yağlayıcının içindeki kirleticilerin analizidir. Yağlayıcının test edilmesi aslında yağdaki bozulmanın varlığını teşhis etmek üzerinedir. Bazı kirleticiler iç kaynaklıdır, bazıları ise çevreseldir. Testler dışsal yani çevre kaynaklı kirleticilere odaklanmaktadır. Çalışmanın bu kısmında yağlayıcı yapısının analizine odaklanılmıştır. Yağ özü gereği bir kimyevi akışkandır ve fiziki ve kimyevi özelliklerini gösteren bir sayı ile tanımlanmaktadır.

Bazı kirleticiler iç kaynaklı iken bazıları çevresel kaynaklıdır. Çevreden ya da yakıt, kir, su, yakıt kurumu, ve oksidasyon ürünleri, azot oluşumu, sülfat oluşumu harici kirleticilerdir. Bütünleşik olarak meydan gelen kirleticiler bileşenlerin aşınmasıyla oluşan parçacıklardır. Bu tip kirleticilerin analizi ekipmanın sıhhatli çalışıp çalışmadığının göstergesidir ve bakım programının odağında yer alabilir.

4.4.1. Harici kaynaklardan meydana gelen kirlenme

Yakıt, kir, su, yakıt kurumu vb. kaynaklar da dahil harici kaynaklar vasıtasıyla yağlanma yağında meydan gelen kirlenmedir. Yağın görevini doğru şekilde gerçekleştirebilmesini kontrol etmek yağ analizi için önemli sebeplerden biridir. Kirlilik, ancak laboratuar analizleri ile belirlenebilir ve bakım işlemleri ile kontrolü mecburidir. Yağın harici kaynaklı olarak kirlenmesi yağın ömrü boyunca herhangi bir anda oluşabilir. Bu sorunu gidermede yeni yağ eşdeğer olarak uygundur. Taze yağ bulgusu yağın temizliğini gösterir. Kirlilik denetimi için incelenmesi gereken alanlar aşağıda sunulmuştur:

Tedarikçi firmadan alınan yağ kirlidir. Yağ rafineden ayrıldığında zaten kirlenmiş durumdadır. Kirlilik taşıma sürecinde de oluşur. Yüksek temizlikte yağların imalatı herhangi bir yağ imalatçısı için çok zordur.

Yağ; yakıt, glikoz ya da soğutucuyla özellikle motorlarda temasa geçebilir. Uygun olmayan ya da bozuk ekipman bu ürünlerin sisteme girmesine, kirliliğe ve çalışma şartlarının tersine dönmesine sebep olabilir. Bundan başka fakir yanma yağda kurum seviyesinin yükselmesine neden olacaktır. Bu türden bir kirliliğin önüne geçebilmek için aşağıdaki adımlar takip edilmelidir.

Yağ saflığı için spesifikasyonlar yağın üreticisi tarafından sağlanmalıdır. Bunun ardından tedarikçi firma yağı filtreleyebilir ya da spesifikasyonları karşılaması için herhangi bir ön işlemeyi yapmak zorunda olabilir. Bu nedenle yeni yağın kaynağın temizliğinden emin olunur. Tüm yeni yağlar temiz bir ortamda ve kontrollü şekilde depolanmalıdır. İlave olarak depolama konteynırlarının tamamı doğru şekilde işaretlenmelidir. Yağ transferi için kullanılacak konteynırlar temiz olmalı ve yalnızca bir yağlayıcı için kullanılmalıdır. Ek yağlayıcıları için yağ tenekeleri, şişeleri ve pompaları için aynısı kullanılmalıdır. Ventler, nefeslikler, filtreler ve salmastralar ortamda bulunan kirleticilerinden arınmış oldukları kontrol edilmelidir.

4.4.2. Farklı harici kirleticiler

Sisteme girdiğinde yağlama sürecine zarar verecek farklı harici kirleticiler bulunur. Buna ilaveten kirlilik ekipmanların bozulmasına da sebep olabilirler.

Yağda bulunan ana kirletici partiküllerdir. Partiküllerin artması aşınma ve oksidasyon hızında artış oluşturur. Bu da yağın içindeki katkı maddelerinin verimliliğini düşürür. Yağlayıcı içinden geçen partiküller ekipman ve hidrolik sistemin karakterisitiği açısından tektir.

Yağ kompozisyonu oksidasyon, azotlama vb. kimyasal tepkimeler nedeniyle değişebilir. Yağ bileşeni bu tarz tepkimelere karşı katkı maddeleriyle donatılmıştır. Fakat, aşırı ısınma, yağ boşaltım süresinin uzaması ve yüksek sülfür içeren yakıtlarda kaçak oranının fazlalığından dolayı katkı maddelerin aktivitesini geriletebilir ve bu tepkimeler oluşabilir. Bu da yağın kalınlaşmasına, metal korozyonuna ve vernik oluşumuna sebep olur. Katılar test edildiğinde kötü bir koşul belirlendiğinde oksidasyon ve azotlamanın seviyesinin ölçümü için kızılötesi analiz yapılması gerekmektedir.

Su, aşınımı hızlandıracak olan oksidasyon ve pas oluşumuna sebep olur. Nem, diğer yandan yağın yağlayıcılık niteliğine de zarar verir. Nem, yatak sistemine çeşitli yollarla girerek çözünür, askıda kalır ya da suyun yağdan kolaylıkla ayrılmasına sebep olur. Çözünen ya da asılı kalan su, yağlayıcıda yer alan katkı maddelerinin ve baz yağın hızlıca oksitlenmesine sebep olur. Bu tarz olumsuzluklar yağlayıcının performansına olumsuz etki eder. Suyun, rulmanın bilye sathına girmesi hidrojenin gevrekliğine sebep olur ve bu durum rulman ömrünü ciddi oranda azaltır. Nemim sebebiyet verdiği diğer aşınma ve

korozyon süreçleri bütün rulmanlarda ve kaymalı yataklarda yaygın şekilde görülmektedir.

Yakıt kirliliği, yağlayıcıyı inceltmesi sebebiyle yağ viskozitesi seviyesinin ani olarak düşmesine sebep olur. Bu durum katkı maddelerinin seyrelmesine, aşınmaya ve alevlenme riskini doğurur. Viskoziteyi ve aynı zamanda yağ filminin direncinde azalma oluşturduğundan dolayı motorlarda yağın fazla seyrelmesi tercih edilmez.

4.5. Aşınmış Parçacık Analiz Yöntemi

Makine parçalarından alınmış numunelerin farklı tekniklerle incelenmesiyle hem yağ kalitesi hem de parçaların aşınma durumu tespit edilerek makinenin verimliliği, süreklilik halindeki arızaların nedenleri ve arızaya yatkınlık henüz arıza oluşmadan önlenebilmektedir. Beklenmedik arızları önlemek için makine aksamlarının kötüleşmesinin işareti olan aşınmış parçacıklar, miktar, renk, şekil kimyevi bileşim ve büyüklük incelenir, bunun sonucunda tamir önlemleri hızlıca alınır. Ekipman bakım analizi teknikleri arasında aşınmış parçacık analizi, yağlama sistemiyle çalışan makineler için yöntemlerin en uygunu olduğu yapılan araştırmalarca kanıtlanmıştır.

Bunun sebepleri şöyle sıralanabilir;

1. Bu yöntem için gerekli cihazlar ucuz ve kullanışlıdır. Örneğin günde 50 adetten çok yağ numunesi farklı makineden alınıp incelenebilir.
2. Makine parçalarının büyük çoğunluğu çelik ya da metal alaşımlardan üretilmiştir ve aşınmış parçacıkların çoğunluğu manyetiktir. Bu parçacıkların belirlenmesi ve miktarının ölçülmesi bu yöntemle yapılmalıdır.
3. Yağ örneklerinin incelenmesi ile yağın kirlilik seviyesi ve yağ içinde su bulunup bulunmadığı belirlenebilir. Yağ filtrelenmeden bünyesindeki suyun varlığı ve temizlik derecesini kontrol etmek mümkün değildir. Toz, metal parçacıkları, su, plastik maddeler vb. gibi yağdaki kirlenmeye sebebiyet veren maddeler planlı yağ değişimine kadar makinenin aksamında kalmaktadır. Aşınmış parçacık analiz yöntemiyle yapılan bakımlarda yağın temizliği kontrol edilebilmektedir.
4. Aşınmış parçacık analiz yöntemiyle yapılan koruyucu bakımla yedek parça ve iş gücünden tasarruf sağlanmaktadır. Geliştirilen birçok yeni tekniklerle beraber birçok analiz yöntemi daha, aşınmış parçacıkların bileşimi, miktarı, içeri ve yapısı

açısından değerlendirilmesinde başarılı şekilde uygulanmaktadır. Uygulamada bu teknikler iki ya da daha fazla kombinasyonla kullanılmaktadır.

4.5.1. Aşınmış parçacık analizinin hedefleri

1. Makine aksamlarındaki aşınmanın seviyesini ölçmek için aşınmış parçacıkların tespiti, kimyasal bileşimi, şekli, rengi, miktarı ve büyüklüğü değerlendirmektir.

Aşınmış parçacıklar:

- Parçacık miktarı (Aşınmanın ilerleme derecesini belirtir.)
- Parçacık boyut dağılımı (Aşınmanın ilerleme derecesini ve sertliğini belirtir.)
- Parçacıkların fiziksel yapısını (şekil, renk; aşınmanın tribolojik olarak hangi nedene dayandığı ve tahmini kaynağıyla ilgili bilgi verir.)

2. Yağların ömrünü ve yağdaki su ya da herhangi başka bir kirleticinin varlığını tespit etmek. Böylelikle yağlama, yağın uygun değer değiştirme ve tamamlama aralıklarını tespit etmek hedeflenir: Ek olarak ölçüm değerleri, tahmini bir arızanın habercisi olarak arıza-bakım ekipmanı değerlendirme olanağı sunar.

Yağlanma, yağın kapsamlı incelenmesiyle ve ilaveten güvenilirlik, verim ve güvenliğini arttırarak ileri seviye çalışma imkanları sağlar.

4.5.2. Aşınmış parçacık analiz metotları

Yağlama yağı analizi kapsamındaki ilk çalışmalardan biri 1941 yılında Denver ve R.G.W. Demiryolu laboratuarlarında Baird-3 Emission Spectrometer ismiyle yapılmış olan çalışmadır. Bu icat, motor yağlarından veri elde ederek, bu veriler sayesinde rutin takip sistemi kurma temeline dayanıyordu. Bu programın başarılı oluşu başka laboratuar ve sanayi kuruluşlarını da aşınmış parçacık analizi yapmaya yönlendirdi ve böylelikle çeşitli teknikler geliştirildi. Aşınmış parçacık analiz metotları iki ana grupta toplanmaktadır.

4.5.2.1. Doğrudan analiz yöntemleri

Yağ bünyesindeki parçacıklar, çalışma esnasında akış yönünde yerleştirilen yoğunluk ve kirliliği ölçen transdisörler, elektriksel kondakter filtreleri, endüktif dedektörler, kapasitif

dedektörler, manyetik pluglar ve kollektörler aracılığıyla toplanarak aşınma miktarını anında gösteren göstergelerden okunabilir.

Diğer yandan toplanan parçacıklar farklı yöntemlerle laboratuvarda değerlendirilip ulaşılan sonuçlara göre gerekli müdahaleler yapılabilir.

Yöntemin uygulanmasında bazı noktalara dikkat edilmelidir. Dikkat edilmesi gereken noktalar aşağıda verilmiştir:

1. Analiz düşük maliyetli olmalıdır. İmalat ve bakım maliyetinin altında olmalıdır.
2. İzlenen makinede stop etmeden önce sistem doğru ve etkili bir arıza öngörüsü sunmalıdır.
3. Sistemin çalışması için sürekli bir mühendise ihtiyaç duyulmayacak şekilde kuruluşu ve işletmesi kolay olmalıdır.
4. Güvenilir olmalıdır. Ölçüm başlangıcında ya hiç ya da çok basit kalibrasyon ihtiyacı duyulmalıdır. Onarım için göz önünde bulundurulmayacak ölçüde az süreye gerek duyulmalıdır.
5. Sistem, istendiğinde geliştirilip genişletilebilmelidir.
6. Ekipman kapanması gerektiğinde, minimum kapalı kalma süresini sağlayacak doğrulukta tanıları verebilecek, sorunu tanımlayacak bir sistem olmalıdır.
7. Çevresel etmenlerden etkilenmemelidir.
8. Boyutça büyük parçacıklara yanıt verebilmelidir.
9. İşletme maliyetlerini azaltacak şekilde bilgi işleme ve hesaplama sistemi, bu işletmede kullanımda olan bilgisayar sistemi ile uyumlu olmalıdır.
10. Eğer sistem devamlı değişen elektriksel bir çıkış veriyor ise bu çıkış yakalanan parçacıkların miktarı ya da büyüklüğüyle orantılı olmalıdır.
11. Etkin bir aşınmış parçacık analizi için çevrimiçi izleme sistemlerinin ancak dönüşümlü yağlama sistemlerinde kullanılabilir (Bedford, 1986).

Bu yöntemin uygulama şekilleri aşağıdaki gibidir.

- Optik Transdüserler
- Elektriksel kondaktör filtreleri
- İndiktüf dedektörler
- Kapasitif dedektörler
- Filtrasyon sistemleri

- Mağnetik pluglar
    1. Parçacık dedektörleri
    2. Miktarsal Parçacık izleme sistemleri
    3. Sürekli aşınmış parçacık takibi

4.5.2.2. Numune alarak laboratuvarlarda analiz

Bu yöntem yağdan belli aralıklarla örnek alarak laboratuvar ortamında belirlenen tekniklerle incelenmesi temeline dayanır. Gereklilikler sırasıyla şöyledir;

1. Analiz tekniklerinin gerektirdiği eğitimli kullanıcılar ve laboratuvar tesisi oluşturulmalıdır.
2. Numune kaybı riski ihtimalini önlemeli, özenli olarak ve düzenli aralıklarla yağ numuneleri alınmalıdır.
3. Numune alımının sıklığı ve vakti etkili şekilde düzenlenerek herhangi bir makinede arıza çıkmadan önce numunelerin alınması ve değerlendirilmesi sağlanmalıdır.
4. Analiz için gerekli doğruluk ve hız seviyeleri dikkate alınmalıdır.
5. Analiz sonrasında beklenen bilgilerin; aşınmış parçacıkların miktarı, kimyevi bileşimi, şekli, renk ve büyüklük dağılımı olduğuna dikkat edilmelidir.
6. Çeşitli teknikler kullanılıyor olsa bile ulaşılan sonuçlar diğer laboratuvar sonuçlarıyla karşılaştırılabilir olmalıdır.

Yağ analizinin başlangıç aşamasında önemli derecede kar getirecek bir tasarruf aracı olmadığı bilinmelidir. En görünen tasarrufu beklenmedik arıza duruşları olmaksızın devamlı çalışacak makinelerde olur. Hareketli makinelerdeki tasarruf ise gerekli olmayan yağ değişimlerinde bulunulmayarak sağlanır. Örnek olarak; İngiliz Demiryolu İşletmesi 20 seneyi aşan bir çalışma sonucu, 1983 senesinde numune alarak laboratuvarda analiz yöntemini uygulamaya başlamış yıllık 1.000.000 paundluk tasarruf sağlamıştır (Bedford, 1986).

4.6. Yağ Numunesi Analiz Teknikleri

Bu yöntemin pek çok tekniği vardır. Bunların en önemlileri aşağıda verilmiştir;

1. Spektrometrik yağ analizi

- Atomik Absorbsiyon
- Atomik yayılım(Emisyon)

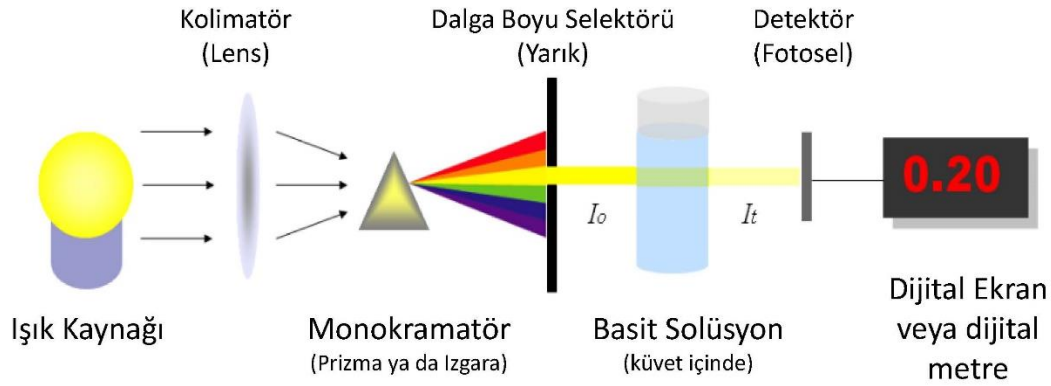
2. Mikroskobik
   - Optik mikroskop
   - Tarayıcı elektron mikroskobu
3. Görüntü analizi
4. Ferrografi
5. Dönen parçacık depolayıcı
6. Aşınmış parçacık test edici
7. Parçacık miktarı ölçüsü
8. Lazer ışını dağıtma (Difraksiyon) yöntemi

4.6.1. Spektrometrik yağ analizinin kullanımı

İki farklı tekniğe ayrılır.

1. Atomik Absorbsiyon Prensibi

Atomik absorbsiyon prensibi nötr pozisyondaki bir atomun belirli bir dalga boyundaki ışıkta bulunan enerjiyi absorbe ederek uyarılmış pozisyona geçmesiyle oluşur. Bu dalga boyundaki absorbe edilen ışık enerjisi miktarı, ışığın izleğindeki elementin atom numarasına orantılı olarak artar. Emilen ışığın miktarıyla bilinen standartlardaki, mevcut konsantrasyonlar arasındaki ilişki, bilinmeyen konsantrasyonların emdikleri ışık miktarı ölçülerek kayıt edilmesi için kullanılabilir. Şekil 4.2’ de Atomik absorbsiyon prensibi gösterilmiştir. Numune Aerosol halinde hava-asetilen veya nitrous oksit-asetilen alevine veyahut sıvı ya da katı olarak grafik bir yüzeye verilir. Bu adımda numunelerdeki çeşitli elemanlar her biri (özel) dalga boyunda ışığı emebilen atom formlarına dönüşür. Normalde kullanılan ışık kaynağı elektroksuz deşarj lambası veya yarık katodlu lambadır (Adamor, 1985).

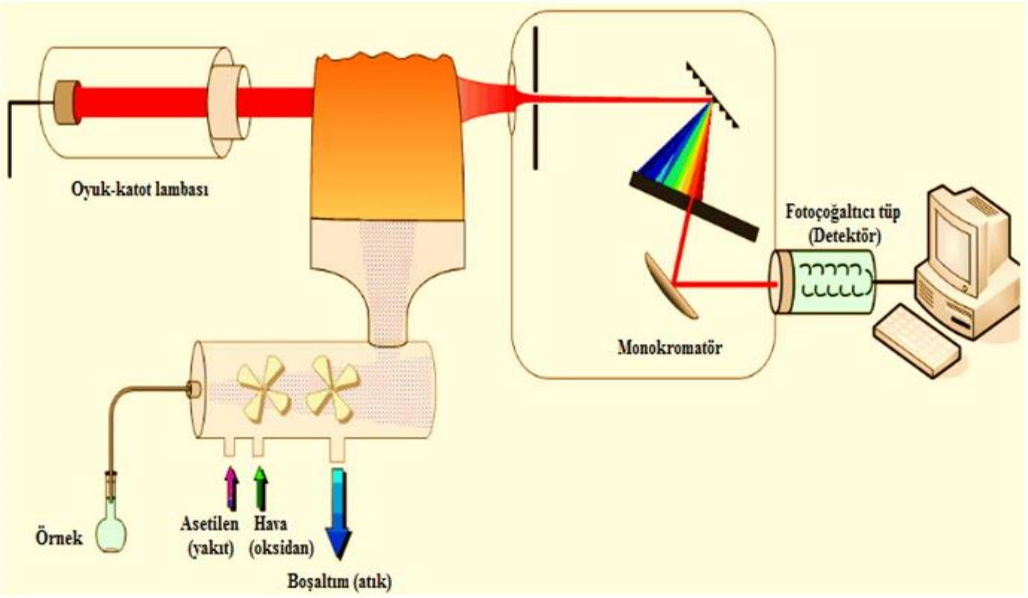


Şekil 4.2: Atomik Absorbsiyon Prensibi Şematik Diyagramı

2. Atomik Yayılım Prensibi

Atomik yayılım prensibi, uyarılmış atom ya da iyonların tipik dalga boylarının ölçülmesine dayanır. Yayılım kararsız enerji sahibi serbest bir atom ya da iyonun kafi miktarda ısı ya da elektrik enerjisi sayesinde harekete geçirilmesi sayesine olur. Optik bir süzgeç aracılığıyla bir ışının spektromuna ayrılır. Bu ışın spektrom çizgilerine konan fotoçoğullayıcılar element konsantrasyonlarını aynı anda ölçer. Eskiden ikaz için kullanılan enerji kaynağı olarak basit alev kullanılırken gelişmeler sonrasında elektro termal kaynaklar, asetilen, nitrous oksit-asetilen alevleri kullanılmaktadır. Kullanımdaki en son kaynak Inductively Coupled plasma (ICP) adıyla bilinmektedir. Bu, iyonize argonun bir radyofrekans bölgesiyle etkileşmesiyle sağlanır.

Argon gazı 10.000 Kelvin sıcaklık seviyesine kadar ısıtılıp tüp biçiminde kuvars ışık vericiye akıtıldığında numune daha evvelki kaynaklardan temin edildiğinden ortalama dört kat daha fazla ısınır. Elektriksel arklarda yakın sıcaklık dereceleri yakalanabilir ancak elektriksel arklar (ICF)'ye oranla zayıf tekrar edebilme özelliği taşırlar. Plasman halka şeklinde olup numune bu halkanın (kimyasal olarak hareketsiz bir atmosfer hazırladığı ve optik olarak ince bir ısınım kaynağı oluşturduğu) merkezineaerosol durumda verilir (Bedford,1986).



Şekil 4.3. Atomik Emisyon (Yayılım) Prensibi Şematik Diyagramı

Yağlama yağının element analizine en uygun tekniklerden biri spektrometrik yağ analizidir. Atomik absorbsiyon ile analizi yapılmış bir yağ numunesi içerisinde bulunan elementler şunlardır; Alüminyum, Antimon, Baryum, Kadmiyum,Kalsiyum, Krom, Kobalt, Bakır, demir, Kurşun, Lityum, Magnezyum, Molibden, Nikel,Silikon, Gümüş, Kalay, Titanyum ve Çinko. (ICP) ısınım spektrometresinde atomik emilim daha yüksektir. Pratik olarak periyodik tabloda yer alan tüm elementleri bu arada atomik emişi zayıf olarak belirlenenler de dahil olmak üzere Bor, Fosfor ve Uranyumu da kapsayacak biçimde algılayabilir.

Başka spektrometirk yağ analizi teknikleriyle kıyaslandığında atomik emiş en ucuz olanıdır. Bu cihaz çok basit yapılıdır ve uzman olmayan bir personel dahi kullanabilir. Atomik yayılım yüksek maliyetleri engellemede etken rol oynamaktadır. Aynı zamanda cihaz gayet büyük ve karmaşık kalibrasyon işlemlerini içeren yapıdadır.

(ICP) Işınım spektrometresi önemli olarak aynı anda 6 ya da daha çok elementin ayırt edilebilmesini sağlayan bir analiz yöntemi oluşturur. Fakat, atomik emiş tüm numuneler için 6'dan daha az elementin ayırdında daha hızlı iş görür. Aslında bu (ICP)'nin bir veri bilgisi için, uygulamanın başından kararlı seviyeye ulaşılmasına değin daha çok süreye gerek duyulmasından kaynaklanır. Atomik absorbisyonla bir seferde ancak tek bir elemen ölçümlenebilir. Fakat genellikle çok miktarda yarık katotlu lambaların değiştirilmesi

zordur. ICP, başka spektrometrik tekniklerin tersine kimyasal tepkime etkileşimlerinden etkilenmez ve yüksek çalışma sıcaklığında dolayı geniş bir analitik alanı kaplar.

Atomik absorbisyon spektrometresi karışık ve çok yönlüdür. 5 μm'den küçük parçacıkların oluşturduğu karışımlarda çok doğru sonuçlar verir.

Ancak, asitlerce çözülmediği sürece tüm spektrometrik yağ analiz teknikleri 15 μm'den daha büyük parçacıkları algılamaz. Sonuç olarak, etkili bir parçacık analizi gerçekleştirmek için tüm bu teknikler organize laboratuvarlarla beraber bilgisayarlı bir bilgi işlem sistemi kurabilecek büyük sanayi kurumları için uygundur.

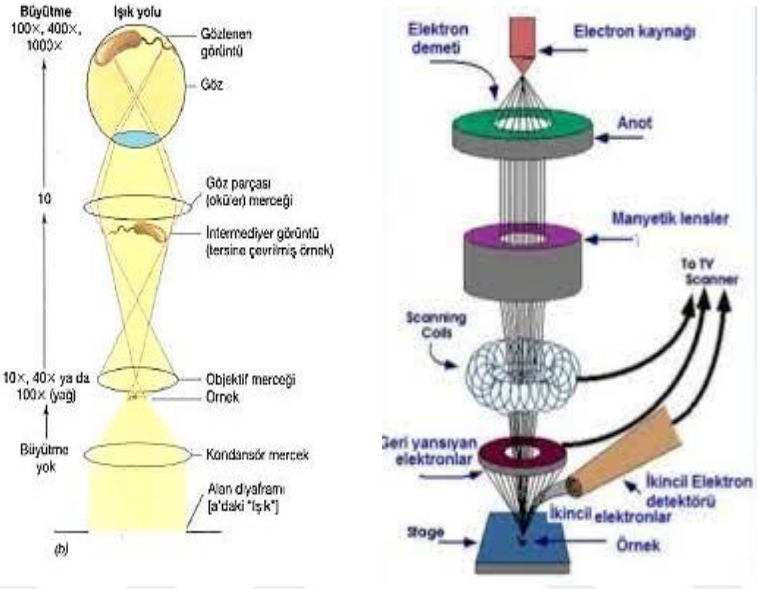
4.6.2. Mikroskopinin kullanımı

Mikroskobik analiz, aşınmış partiküller ve partikül yüzeylerine ait bilgileri içermektedir. Yüzey analizinde çeşitli mikroskopların kullanımına rağmen aşınmış parçacık analizinde genellikle optik ve taramalı elektron mikroskopları kullanılmaktadır. Bunlar;

Optik Mikroskopi: Optik mikroskobun büyütme özelliği, ışığı yansıtan ve yayan numune ve izleme parçasının bileşimi sonucunda oluşur. Şekil 4.4'de verildiği gibi görüntünün oluşturulması; izleme parçası ve ölçekleme düzeneği aracılığıyla olur. Optik mikroskoplar, aşınmış parçacıkların biçimi, ebatı, rengi, yapısal tipolojileriyle ilgili yaklaşık bir bilgiye ulaşmak için en temel amaç olarak kabul edilmektedir ve aşınmış parçacık analizi ile uğraşan her kurumun ilk yatırımıdır. Bu yöntem çokça rastlanılan aşınma süreçlerinin partikül mikrograflarını ihtiva eden bir aşınmış parçacık atlası ile birlikte kullanıldığında etkili olmaktadır.

Taramalı Elektron Mikroskopisi: Bu terim farklı farklı bir grup aletin tümünü kapsamaktadır. Bu aletlerin tümünün ortak özelliği prensip olarak görüntü oluşturmada elektronik kuvvetlendirme ve tarama için elektron ışını kullanmasıdır. Görüntü oluşturma temel prensibi Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Elektron ışınının numuneyle etkileşiminden emilme, yansıtılma, dağıtılma ya da polarize olma sonuçları ortaya çıkar ve numune böylelikle radyasyon yayabilir. Bu fiziki teşkilin birinden orantılı bir sensörle alınan işaret güçlendirilir ve bir monitörde gösterilir. En çok kaba yüzeylerin karakterize edilmesine uygundur.

Alanın derinliği: Delik, çatlak ve aşınınmış parçacıkların net şekilde fotoğrafa yansımasına müsaade eder. Bu element analiz esnasında uzman elemana gereksinim duyar. Sistemde düz bir yüzeyin mikro yapısını aktif olarak açığa çıkarma olanağı bulunmaz ve numuneler görüntüyü iyileştirmek ve elektriksel iletkenliği sağlamak için ince bir ağır metal film ile kaplanmalıdır (Anderson, 1981).



Şekil 4.4: Optik Mikroskop Şematik Diyagramı Optik Mikroskop Şematik Diyagramı (A) Taramalı Elektron Mikroskobu (B)

BÖLÜM 5. YAĞ ANALİZİNDE KULANILAN METERYEL VE METOTLAR

İş makinaları, tüm makinalar içinde en zor sayılacak koşullarda hizmet veren makinalardır. Bu makineler için çeşitli arıza sebepleri varken, özellikle çevre kirliliği bu makinalarda arızaların temel nedenlerinin en başında gelir. Şayet bu temel neden ortadan kaldırılabilirse, iş makinelerinin arızaları arası geçen süre uzayacak, makinaların hizmette kalma süreleri uzayacak dolayısıyla onarım ve yedek parça maliyetleri düşecektir.

Bu uygulamanın yapılabilmesinin temel şartı, kullanılan dişli ve yatak yağı ve hidrolik yağların teknolojik ihtiyaçlara uygun olarak ve belirli aralıklarla analizinin gerçekleştirilerek kirlilik önleyici sistemlerin ne ölçüde başarı sağladığını tanımlamak, eğer varsa sorunun giderilmesidir. Yapılacak analizlerle yağın hizmete devam edip edemeyeceğine de yağın niteliklerinin tanımlanmasından sonra karar verilebilecektir.

Kullanılan spekturum yağ analizi, bir iş makinasında kullanılan yağın diğer sistemlerde kullanılan yağlardan farklı olduğunu gösterir. Ayrıca çalışma ortamı koşullarının ve kullanılan iş makinasının özelliğinin bir sonucu olarak yapılan hidrolik yağ analizi farklılık gösterir (Stamatios S. Kalligeros). Hidrolik sıvının analizi, iş makinalarının güvenliğini inceleyen test prosedürlerine dahil edilebilir.

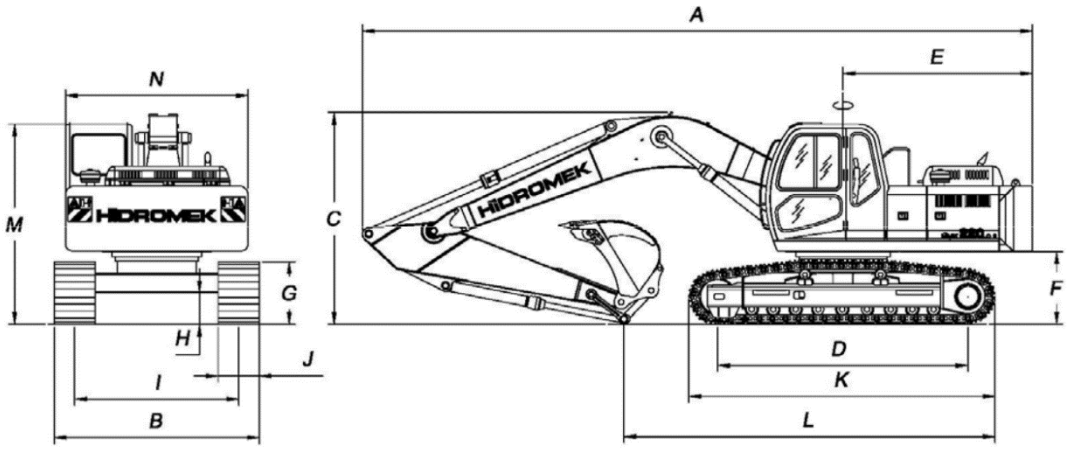
SGS firmasınca aynı amaçla uygulanan yağ ve aşınmış parçacık analiz yöntemi, bakımın gerektirdiği ilkeler doğrultusunda iş makinelerinin optimum seviyede bakım ve en az seviyede arızayla çalışır olması için gereken bilgileri yansıtmak üzere uygulanmıştır. Bu amaç doğrultusunda iş makinalarında yer alan hidrolik sistemden yağ numuneleri toplanarak aşağıda belirtilen prosedüre göre analizler yürütülmüştür.

5.1. Yağ Analizinde Kullanılan İş Makinaları

Bu çalışmada üç farklı tonajda iş makinası modeli kullanılarak hidrolik yağın spektrum yağ analizi ile değişik yağ çalışma periyotları yapılmıştır.

5.1.1. HMK220LC iş makinası

Makinanın özellikleri aşağıda belirtilmiştir.



A: Toplam uzunluk (Nakliye İçin)	9850 mm
B: Palet genişliği (std. Pabuç ile)	2990 mm
C: Nakliye ağırlığı	3135 mm
D: Palet basma uzunluğu	3640 mm
E: Dönüş radyüsü	2860 mm
F: Üst şasi – Zemin boşluğu	1055 mm
G: Palet yüksekliği	910 mm
H: En az zemin boşluğu	465 mm
I: Palek eksenler arası genişlik	2390 mm
J: Pabuç genişliği (STD.)	600 mm
K: Palet uzunluğu	4445 mm
L: Zemindeki uzunluk	5410 mm
M: Kabin yüksekliği	2955 mm
N: Eni (Yan aynalar hariç)	2660 mm

Şekil 5.1: HMK 220LC İş Makinası

Tablo 5.1: HMK 220LC Teknik Özellikler

Madde		Birim	Özellik
Ataşman	(SAE) standardına gore kepçe kapasitesi	m^3	1.0
	Arm uzunluğu	m	2.92
	Bom uzunluğu	m	5.8
	Pabuç genişliği	mm	600
Çalışma ağırlığı		ton	22.3
Kule dönüş hızı		rpm	11.4
Yürüyüş hızı	1. hız	km/h	3.7
	2. hız	km/h	5.7
Max. kepçe kazma kuvveti		kg f	13520 (14790)
Max. kol koparma kuvveti		kg f	10890 (11910)
Tırmanabilirlik		*	35
Motor	Üretici	-	Cummins
	Model	-	6 BTA5,9-C veya 6BTAA5.9-C
	Tipi	-	4 zamanlı, 6 silindirli, sıralı, direk püskürtmeli, su soğutmalı, after veya inter kulerli, dizel motor

Tablo 5.1: (Devamı) HMK 220LC Teknik Özellikler

	Güç (SAE J1995'e göre)		PS / rpm	167/2000 veya 165/2000
	Max. tork		Nm / rpm	651/1500 veya 693/1500
	Silindir çap x strok		Mm	102 x 120
	Toplam deplasman		Cc (cm^3)	5880
	Sıkıştırma oranı		-	16.5:1
	Yakıt pompası			BOSCH
	Düşük rölanti (yüksüz)		rpm	950 ±50
	Yüksek devir (yüksüz)		rpm	2200 ± 50
	Ateşleme sırası		-	1-5-3-6-2-4
	Yağlama sistemi		-	Cebri yağlama
	Sübap ayar değeri	Emme	mm	0.25
		Egzost		0.51
	Marş motoru		V	24
	Alternatör	Voltaj	V	24
		Sığa	A	50
	Türboşarjer		-	Var
	Fan		-	Emici tip
				Dişli tip V-kayış
	Motor karteri yağ kapasitesi		L	16.4
	Motor ağırlığı (yaş)		kg	432
	Üretici		-	MITSUBISHI
	Model		-	6D34-TLU2LD
	Tipi		-	4-Zamanlı, 6 silindirli, sıralı, su soğutmalı, direk püskürtmeli, turboşarjlı, inter kulerli, dizel motor
	Güç (SAE J1995 e göre)		HP/rpm	153/2000
	Maksimum Tork		N.m/rpm	590/1500
	Silindir sayısı (Çap x Stroke)		mm	6(104 x 115)
	Deplasman		cc	5860
	Sıkıştırma oranı		-	18.2:1
	Rölanti Devri (yüksüz)		rpm	950 ±50
	Maksimum Devir (yüksüz)			2150 ±50
	Ateşleme sırası		-	1-5-3-6-2-4
	Yakıt Pompası		-	BOSCH
	Yakıt Tüketimi		gr / kW.h	212
	Yağlama		-	Dişli pompa, basınçlı dolaşım
	Sübap ayarı	Emme	Mm	0.4
		Egzoz		0.4
	Marş motoru		V	24
	Alternatör	Voltaj	V	24
		Kapasite	A	50
	Turboşarjer		-	Var
	Fan	Tipi	-	Emici
		Tahrik		Dişli V-kayış
	Motor karteri yağ kapasitesi		L	18
	Kuru		kg	480
Soğutma sistemi	Radyatör	Tipi	-	Alüminyum, hava soğutmalı
		Petek boyutları	mm	501x740x140
		Soğutucu kapasitesi	l	15,2
	Yağ soğutucu	Tipi	-	Alüminyum, hava soğutmalı
		Petek boyutları	mm	501x740x140

Tablo 5.1: (Devamı) HMK 220LC Teknik Özellikler

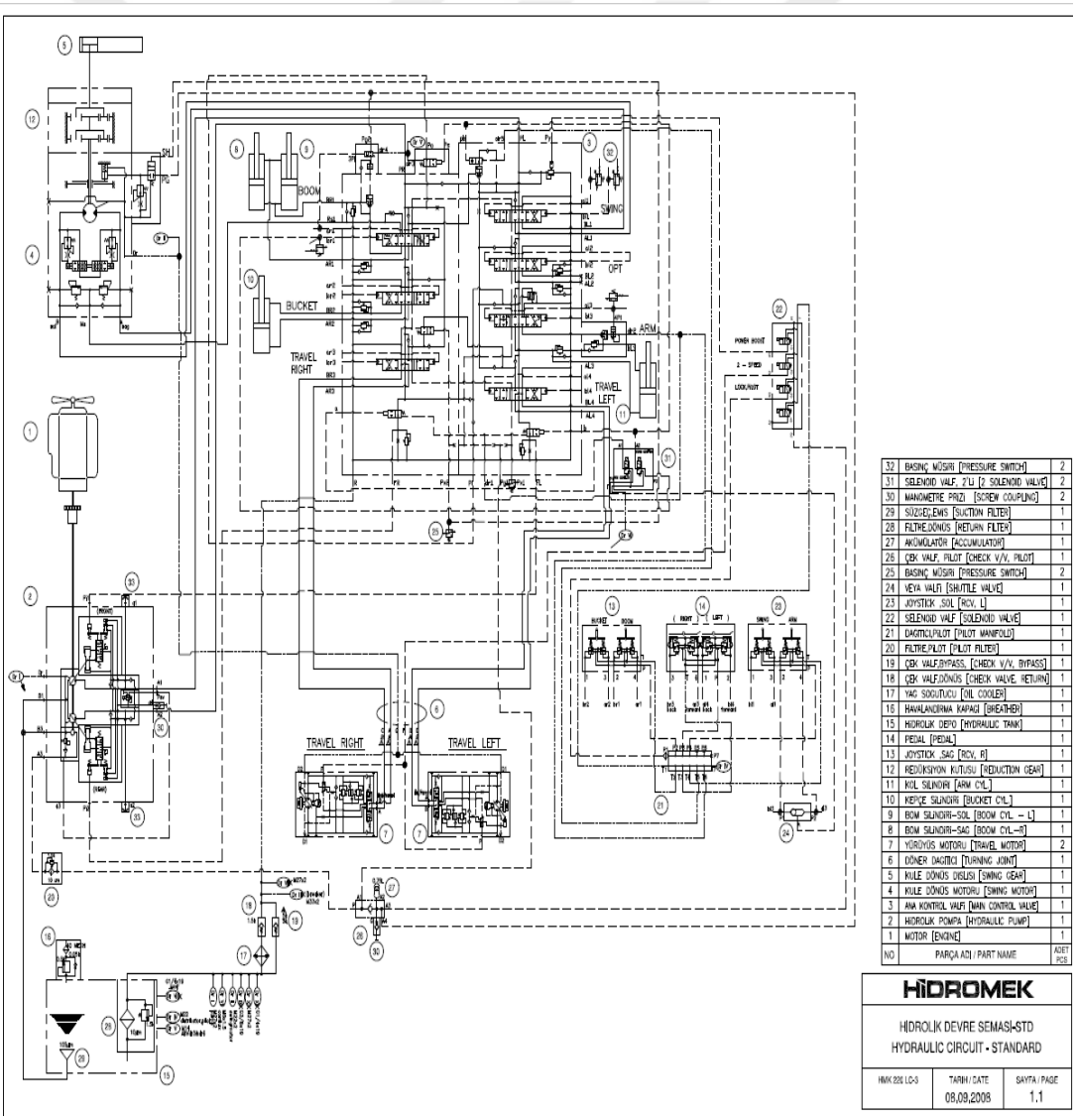
Elektrik sistemi	Korna	Tipi	-	Elektrikli korna
		2 m' de ses düzeyi	dB(A)	105~118
	Akü	Tipi	-	Kurşun-asit
		Kapasite	V/Ah	2 x 12V / 120 Ah
		Voltaj	V	24
	Far	Far	2 ad.	halojen (H4 24V 75W)
		Çalışma lambası	2 ad.	halojen (H1 24V 70W)
	Devre koruyucu	Tipi	-	Sigorta
		Sig. sayısı	adet	24+3
Hidrolik sistem	Ana pompa	Üretici		Kawasaki
		Model	-	K3V112DT
		Debisi	L/min	2 x 224 (2000 dev/dk)
		Çalışma şekli		Tam güç kontrollu
		Tipi	-	Değişken deplasmanlı eksenel pistonlu
	Pilot pompa	Tipi	-	Sabit dişli
		Debisi	L/min	19
		Deplasman	cc	10
		Rilif basıncı	kg/cm^2	40
	Ana kontrol valfı	Üretici	-	Toshiba
		Model		UX28-46
		Tipi	-	7 spullu, mono blok, sistemler pilot kontrollu
		Çalışma basıncı	kg/cm^2	330 – 350
		Antişok basıncı	kg/cm^2	380
		Çalışma şekli	-	Bom ve arm bileşik akış Kule dönüş önceliği Bom hareket önceliği Düz yürüme Bom/arm yük tutma Bom/arm rejenerasyonu
Yürüyüş sistemi	Yürüyüş motoru	Üretici	-	NABTESCO
		Model		GM35VL
		Tipi	-	Değişken debili pistonlu
		Deplasman	cc/devir	83.9/130.4
		Çalışma ve rilif basıncı	kg/cm2	350
		Fren Tipi	-	Hidrolik çoklu disk
		Fren Açma basıncı	kg/cm2	6.0
		2-kademeli kontrol basıncı	kg/cm2	20
	Redüksiyon dişli	Tipi	-	2 kademeli ve geri yöne dönüş dişlisi
		Yağ kapasitesi	Litre	5.4
	Cer	Diş sayısı	Ad	21
		Çapı	Mm	644.6
Dönüş sistemi	Kule dönüş Motoru	Üretici		Toshiba
		Model		MFC 160-053
		Tipi	-	Sabit debili motor
		Deplasman	Cc/devir	151
		Çalışma basıncı	kg/cm2	240
	Redüksiyon dişli	Model	-	RG 08S-196-14
		Tipi		2-kademeli, planet
		Yağ kapasitesi	L	5
		Ağırlık	Kg	190
	Dönüş dişlisi	Tipi	-	Rulmanlı

Tablo 5.1: (Devamı) HMK 220LC Teknik Özellikler

		Diş sayısı		ad	92
		Gres yağı		kg	25 (sıvanmış)
	Fren	Tipi		-	Hidrolik çoklu disk
		Boşalma basıncı		kg/cm2	3
		Çalışma şekli		-	Dönüşe başladığında otomatik çözülme Dönüş durduğunda otomatik frenleme Sarsıntısız yumuşak frenleme
Hidrolik yağ	Tipi			-	Aşınma, köpürme, paslanma ve yüksek basınca dayanıklı mineral yağ
	Grade			-	ISO VG 46
	Kinematik Viskozite @ 40□° C			cSt	47,5
	Viskozite indeksi			-	158
Kontrol sistemi	Kontrollar			3	2 kumanda levyesi 1 yürüyüş pedalı
	Sol kumanda levyesi Kawasaki PV48K1127			derece	Iler/ger i:250 Sağ/sol: 190
	Sağ kumanda levyesi Kawasaki PV48K1127			derece	Iler/ger i:250 Sağ/sol: 190
	Yürüyüş pedalı Kawasaki D8C4111				Pilot kontrol
Depolar	Yakıt	kapasite		L	365
	Hidrolik yağ	Tipi		-	Kendinden oluşan basınçlı Kapalı sistem
		Kapasite		L	188
		Basınç		kg/cm2	0 - 0.5
		Emiş filtresi		µ	177
		Dönüş filtresi		µ	10
Hidrolik silindirler	Bom	Birim		adet	2
		Silindir çapı x Rod çapı x Strok		mm	Ø125x Ø 85x1325
		Yastıklama		-	Küçük odacık
	Arm	Birim		unit	1
		Silindir çapı x Rod çapı x Strok		mm	Ø 140x Ø 100x1640
		Yastıklama		-	Küçük odacık
	Kepçe	Birim		each	1
		Silindir çapı x Rod çapı x Strok		mm	Ø 125x Ø 85x1060
		Yastıklama		-	Küçük odacık
Yürüyüş takımı	Uzunluk			mm	4436
	Palet baklası aralığı			mm	190
	Bakla sayısı			ad	2 x 49
	Taşıyıcı makara			ad	2 x 2
	Yürüyüş makarası			ad	9 x 2
	Palet gergi yayı	Tipi		-	Gres basıncı ile ayarlı
Palet	Palet baklası aralığı			mm	190
	Pabuç sayısı			ad	2x49
	Std. Ataşmanla zemin basıncı (bom, arm ve kepçe)		600 mm genişliğinde (üç dişli)	kg/cm2	0.44
				Psi	6.26

Tablo 5.1: (Devamı) HMK 220LC Teknik Özellikler

Madde					Birim	Özellik
Kabin	Kabin Uzunluğu				mm	1680
	Kabin Yüksekliği				mm	1619
	Kabin Genişliği				mm	947
	Camlar	Ön			-	Tamamen açılabiliyor, temperlenmiş cam
		Yan	Sol		-	Sürgülü, temperlenmiş cam
			Sağ		-	Sabit, temperlenmiş cam
		Arka			-	Sabit, temperlenmiş cam
	Koltuk	Fonksiyon			-	Ağırlık, sırtlık, yükseklik ayarı yapılabilir
		Ayarlar	Sırtlık Açısı		*	Öne: 66, Arkaya: 72
			İleri-Geri		mm	±80
			Yükseklik		mm	±30
			Süspansiyon		kg	50 -120

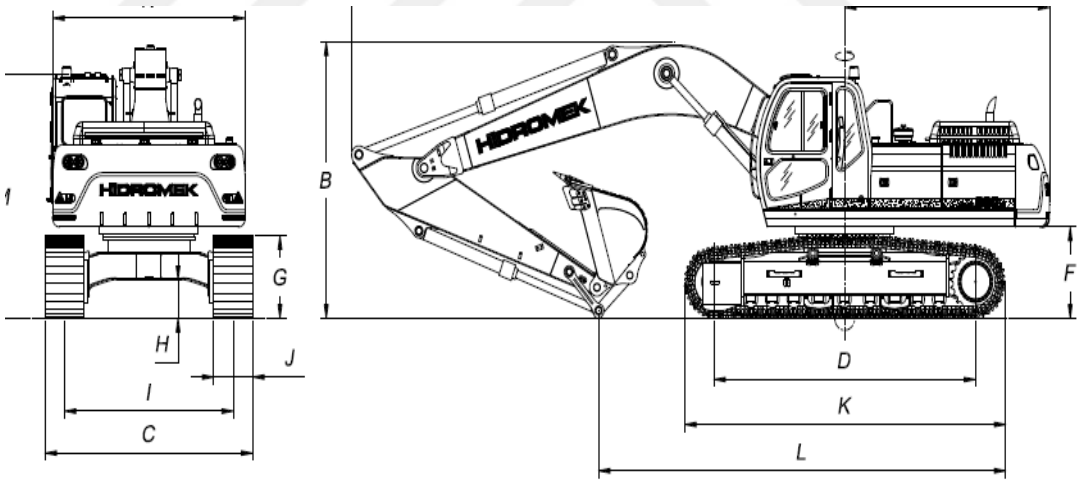


Şekil 5.2: Hidrolik Devre Şeması (220LC)

5.1.2. HMK300 LC iş makinası

Tablo 5.2: HMK300LC Teknik Özellikleri

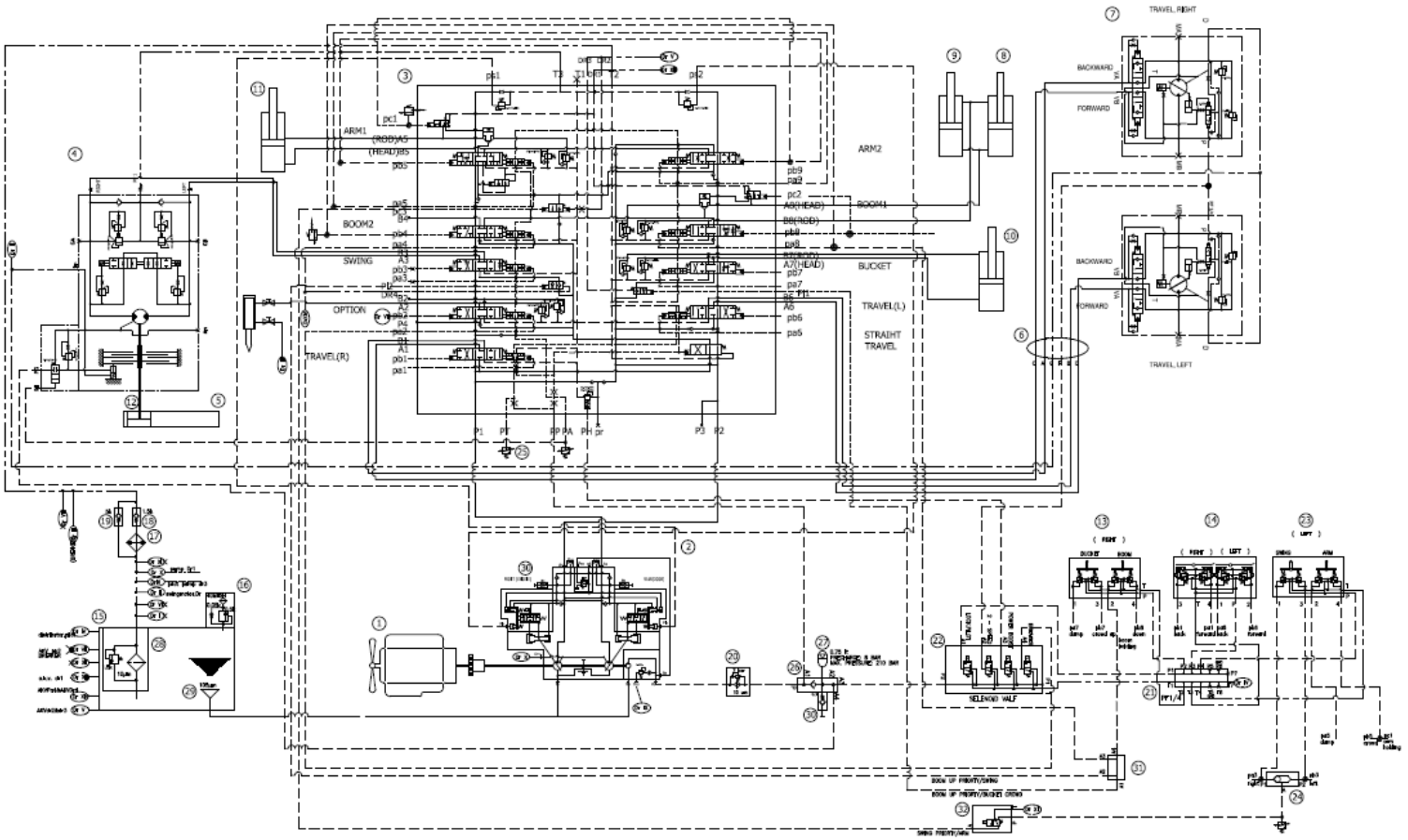
ATAŞM	BOM, mm		* 6 280		
	ARM, mm		2.100	*2,500	3.070
	KEPÇE, m^3		1,7	* 1.5	1,3
GENEL ÖLÇÜLER, mm	A)	lodam Uzunluk	10.860	10.810	10.730
	B)	Bom Yüksekliği	3.550	3.470	3.290
	C)	Alt Şase Genişliği (Palet Genişliği) (LC)	*3.200/3.300/3.400		
		Alt Şase Genişliği (Palet Genişliği) (NLC)	*2.990/3.090/3.190		
	D)	Palet Basma Uzunluğu	4.030		
	E)	Arka Ağırlık Mesafesi	3.190		
	E')	Arka Ağırlık Dönüş Yarı Çapı	3.240		
	F)	Üst Şase Zemin Boşluğu	1.190		
	G)	Palet Yüksekliği	1.060		
	H)	Minimum Zemin Boşluğu	500		
	1)	Palet Eksenleri Arası Mesafe (LC)	2.600		
		Palet Eksenleri Araş' Mesafe (NLC)	2.390		
	J)	Pabuç Genişliği	*600 / 700 / 800		
	K)	Alt Şase Uzunluğu (Palet Üzerinden)	4.940		
	L)	Zerrindeki Uzunluk	7.530	6.780	5.860
	M)	Kabin Yüksekliği	3.150		
	N)	Üst Şase Genişliği	2.990		



Şekil 5.3: HMK300LC İş Makinası

Tablo 5.2: HMK300LC Motor Özellikleri

Parça			Birim	Özellik
Motor	Üretici		-	ISUZU
	Modeli		-	AH-6HK1X
	Tipi		-	4-eksantrikli motor
	Motor gücü (SAE J1995)		kW/rpm	161/1800
	Maksimum Tork (SAE J1995)		Nm/rpm	940/1500
			pcs	6
	Çap x Strok		mm	ø115 x 125
	Deplasman		cc	7790
			-	17.5:1
	Rölanti Devri (yüksüz)		rpm	980 20
	Maksimum Devir (yüksüz)		rpm	1850+20
			-	1-5-3-6-2-4
			-	Common rail tipi
	Fan	Tipi	-	Emici
		Sürücü		
			L	38



Şekil 5.4: Hidrolik Devre Şeması (300 LC)

5.2. Yağ Analiz Cihazı

5.2.1. Viscol-10AS otomatik kinematik viskozimetre cihazı

Viscol-10AS Otomatik Kinematik Viskozimetre, yağ ve benzer tip akışkanlar için farklı modellerde en son sıcaklığı kontrol etme özellikleri ile donatılmıştır. Hidrolik yağ polimer için farklı modellere sahip Viscol-10 Serisi Kinematik Viskozimetreler, Newton tipi akışkanların geniş sıcaklık ve viskozite aralığında kinematik viskozitesinin belirlenmesi için geliştirilmiştir. Kinematik viskozite ölçümü, viskozimetre temizliği, ölçümleme vb. tüm işlemler cihaz tarafından otomatik olarak gerçekleştirilir. Bu kinematik viskozimetreler, herhangi bir kullanıcı müdahalesi olmaksızın araştırma, geliştirme ve kalite kontrol uygulamaları için en güvenilir sonuçları sağlar.

Viscol-10AS, 23 numune kapasiteli otomatik numune alma ünitesi ile sürekli analiz imkânı sunar. Analiz sonrasında yıkama ve kurutma işlemlerini tamamlayan Viscol-10AS modelleri bir sonraki numuneye geçerek herhangi bir müdahale olmadan kinematik viskozite ölçümlerine devam eder. (BİOLAB)



Şekil 5.5: Viscol-10AS Otomatik Kinematik Viskozimetre Cihazı

5.2.2. Mini Lab 153 serisi

MiniLab 153, dört basit testle kapsamlı yerinde yağ analizi yaparak anında eyleme geçirilebilir sonuçlar sağlar, zamandan tasarruf sağlar ve maliyetleri düşürür. Bu sistemin öne çıkan özellikleri şunlardır: Laboratuvar dışında laboratuvar kalitesinde analiz

sağlayan tek üründür. Uzman olmayan kullanıcılar için basitleştirilmiş iş akışı sağlar ve kimyager gerektirmez. Yağ analizi, metal aşınmasının erken göstergelerini sağlar ve korozyonun temel nedenlerini tanımlar. Yerinde yağ analizi, numunelerin saha dışına gönderilmesiyle ilişkili beklemeyi ortadan kaldırır ve anında karar vermeyi sağlar; zamandan tasarruf sağlar ve maliyetleri düşürür. Bu sistemin öne çıkan özellikleri şunlardır: yağdaki kızılötesi spektrometre ile yağdaki bozulmayu, oksidasyonu, vitrasyonu, toplam baz sayısını ve diğer elementler kurum ve glikol değerlerine bakar.(BİOLAB)



Şekil 5.6: MiniLab 153 Test Cihazı(BIOLAB)

5.2.3. Viscol 10 serisi

Viscol-10 Otomatik Kinematik Viskoz metre, hidrolik yağı, polimer ve benzeri Newton tipi akışkanlar için en son sıcaklık kontrol, dedektör, kronometre ve yıkama özelliklerine sahip farklı modellerle donatılmıştır. Yağ, polimer, bitüm, kâğıt/hamur vb. için farklı modellere sahip Viscol-10 Serisi Kinematik Viskoz metreler, Newton tipi akışkanların geniş sıcaklık ve viskozite aralığında kinematik viskozitesinin belirlenmesi için geliştirilmiştir. Kinematik viskozite ölçümü, viskozimetre ölçümü, tan değeri ölçümleme vb. tüm işlemleri cihaz tarafından otomatik olarak yapar.(BiOLAB)



Şekil 5.7: Viscol 10 Series(BİOLAB)

5.2.4. MiniLab 153 kapsamlı yağ analiz cihazı

MiniLab 153 dört basıt testle, kapsamlı yerinde yağ analizi yaparak anında uygulanabilir sonuçlar verir, zamandan tasarruf sağlar ve maliyetleri düşürür. Rotasyonel Disk Elektrod (RDE) teknolojisi ile herhangi bir numune hazırlığı gerektirmeden numune içeriği belirlenmesi sağlar. Yalnızca bir dakika içerisinde 32 elemente kadar numune içeriğinin belirlenmesini sağlayan kestirimci bakım prensibinden yola çıkılarak, kullanıcı talepleri doğrultusunda son halini almıştır. (BİOLAB)



Şekil 5.8: MiniLab 153 Kapsamlı Yağ Analiz Cihazı

5.2.5. LNF Q200

LNF Q200 Partikül Sayım ve Görüntü Sistemi, sahip olduğu lazer görüntüleme tekniği ve gelişmiş analiz yazılımı ile hidrolik, madeni ve sentetik yağların içerdiği partiküllerin sayımı, görüntülenmesi, sınıflandırılması ve ayrıca demir içeriğinin belirlenmesi için geliştirilen dünyanın tek partikül sayım sistemidir.(BİOLAB)



Şekil 5.9: LNF Q200

5.2.6. TL7500 karl fischer su içeriği analiz cihazı

L7500 KF trace, tipik 1 ppm – %5 su çalışma aralığı ile Karl Fischer (KF) titrasyon yöntemine göre su içeriği tayini için kompakt, kullanımı kolay bir cihazdır. Uzaktan ve aşırı açılardan kolayca görülebilen yüksek görünürlüklü ve tam renkli bir ekrana sahiptir. Otomatik sapma belirleme ve düzeltme ile kulometrik KF titrasyonu yüzde olarak su, ppm cinsinden su, KF fırınlı su içeriği belirleme gibi standart yöntemlerle ASTM D1533 ve diğer küresel standartlara istatistiksel fonksiyonlar ortalama değerlere bakar.Bağıl standart sapma sonuçları ppm,%, mg, µg, mg / l cinsinden çıktısı alınabilir. (BİOLAB)



Şekil 5.10: TL7500 Karl Fischer Su İçeriği Analiz Cihaz

BÖLÜM 6. YAĞ ANALİZ SONUÇLARI VE BULGULAR

6.1. HMK220 LC Paletli İş Makinasının Hidrolik Yağ Analiz Sonucu

Tablo 6.1: HMK220 LC Paletli İş Makinasının Hidrolik Yağ Analiz Sonucu

	SONUÇLAR						
Numune Numarası Numune Alım Tarihi	TU18085 19/02/2020	TU18085 26/03/2020	PO519270 17/04/2020	PO502160 04/05/2020	PO302629 08/06/2020	PO505080 04/09/2020	PO494150 10/10/2020
Ekipman Ömrü (OH or PE) Yağ Ömrü (OH or PE)	250 248	500 486	1000 1050	1297 1250	1500 1488	1750 1739	2000 2012
Durum							
Görünüm	CLEAR	CLEAR	CLEAR	CLEAR	CLOUDY	CLEAR	CLEAR
TAN							
TAN mg KOH/g	0.53	0.65	0.62	0.51	0.51	0.47	0.40
Viskozite 40 ºC							
Viskozite 40 ºC mm²/s	52.13	47.89	49.42	46.11	46.72	45.13	43.85
Su içerigi							
Su içerigi %	0	0	0	0	0.08	0.09	1.03
Metaller							
Baryum (Ba) ppm	0.04	0.29	0.33	0.38	0.43	0.59	0.67
Silisyum (Si) ppm	0.38	26.88	33.22	39.01	41.99	48.50	50.30
Sodyum (Na) ppm	0.10	0.70	1.32	1.45	0.49	1.20	2.05
Aluminyum (Al) ppm	23.24	25.12	21.35	26.14	25.86	24.47	21.73
Krom (Cr) ppm	0.00	0.00	0.29	0.25	0.00	0.00	0.02
Bakir (Cu) ppm	3.57	3.15	3.19	3.74	3.52	4.54	4.49
Demir (Fe) ppm	6.89	10.84	14.13	16.84	26.98	29.85	39.62
Kursun (Pb) ppm	0.00	0.24	0.46	0.69	0.73	0.89	0.98
Nikel (Ni) ppm	0.00	0.00	0.24	0.26	0.33	0.41	0.69

Tablo 6.1: (Devamı) HMK220 LC Paletli İş Makinasının Hidrolik Yağ Analiz Sonucu

Gümüs (Ag) ppm	0.23	0.29	0.43	0.55	0.52	0.65	0.68
Kalay (Sn) ppm	0.00	0.00	0.24	0.26	0.33	0.35	0.41
Titanyum (Ti) ppm	0.44	0.53	0.85	0.31	0.52	0.59	0.54
Vanadyum (V) ppm	0.00	0.00	0.14	0.18	0.21	0.29	0.32
Comptage particules (ISO/SAE)							
SAE AS4059 > 4µm(c)	12	9	12	12	12	12	12
SAE AS4059 >6µm(c)	12	8	12	12	11	12	12
SAE AS4059 >14µm(c)	9	7	6	11	7	6	12
SAE AS4059 >21µm(c)	8	7	6	10	6	6	12
SAE AS4059 >38µm (c)	6	5	0	5	6	6	9
SAE AS4059 >70µm(c)	0	0	0	0	0	0	0
SAE AS4059	12	9	12	12	12	12	12
Partikül sayimi ISO4406	24/22/15	18/17/13	24/21/12	24/22/16	22/19/13	25/23/12	24/24/19

6.2. HMK300 LC Paletli İş Makinasının Hidrolik Yağ Analiz Sonucu

Tablo 6.2: HMK300 LC Paletli İş Makinasının Hidrolik Yağ Analiz Sonucu

Numune Numarası Numune Alım Tarihi	TU035139 20/02/2020	TU030042 28/03/2020	PO517106 17/04/2020	TU124615 04/05/2020	TU218795 08/06/2020	TU038280 04/09/2020	PO517122 10/10/2020
Ekipman Ömrü (OH or PE) Yağ Ömrü (OH or PE)	250 251	500 499	1000 1010	1250 1250	1500 15012	1750 1751	2000 2012
Durum							
Görünüm	CLEAR	CLEAR	CLEAR	CLEAR	CLEAR	CLEAR	CLEAR
TAN							
TAN mg KOH/g	0.30	0.32	0.35	0.33	0.33	0.44	0.49
Viskozite 40 ºC							
Viskozite 40 ºC mm²/s	46.84	45.98	45.43	44.17	44.07	43.66	40.22
Su içerigi							
Su içerigi %	0	0	0	0.05	0.06	0.06	0.07
Metaller							
Baryum (Ba) ppm	0.00	0.12	0.19	0.23	0.27	0.33	0.45

Tablo 6.2: (Devamı) HMK300 LC Paletli İş Makinasının Hidrolik Yağ Analiz Sonucu

Silisyum (Si) ppm	3.84	3.09	4.34	4.15	3.28	3.22	4.61
Sodyum (Na) ppm	1.17	1.37	2.24	2.48	2.33	2.05	2.48
Aluminyum (Al) ppm	1.42	1.67	1.70	2.25	1.99	1.16	1.86
Krom (Cr) ppm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.13	0.00
Bakir (Cu) ppm	3.35	3.73	3.72	3.15	3.57	3.15	3.28
Numune Numarası Numune Alım Tarihi	TU035139 20/02/2020	TU030042 28/03/2020	PO517106 17/04/2020	TU124615 04/05/2020	TU218795 08/06/2020	TU038280 04/09/2020	PO517122 10/10/2020
Demir (Fe) ppm	11.02	15.31	32.55	52.21	54.50	59.12	61.68
Kursun (Pb) ppm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.38	0.49
Nikel (Ni) ppm	0.00	0.00	0.00	0.61	0.69	0.78	0.88
Gümüs (Ag) ppm	0.00	0.39	0.41	0.45	0.48	0.61	0.66
Kalay (Sn) ppm	0.00	0.03	0.09	0.11	0.19	0.29	0.35
Titanyum (Ti) ppm	0.59	0.63	0.69	0.71	0.73	0.79	0.81
Vanadyum (V) ppm	0.00	0.00	0.03	0.06	0.09	0.12	0.21
Comptage particules (ISO/SAE)							
SAE AS4059 > 4µm(c)	9	12	9	12	12	12	12
SAE AS4059 >6µm(c)	8	12	8	11	12	12	12
SAE AS4059 >14µm(c)	7	6	5	7	6	12	9
SAE AS4059 >21µm(c)	7	6	0	6	6	12	8
SAE AS4059 >38µm (c)	5	0	0	6	6	9	4
SAE AS4059 >70µm(c)	0	0	0	0	0	0	0
SAE AS4059	9	12	9	12	12	12	12
Partikül sayimi ISO4406	24/22/15	18/17/13	18/16/11	22/19/13	25/23/12	24/24/19	24/21/15
Viskozite 100ºC							
Viskozite 100ºC mm²/s	6.76	6.79	6.80	6.85	6.85	6.89	6.91

6.3. HMK370 LC Paletli İş Makinasının Hidrolik Yağ Analiz Sonucu

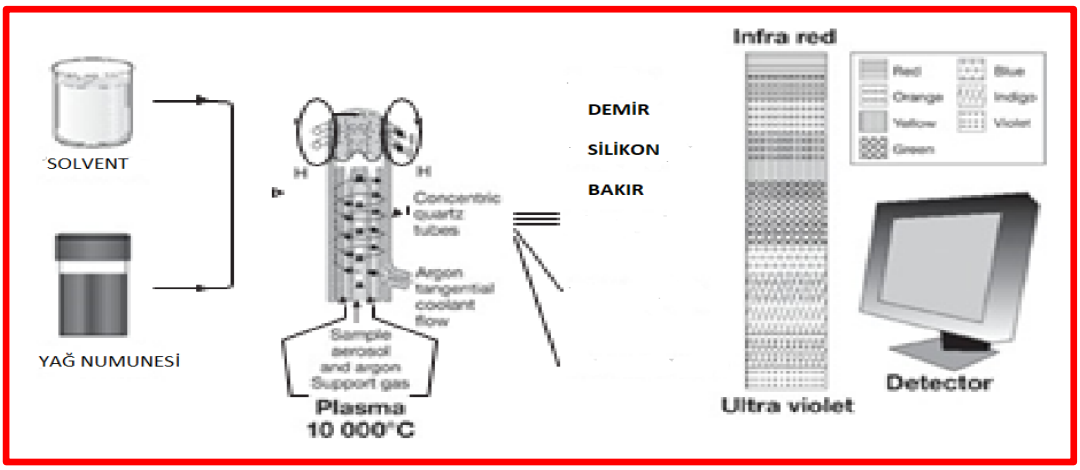
Tablo 6.3: HMK370 LC Paletli İş Makinasının Hidrolik Yağ Analiz Sonucu

	SONUÇLAR						
Numune Numarası Numune Alım Tarihi	TU216284 23/02/2020	PO519435 25/03/2020	PO210779 21/04/2020	PO502147 05/05/2020	PO517692 07/06/2020	PO525955 05/09/2020	PO503810 11/10/2020
Ekipman Ömrü (OH or PE) Yağ Ömrü (OH or PE)	250 251	500 499	1000 1010	1250 1250	1500 15012	1750 1751	2000 2012
Durum							
Görünüm	CLEAR	CLEAR	CLEAR	CLEAR	CLEAR	CLEAR	CLEAR
TAN							
TAN mg KOH/g	0.47	0.50	0.48	0.64	0.57	0.59	0.60
Viskozite 40 ºC							
Viskozite 40 ºC mm^2/s	44.59	47.41	46.24	48.93	65.29	68.34	68.09
Su içerigi							
Su içerigi %	0	0	0	0	0	0	0
Metaller							
Baryum (Ba) ppm	0.01	0.00	0.00	0.00	0.41	0.54	0.69
Silisyum (Si) ppm	0.62	0.59	5.11	10.14	54.80	70.10	78.87
Sodyum (Na) ppm	0.51	0.96	1.13	2.10	2.37	3.88	4.40
Aluminyum (Al) ppm	7.35	10.03	14.89	20,03	25.87	26.10	29.18
Krom (Cr) ppm	0.40	0.00	0.09	0.00	0.88	1.18	1.92
Bakir (Cu) ppm	2.35	3.26	4.34	5.62	6.26	6.43	6.49
Demir (Fe) ppm	16.20	18.43	20.60	21.15	52.40	61.60	63.34
Kursun (Pb) ppm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.83	0.97
Nikel (Ni) ppm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.81	0.85
Gümüs (Ag) ppm	0.04	0.06	0.08	0.08	0.50	0.81	0.05
Kalay (Sn) ppm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.32	0.43
Titanyum (Ti) ppm	0.38	0.41	0.53	0.61	0.97	1.37	1.67
Vanadyum (V) ppm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.41	0.45
Comptage particules (ISO/SAE)							
SAE AS4059 > 4µm(c)	12	12	12	12	12	9	9
SAE AS4059 >6µm(c)	12	12	12	10	12	8	9
SAE AS4059 >14µm(c)	11	11	11	7	9	6	7
SAE AS4059 >21µm(c)	11	11	11	8	8	6	7
SAE AS4059	7	7	8	7	5	0	0

>38µm (c)							
SAE AS4059 >70µm(c)	0	0	0	0	0	0	0
SAE AS4059	12	12	12	12	12	9	9
Partikül sayimi ISO4406	24/22/17	24/22/17	24/21/17	22/18/13	25/24/15	18/16/12	19/17/13

6.4. Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması ve Yorumlanması

Yağ analizi, yağlanmış bir makine parçasından küçük, temsili bir yağ örneğinin çıkarılmasını ve bir laboratuvarda bir dizi kimyasal ve fiziksel teste tabi tutulmasını sürecini içerir. Veriler daha sonra bir rapor üretmek için yorumlanır. Bir yağ analizi raporunda üç temel ilgi alanı vardır: numune alınan makinenin sağlığı, o makineyi yağlayan yağın sağlığı ve kirlilik seviyeleridir (John S. Evans). Bir petrol numunesinin tabi tutulabileceği birçok testten belki de en iyi bilineni spektrometrik analizdir. Yağ analizi, endüstride genellikle Spektrometrik Yağ Analiz Programı anlamına gelen SOAP kısaltmasıyla anılır.(Şekil 6.1) Bu testi gerçekleştirebilecek çeşitli araçlar vardır, ancak en yaygın olarak büyük laboratuvarlarda kullanılana endüktif olarak eşleştirilmiş plazma veya ICP denir. WearCheck, bu tür dört enstrümanı çalıştırır. (Şekil 6.2)



Şekil 6.1: Yağ Analizi Aşamaları

Analizin amacı, aşınma metallerinin (makine sağlığı), yağ katkı maddelerinin (yağ sağlığı) ve kirleticilerin konsantrasyonunu ölçmektir. Periyodik tablodaki çeşitli elementlerin konsantrasyonları ile bu parametreler belirlenir. WearCheck, bu elementlerden 29'unu ölçer ve aşınma metali olan bakır, yağ katkı maddesinin bir

parçasını oluşturan kalsiyum veya kirin (kirletici) bir bileşeni olan silikon olarak kategorize edilirler.



Şekil 6.2: ICP spectrometer

Yağ numunesi uygun bir çözücü ile karıştırılır ve spektrometrenin plazmasına verilir. Güçlü radyo frekansı deşarjı ve güneşin yüzeyi kadar sıcak olan 10 000ºC'ye kadar çok yüksek sıcaklıklar elde edilebilir. Farklı elementler bu kadar yüksek sıcaklıklara maruz kaldıklarında farklı frekanslarda ışık yayarlar. Bu ışığın çoğu elektromanyetik spektrumun morötesi kısmındadır, bu nedenle insan gözüyle görülemez ancak ICP'nin bu frekansları görebilen dedektörleri vardır. Her frekansın yoğunluğu, yağdaki her bir elementin konsantrasyonu ile orantılıdır.

Bir yağ analiz raporunu doğru bir şekilde yorumlamak için, çeşitli unsurların nereden geldiğini ve üç kategoriden hangisine ait olabileceklerini bilmek hayati önem taşımaktadır. Bu teknik veride hangi elementlerin hangi kategorilere ait olduğu ve en yaygın element kaynaklarının neler olduğu incelenecektir. (Tablo 6.4)

Tablo 6.4: Genel element ve kontaminasyon kaynakları

DEMİR(Fe)	Silindir gömlekleri, krank milleri, dişliler, miller, valfler, sürtünmesiz yataklar, pas, radyatör suyu.
KROM (Cr)	Silindir gömlekleri, halkalar, miller, sürtünmesiz yataklar, içten soğutma sıvısı sızıntısı, kir girişi, kaplamalar.
NİKEL (Ni)	Sürtünmesiz yataklar, dişliler, türbin bileşenleri, valf ve valf kılavuzları, kaplamalar, yakıt kirleticisi.
MOLİBDEN (Mo)	Piston segmanları, senkron segmanları, yağ katkı maddeleri, gresler, katı katkı maddeleri (sürtünme önleyici), dahili soğutucu sızıntısı.
VANADYUM (V)	Türbin kanatları, valfler, yakıt kirleticisi.
MANGANEZ (Mn)	Şaftlar, valfler, sürtünmesiz yataklar, kir girişi.
TİTANYUM (Ti)	Türbin bileşenleri, yaylar, valfler, seramikler, pislik girişi.
ALUMİNYUM (Al)	Pistonlar, kaymalı yataklar, tork konvertörleri, baskı rondelaları, burçlar, muhafazalar, pompalar, gres, kir girişi.
BAKIR (Cu)	Kaymalı yataklar, burçlar, baskı rondelaları, "sarı metal alaşımlarından" (bronz, fosfor bronz veya pirinç gibi) yapılmış herhangi bir bileşen, sonsuz dişliler, debriyaj paketleri, frenler, soğutma sistemi, yağ katkı maddeleri, montaj gresleri.
KALAY (Sn)	Kaymalı yataklar, piston çakma, lehim, soğutma sistemi.
KURŞUN (Pb)	Kaymalı yataklar, burçlar, debriyaj paketleri, soğutma sistemi, lehim, yağ katkı maddeleri, benzin katkı maddeleri, yanma yan ürünleri, gresler, kaplamalar.
MAGNEZYUM (Mg)	Yağ katkı maddeleri, deniz suyu, kaplamalar, motor blokları, muhafazalar/gövdeler.
ÇİNKO (Zn)	Yağ katkı maddeleri, pirinç bileşenler, soğutma sistemi.
SULFÜR(S)	Yağ katkı maddeleri, pirinç bileşenler, soğutma sistemi.
BARYUM (Ba)	Yağ katkı maddeleri.
BORON (B)	Yağ katkı maddeleri, dahili soğutucu sızıntısı.
SODYUM (Na)	Dahili soğutucu sızıntısı, yağ katkı maddeleri, gresler, kir girişi
SILICON (Si)	Kir girişi, yağ katkı maddeleri, dahili soğutucu sızıntısı, gresler, montaj bileşikleri, pistonlar, silikon/alüminyum alaşımları.

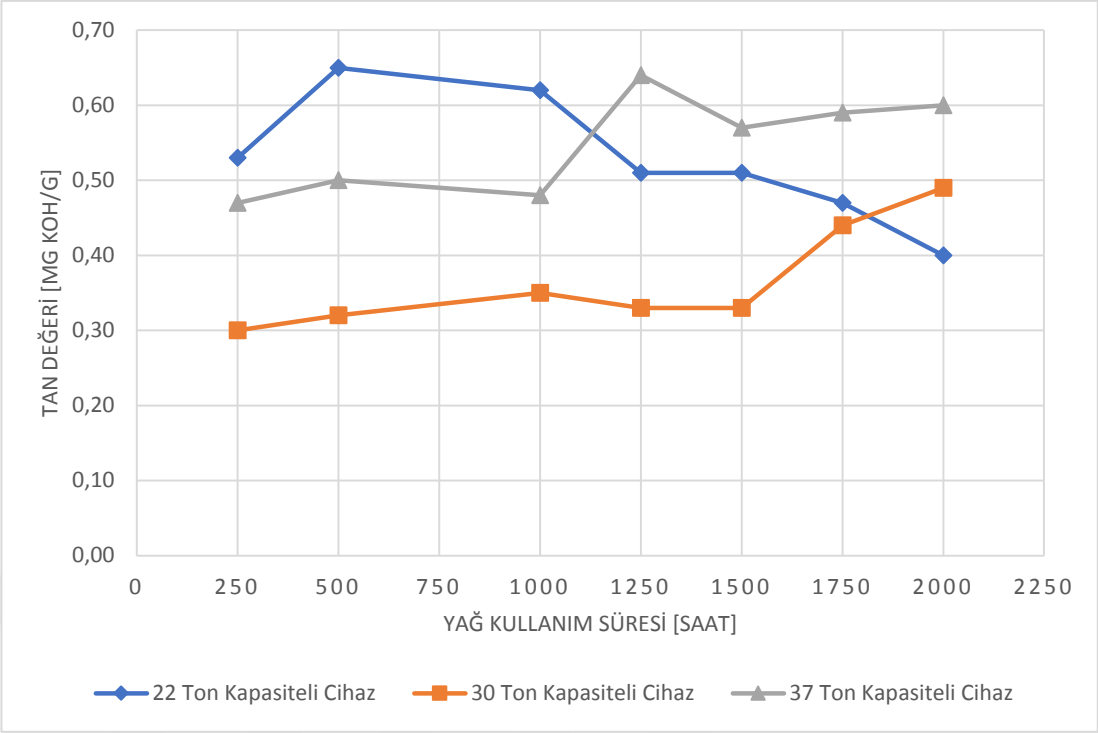
6.4.1. TAN değeri

Toplam Asit Sayısı, hidrolik yağların ve yağlayıcıların bozulmasını belirlemek için yapılan analitik bir testtir. Yağ ne kadar asidikse, bozulması o kadar ilerlemiştir. Yağlar veya hidrolik sıvılar bozulduğunda, genellikle metal bileşenler için aşındırıcı olabilen, aşınmayı hızlandıran, tortular oluşturan ve viskoziteyi artıran asidik yan ürünler oluştururlar. Bir sıvı bozuldukça, bileşen arızası tehlikesiyle birlikte aşındırıcı asitlerin seviyeleri artar. Artan bir TAN, muhtemelen aşırı ısınma, aşırı uzatılmış yağ servisi veya su ve/veya hava kirliliğinden kaynaklanan yağın oksidasyonunun bir sonucudur. Soğutma sistemlerindeki bileşenler asit saldırısına karşı özellikle hassastır. Bu, su buharı içeren hava sisteme girdiğinde veya alternatif olarak sistem aşırı ısıya maruz kaldığında ve soğutucu akışkan kurutucu tutulan suyu serbest bıraktığında meydana gelebilir. Bu durumda hava, su, soğutucu akışkan ve yağın reaksiyonu sonucu oluşan asitler sistemdeki demir bileşenlerin bakır ile kaplanmasına neden olur. Soğutucu akışkan sistemlerinde

yağın asit içeriği, nem içeriği ve bakır konsantrasyon seviyesi yeni başlayan sorunları belirtmek için düzenli olarak izlenmelidir. Asitlik seviyesi TAN mg/KOH gr şeklinde ifade edilir. TAN (Total Acid Number-Toplam Asit Sayısı) değeri, 1 mm yağda bulunan asidi nötralize edebilecek alkalen madde potasyum hidroksit (KOH) miktarının gram cinsinden karşılığıdır. Madeni yağlar, depolama ve kullanım sürecince dış etkilerle karşı karşıyadır. Bu dış etkilerin yağ üzerindeki en önemli sonucu karbon (C) ve hidrojen (H) atomlarından meydana gelen moleküllerin bünyesine (O) girişini sağlamayarak yağın asite (COOH) dönüşmesidir. Meydana gelen farklı asitler, madeni yağın çalıştığı yüzeylerde aşındırıcı ve korozif etki oluşturur. Bu sebeple, yağ üreticileri yağ asitleşmesini dengelemek için, yağa alkelen katkı maddeleri eklerler. Bu maddeler genellikle Kalsiyum (Ca), Magnezyum (Mg), Çinko (Zn), Fosfor (fosfor) bileşikleridir. Yağın oksitlenmesi yani asit oluşumu yağın içinde bulunan alkalen madde seviyesini ölçerek değerlendirilebilir.

Tablo 6.5: Tan Değeri

	TAN Değeri mg KOH/g		
Yağ Kullanım Süresi [saat]	HMK220LC	HMK300LC	HMK370LC
250	0,53	0,30	0,47
500	0,65	0,32	0,50
1000	0,62	0,35	0,48
1250	0,51	0,33	0,64
1500	0,51	0,33	0,57
1750	0,47	0,44	0,59
2000	0,40	0,49	0,60



Şekil 6.3: TAN Değerinin Yağ Kullanım Süresine Göre Değişimi

6.4.2. Viskozite 40 ºC [mm²/s]

Bir yağlayıcının en önemli özelliği viskozitesidir. Viskozite, yağın belirli koşullar altında akmaya karşı gösterdiği direncin ölçüsüdür.

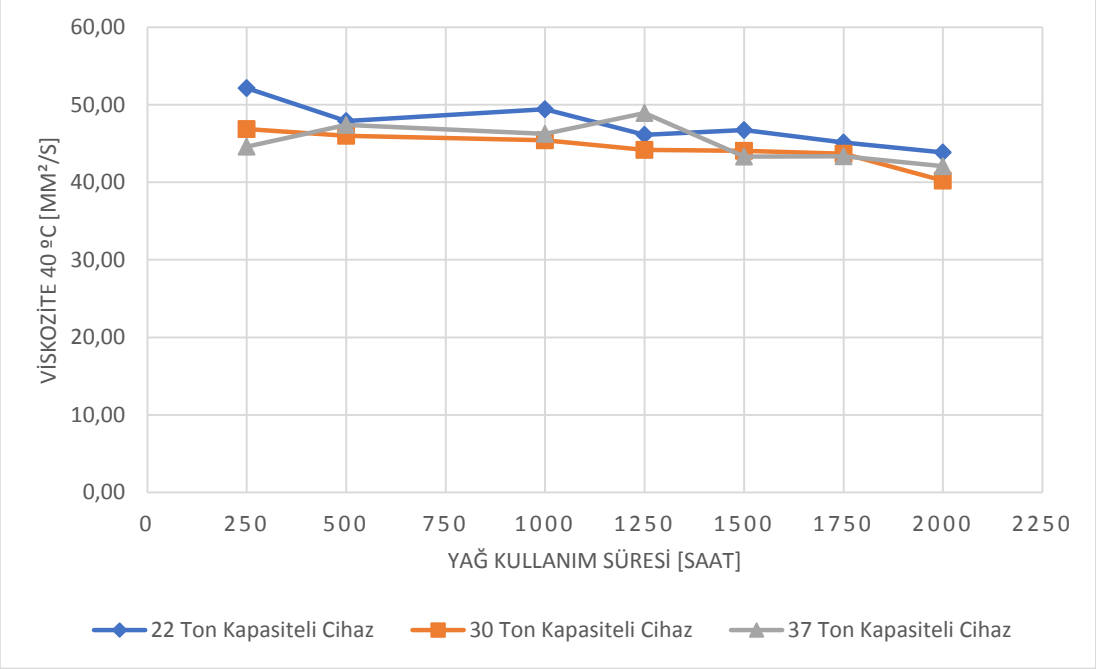
Viskozite, akışkan seçiminde önemli bir kriterdir. Düşük sıcaklıkta aşırı viskozite, zayıf mekanik verim, çalıştırmada zorluk ve aşınmaya neden olabilir. Yağ sıcaklığı arttıkça viskozite azalır, bu da daha düşük hacimsel verim, aşırı ısınma ve aşınma ile sonuçlanır. Optimum akışkan viskozite derecesinin seçilmesi, standart çalışma sıcaklıklarında en verimli makine performansını sağlayarak operatör için zaman ve enerji ve yakıt maliyetlerini en aza indirecektir. İnce yağlar, su benzeri bir kıvama sahip olup, düşük sıcaklıklarda bal kıvamındaki daha yoğun ve daha kalın yağlardan daha kolay akar.

Viskozite, hidrolik yağın kesme gerilimi veya çekme gerilimi ile kademeli deformasyona karşı direncinin bir ölçüsüdür. ISO Viskozite Sınıflandırma ölçeğine göre, önerilen ISO VG32 yağının 40 °C'de 29,8 ve 35,2 mm2/s (cSt) arasında kinematik viskoziteye sahip olması gerekir. HMK370LC çalışan hidrolik yağının kinematik viskozitesi üst sınırın üzerindedir.

Çalışan yağın viskozitesi makine üreticisinin önerdiğinden daha yüksekse, yağ hidrolik pompa ve valflerdeki boşluklardan geçerken akış direnci artacaktır. Ek olarak, yağlama eksikliği nedeniyle sıcaklık artacaktır. Yağlama eksikliği, sistemde basınç düşüşüne ve güç tüketiminin artmasına neden olur. Çalışma yağının 40 °C'deki kinematik viskozitesinin tüm numunelerde spesifikasyon sınırlarının dışında olduğu açıktır.

Tablo 6.6: Vizkosite Değeri

	Viskozite 40 ºC [mm²/s]		
Yağ Kullanım Süresi [saat]	HMK220LC	HMK300LC	HMK370LC
250	52,13	46,84	44,59
500	47,89	45,98	47,41
1000	49,42	45,43	46,24
1250	46,11	44,17	48,93
1500	46,72	44,07	43,29
1750	45,13	43,66	43,34
2000	43,85	40,22	42,09



Şekil 6.4: Vizkosite Değerinin Yağ Kullanım Süresine Göre Değişimi

Şekil 6.4'de 22 tonluk makinanın viskozitesi yüksek olduğu görülmüştür. Sebebi diğerlerine göre yüksek rakımlı yerde çalıştığından dolayı hava sıcaklığının düşük olduğu için bu da viskozitesinin düşük çıkmasına sebep olmuştur. 37 tonluk makine ise 30 tonluk makinaya göre daha yüksek viskozite çıkmıştır.30 tonluk makine tünel şartlarında çalıştığından dolayı daha sıcak ortamda çalıştığı için vizkotesi yüksek çıkmıştır.

6.4.3. Su içeriği

Hidrolik yağında su, yağlama sıvılarındaki en yaygın kirleticilerinden biridir ve aynı zamanda en çok zarar veren maddelerden biridir. Düşük sıcaklıklarda, hidrolik sistemdeki nem veya su ciddi bir problem haline gelebilir. Suyun donma noktasına (32oF/0C) yaklaşıldıkça, hidrolik akışkanın nem tutma kapasitesi de düşer. Sıcaklık donma noktasının altına düştükçe, buz kristalleri tüm sistemin fonksiyonlarını olumsuz olarak etkiler.

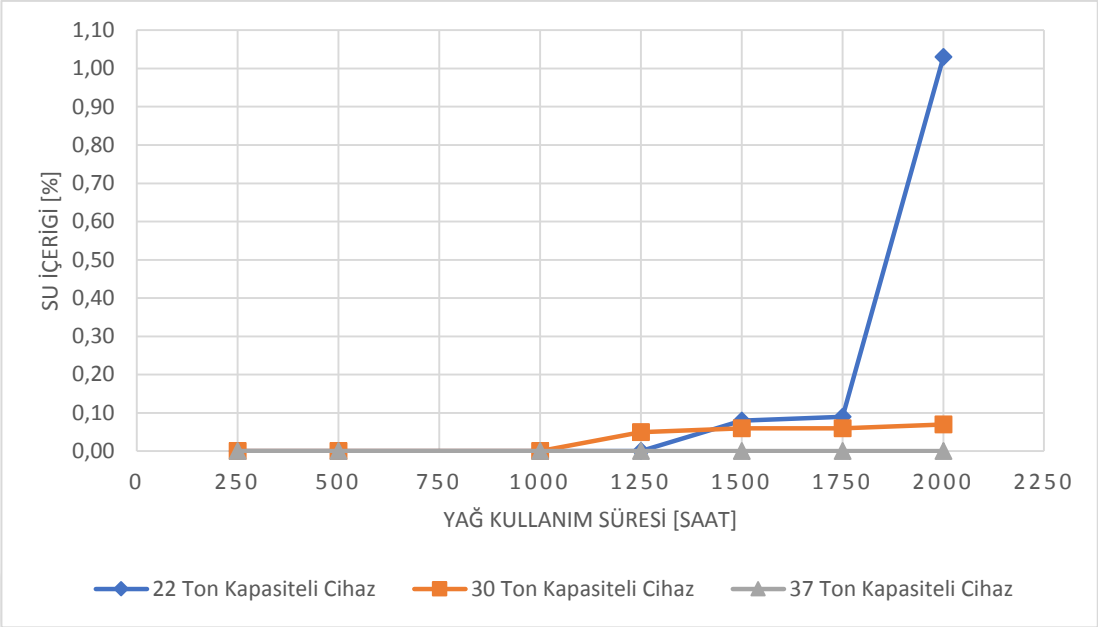
Hidrolik yağlarına su birkaç şekilde girebilir:

- Yağ nakil sırasında, depolanmasında üretici tarafından harmanlanmasında ve/veya varillerden depoya aktarılırken.
- Yağ depodayken nefeslik yoluyla.
- Su veya suyla temas imkanı olan sistemlerde delinme sonucu.
- Sistemlerdeki kaçaklardan hava girişi ile ve iyi izole edilmemiş yağ tankı kapaklarından.

Şekil 6.7'de su değerinin üç farklı iş makinası için farklı sürelerde alınan yağ sonucu grafik olarak gösterilmiştir. 22 ton makine için; 1,03 ppm ,30 ton makine için; 0,07 ppm, 37 ton makine için 0,00 ppm çıktığı görülmektedir.

Tablo 6.7: Su Değeri

	Su içerigi [%]		
Yağ Kullanım Süresi [saat]	HMK220LC	HMK300LC	HMK370LC
250	0,00	0,00	0,00
500	0,00	0,00	0,00
1000	0,00	0,00	0,00
1250	0,00	0,05	0,00
1500	0,08	0,06	0,00
1750	0,09	0,06	0,00
2000	1,03	0,07	0,00



Şekil 6.5: Su Değerinin Yağ Kullanım Süresine Göre Değişimi

Şekil 6.5'de 22 tonluk iş makinası 1750 saatte su seviyesinin yüksek çıkmasının sebebi yüksek rakımlı yerde çalıştığından dolayı gece gündüz ısı farkından dolayı yağ deposunda meydana gelen su birikintisinden kaynaklanmaktadır.30 tonluk iş makinasında meydana gelen düzenli su artışının sebebi ise tünel şartlarında çalıştığından dolayı hidrolik sisteme dış etkenlere bağlı su girmesidir.

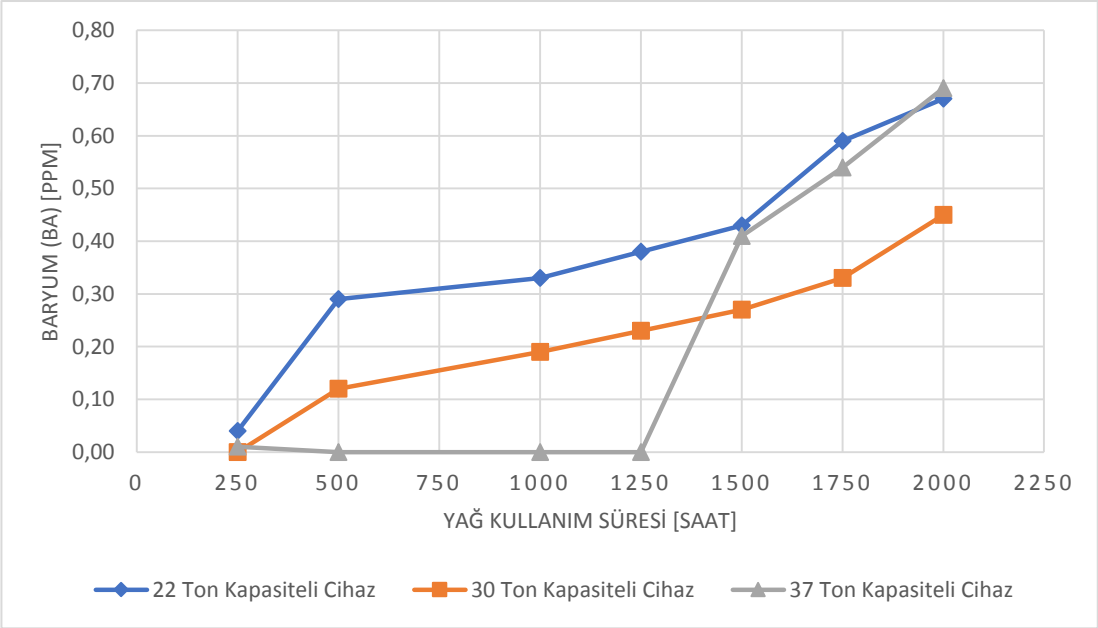
6.4.4. Baryum değeri

Baryum yağ katık elementi gres ve kir kontaminasyonu olarak hidrolik yağın içinde bulunur. Deterjan,korozyon, sudan ayrışma ve pas önleyici özelliği nedeniyle hidrolik yağda katık olarak kullanılabilir. Bu metal oldukça nadir görülür ve şanzıman aşınmasının göstergesidir. Keçeleri yağlanmış veya yakın zamanda bakım görmüş makineler, kullanımdaki sızıntı veya fazlalık oranına bağlı olarak baryumda küçük artışlar gösterebilir.

Baryum çok nadir görüldüğü için genellikle göz ardı edilir, ancak bu aynı zamanda anormal bir durumu gösterdiği için herhangi bir baryum seviyesinin görünümünü araştırmak için bir gerekçe sunar.

Tablo 6.8: Baryum Değeri

	Baryum (Ba) [ppm]		
Yağ Kullanım Süresi [saat]	HMK220LC	HMK300LC	HMK370LC
250	0,04	0,00	0,01
500	0,29	0,12	0,00
1000	0,33	0,19	0,00
1250	0,38	0,23	0,00
1500	0,43	0,27	0,41
1750	0,59	0,33	0,54
2000	0,67	0,45	0,69



Şekil 6.6: Baryum Değerinin Yağ Kullanım Süresine Göre Değişimi

Şekil 6.6'da baryum değerinin üç farklı iş makinası için farklı sürelerde alınan yağ sonucu grafik olarak gösterilmiştir. Grafikte baryum değerinin 22 ton makine için; 0,67 ppm ,30 ton makine için; 0,45 ppm, 37 ton makine için 0,69 ppm çıktığı görülmektedir.Özellikle 22 ton ve 37 ton makinalarda sistemdeki baryum değerinin fazla çıkasının sebebi çalışma ortamından kaynaklandığı görülmektedir.

6.4.5. Silisyum değeri

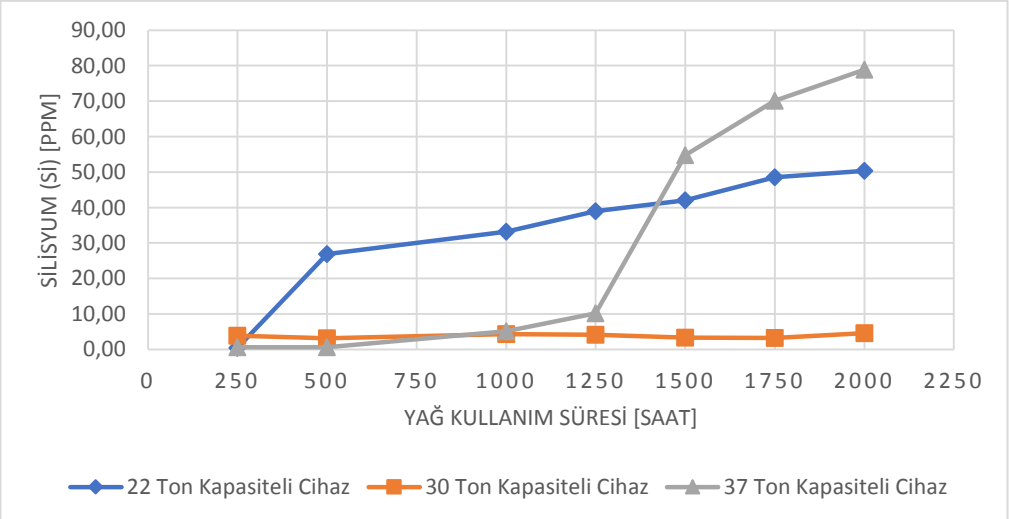
Silisyum, genellikle kir girişinin bir göstergesi olarak görülse de birçok farklı kaynağı olabilir. Silisyum, yağların köpürmesini durdurmak için eklenen bir kimyasalın parçasıdır, böylece silisyum bir katkı maddesi haline gelebilmektedir. Genellikle 5 ila 100 ppm konsantrasyonda bulunur, bu nedenle yeni hidrolik yağı örneklerinde silikon görmek şaşırtıcı değildir. Bu kir nedeniyle oluşmaz ve panik üretecek bir yanı yoktur.

Silisyum, soğutma sıvısı koşullandırıcılarda kullanılan kimyasallarda bulunur, bu nedenle, sodyum ile birlikte dahili bir soğutma sıvısı sızıntısı varsa kirletici olarak görünebilir. Gresler silikon (özellikle bentonit gresler) içerir ve montaj bileşikleri genellikle yağa kolayca sızan silikon bazlı kimyasallar içerir. Bu montaj bileşikleri çok yüksek seviyelerde silikon üretebilir ancak bu bir problemin göstergesi değildir.

Hidrolik sistemde silisyum dış ortamdan sisteme giren tozu gösterir. Toz silindirlere giren havanın by-pass edilmesi ile de komple depoya kadar girebilir. Aşınnmış metaller için kabul edilebilir sınır değerleri imalatçısı tarafından verilir. Bu değerlere yaklaşılması yağın kirlenmesini değil o metalin kopup geldiği donanımın aşınma durumunu uyarır. Ancak aşınmış metaller toplu halde yağın kirliliğini de yükseltirler ve yağı aşındırıcı hale getirirler. Sonuç olarak Si oranı, yağın köpürmesini önleyici polimetilsiloksan esaslı yağ katıklarından kaynaklanmaktadır. Herhangi bir aşınma belirtisi de görülmediği için zararı yoktur..

Tablo 6.9: Silisyum Değeri

	Silisyum (Si) [ppm]		
Yağ Kullanım Süresi [saat]	HMK220LC	HMK300LC	HMK370LC
250	0,38	3,84	0,62
500	26,88	3,09	0,59
1000	33,22	4,34	5,11
1250	39,01	4,15	10,14
1500	41,99	3,28	54,80
1750	48,50	3,22	70,10
2000	50,30	4,61	78,87



Şekil 6.7: Değerinin Yağ Kullanım Süresine Göre Değişimi

Şekil 6.7'de silisyum değerinin üç farklı iş makinası için farklı sürelerde alınan yağ sonucu grafik olarak gösterilmiştir. Grafikte silisyum değerinin 22 ton makine için; 50,03 ppm, 30 ton makine için; 4,61 ppm, 37 ton makine için 78,87 ppm çıktığı görülmektedir. 22 tonluk makinada silisyum değerindeki artışın sebebi hidrolik tank kapağının sızdırmazlık elemanın işlevini yitirmesidir.37 tonluk makinadaki 1500 saatten sonra artışın sebebi makine kırıcı kullanmasından kaynaklanmasından dolayıdır.

6.4.6. Sodyum Değeri

Hidrolik yağın içerisinde sodyum değeri çıkmış ise, soğutma sistemindeki su yağlama sistemine sızmıştır ve bu da yağı kirletebilir. Genellikle, çalışma basınçlarında ve sıcaklıklarda, bu su buharlaşır. Çoğu soğutma sistemi glikol ve soğutucunun işini yapmasını ve soğutma sistemini hasardan korumasını sağlayan çeşitli kimyasallar içerecek bir soğutucu görevi yapmaktadır. Yağda geride kalan ve suyun mevcut olduğunu ancak artık belirgin olmadığını gösteren bu kimyasallardır ve bu bir iç soğutucu sızıntısının ilk göstergesidir. Özetlemek gerekirse, soğutma sistemindeki su, yağlama sistemine sızabilir ve yağı kirletebilir. Çoğu zaman, çalışma basınçlarında ve sıcaklıklarda bu su buharlaşır.

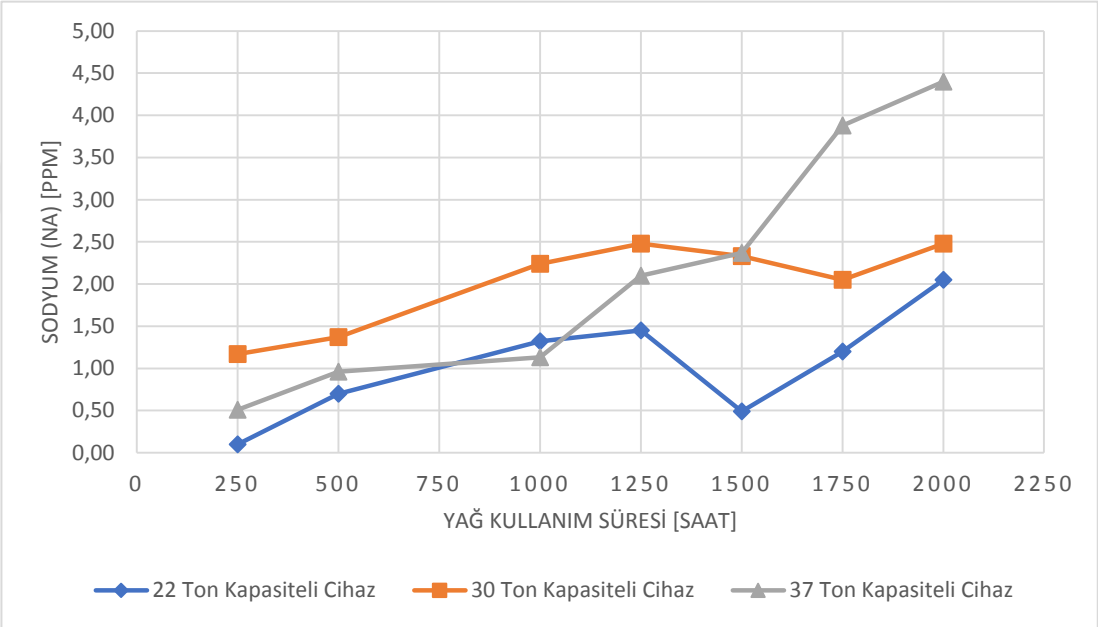
Çoğu soğutma sistemi, glikol ve soğutma sıvısının işini yapmasını sağlayan ve soğutma sistemini hasardan koruyan çeşitli kimyasallar içeren bir soğutma sıvısı düzenleyici ile işlemden geçirilmelidir. Yağda geride kalan ve suyun mevcut olduğunu ancak artık belirgin olmadığını gösteren bu kimyasallardır. En yaygın kimyasallar sodyum içerir, bu nedenle bu, dahili bir soğutma sıvısı sızıntısının ilk göstergesidir.

Soğutma sıvısı koşullandırıcılarda bulunan diğer kimyasallar, molibden fosfor, krom, bor ve silikon gibi elementler içerir. Soğutma sisteminin fiziksel yapısını oluşturan ve yağa (soğutucunun su veya yağ tarafından) sızabilen elementler arasında bakır, kalay, kurşun ve gümüş bulunur.

Sodyum, bazı motor yağlarında katkı maddesi olarak da bulunabilir (genellikle kalsiyum veya magnezyumun yerini alır), ancak bu eskisinden çok daha nadirdir. Bazı gresler sabunun bir parçası olarak sodyum içerir ve eğer yağ deniz suyuyla kirlenirse sodyum aşikar olacaktır.

Tablo 6.10: Sodyum Değeri

	Sodyum (Na) [ppm]		
Yağ Kullanım Süresi [saat]	HMK220LC	HMK300LC	HMK370LC
250	0,10	1,17	0,51
500	0,70	1,37	0,96
1000	1,32	2,24	1,13
1250	1,45	2,48	2,10
1500	0,49	2,33	2,37
1750	1,20	2,05	3,88
2000	2,05	2,48	4,40



Şekil 6.8: Sodyum Değerinin Yağ Kullanım Süresine Göre Değişimi

Şekil 6.8'de sodyum değerinin üç farkli iş makinası için farklı sürelerde alınan yağ sonucu grafik olarak gösterilmiştir. Grafikte sodyum değerinin 22 ton makine için; 2.05 ppm, 30 ton makine için; 2.48 ppm, 37 ton makine için 4.40 ppm çıktığı görülmektedir. 37 tonluk makinada sodyum değerinin yüksek çıkmasının sebebi hidrolik yağ doldorma kapağının havalandırma deliğinden sisteme su girmesinden kaynaklanmaktadır.

6.4.6. Alüminyum değeri

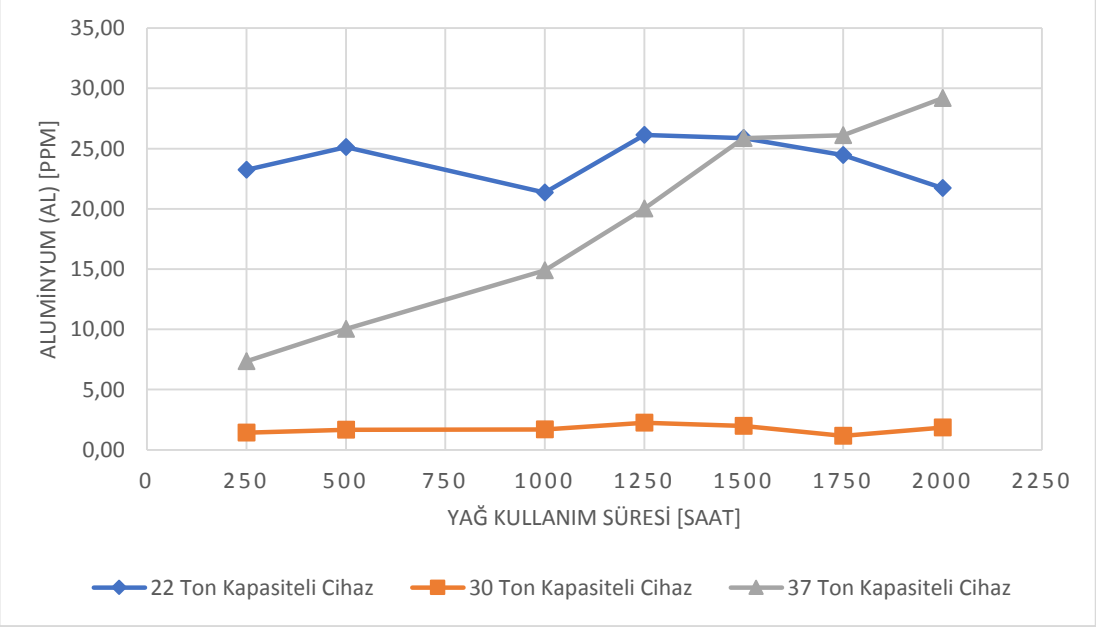
Hidrolik sistemlerde en yaygın alüminyum kaynağının sebebi pistonlardır. Neredeyse istisnasız olarak, tüm pistonlar alüminyumdan veya alaşımlarından birinden yapılır. Hidrolik pompa gövdeleri genel olarak genellikle alüminyumdan yapılır. Baskı pulları, kaymalı yataklar ve burçlar da alüminyumdan yapılmıştır ve hidrolik yağda yoğun

kirletici özelliğe sahip olabilir. Bazı greslerin katkı maddesidir, bu nedenle gres yağla ıslatılmış bir bileşene aktarılıyorsa alüminyum bulunabilir.

Alüminyum, bazı greslerin katkı maddesidir. Bu nedenle gres yağla ıslatılmış bir bileşene aktarılıyorsa alüminyum bulunabilir. Yaygın kir (toz ve kum) oldukça aşındırıcıdır ve yağlanan herhangi bir makine parçası için çok tehlikeli olabilir. Geleneksel olarak kir, silikonun varlığı ile tespit edilir. Bununla birlikte, çoğu kir silikon ve alüminyum oksitlerin bir karışımıdır, bu nedenle kir girişi meydana gelirse alüminyum genellikle silikona eşlik eder - genellikle 1:2 ila 1:5 arasında Al:Si oranında görülür.

Tablo 6.11: Aluminyum Değeri

	Alüminyum (Al) [ppm]		
Yağ Kullanım Süresi [saat]	HMK220LC	HMK300LC	HMK370LC
250	23,24	1,42	7,35
500	25,12	1,67	10,03
1000	21,35	1,70	14,89
1250	26,14	2,25	20,03
1500	25,86	1,99	25,87
1750	24,47	1,16	26,10
2000	21,73	1,86	29,18



Şekil 6.9: Aluminyum Değerinin Yağ Kullanım Süresine Göre Değişimi

Şekil 6.9'de aluminyum değerinin üç farkli iş makinası için farklı sürelerde alınan yağ sonucu grafik olarak gösterilmiştir. Grafikte alüminyum değerinin 22 ton makine için; 21.73 ppm ,30 ton makine için; 1.86 ppm, 37 ton makine için 29.18 ppm çıktığı

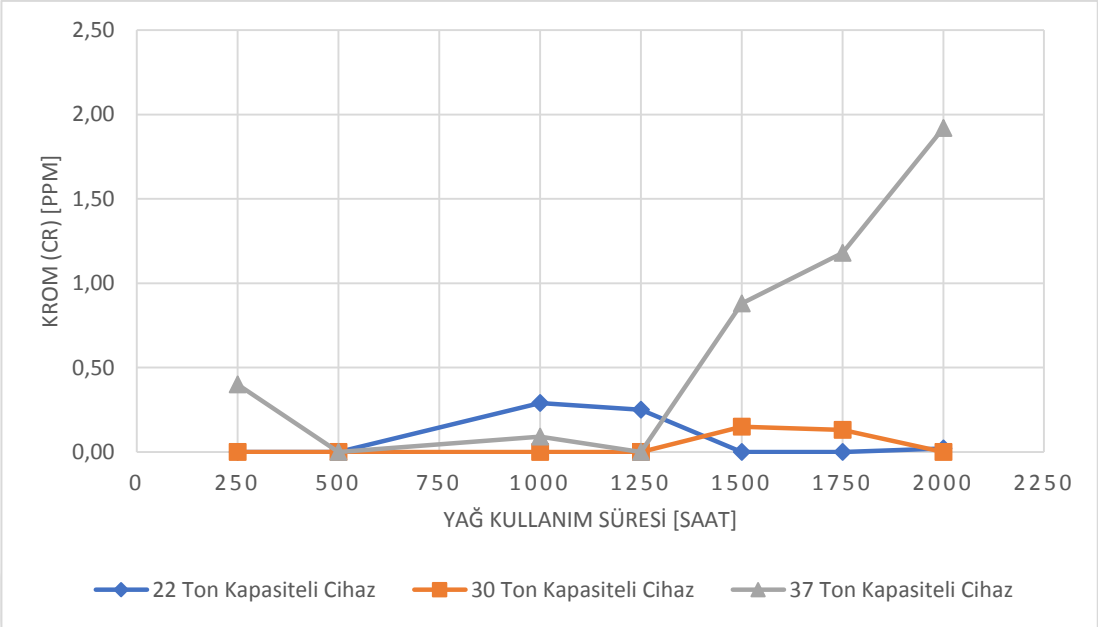
görülmektedir.37 tonluk makinada hidrolik pompanın içinde aşınmalar meydana gelmiş olup,22 tonluk makinada ise bom kaldırıcı silindirde aşınma meydana gelmiştir.

6.4.7. Krom değeri

Hidrolik motorlar kromdan yapılır ya da metalle kaplanmıştır. Şaftlar, dişliler ve sürtünmesiz yataklar, çoğu bileşen türünde oluşabilen belirli çelikleri oluşturmak için demir ile alaşım metali olarak eser miktarda krom içerebilir. Krom, dişlilerde yüzey sertleştirici kaplama olarak da kullanılabilir. Krom da bir kirletici bir metaldir. Metalin çıkarıldığı alanlarda, kir girişinin bir göstergesi olarak yağda görünebilir. Kirin her zaman silikondan (ve alüminyumdan) oluşması gerekmez. Demir, alüminyum ve krom, gömleklerin, pistonların ve segmanların metalurjisini oluşturdukları için hidrolik yağı örneklerinde sıklıkla birlikte görülebilir. Bu genellikle yüksek silikonla birlikte görülür. Bunun sebebi hava giriş sisteminden kir girişi bu bileşenlerin anormal şekilde aşınmasına neden olabilmesidir.Son olarak, krom bazen dahili bir soğutma sıvısı sızıntısının bir göstergesi olarak görülebilir. Bazı soğutma sıvısı koşullandırıcı türleri, sodyum kromat içerir ve bir kez daha, soğutma sisteminden gelen su yağa sızarsa, bu, yağda krom ve sodyumu geride bırakarak buharlaşabilir. Soğutucu akışkan sistemlerinde, yeni başlayan sorunları belirtmek için yağın asit içeriği, nem içeriği ve bakır konsantrasyon seviyesinin düzenli olarak izlenmesi gerekir.

Tablo 6.12: Krom Değeri

	Krom (Cr) [ppm]		
Yağ Kullanım Süresi [saat]	HMK220LC	HMK300LC	HMK370LC
250	0,00	0,00	0,40
500	0,00	0,00	0,00
1000	0,29	0,00	0,09
1250	0,25	0,00	0,00
1500	0,00	0,15	0,88
1750	0,00	0,13	1,18
2000	0,02	0,00	1,92



Şekil 6.10: Krom Değerinin Yağ Kullanım Süresine Göre Değişimi

Şekil 6.10'da krom değerinin üç farklı iş makinası için farklı sürelerde alınan yağ sonucu grafik olarak gösterilmiştir. Grafikte krom değerinin 22 ton makine için; 0.02 ppm , 37 ton makine için 1.92 ppm çıktığı görülmektedir.37 tonluk makinada 1500 saatten sonra meydana gelen artışın sebebi hidrolik pompanın içindeki meydana gelen aşınmadan kaynaklanmaktadır.

6.4.8. Bakır değeri

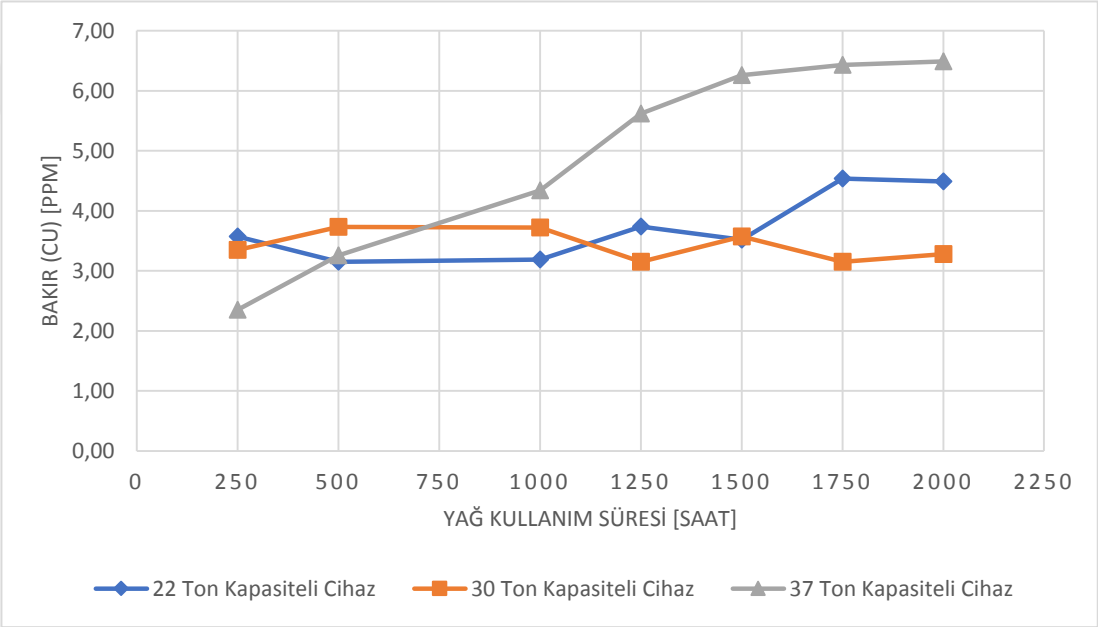
Bakırın birçok aşınma metali kaynağı vardır. Bakır, kaymalı yataklardan, burçlardan, baskı rondelalarından, sonsuz dişlilerden, sinterlenmiş debriyaj paketlerinden ve frenlerden kaynaklanır. 'Sarı' metal bileşeni olan her şey bakır içerir. Bakır ve kalay alaşımına bronz, bakır ve çinko ise pirinç denir. Bronz dişliler, sonsuz dişli kutularında sonsuz dişli olarak sıklıkla kullanılır.

Çok yüksek seviyelerde bakır, kirletici olarak yağ soğutucularından ve radyatörlerden sızabilir. Soğutma sistemi bileşenleri sıklıkla bakırdan yapılır ve bu doğrudan yağa sızabilir. Bununla birlikte, bir yağ analiz raporunda bir numunedeki birkaç yüz ppm bakırın aniden ortaya çıktığını görmek biraz rahatsız edici olabilir. Bakır ayrıca soğutucunun su tarafına da sızabilir ve bu su yağın içine girerse buharlaşarak bakırı geride bırakacak bir problemin göstergesidir. Bakır, bazı montaj bileşenlerinin bir bileşeni

olabilir ve yeni monte edilmiş makinelerde kirletici olarak görünebilir. Manganez gibi, çok nadir durumlarda bakır da katkı maddesi olarak görülebilir.

Tablo 6.13: Bakır Değeri

	Bakır (Cu) [ppm]		
Yağ Kullanım Süresi [saat]	HMK220LC	HMK300LC	HMK370LC
250	3,57	3,35	2,35
500	3,15	3,73	3,26
1000	3,19	3,72	4,34
1250	3,74	3,15	5,62
1500	3,52	3,57	6,26
1750	4,54	3,15	6,43
2000	4,49	3,28	6,49



Şekil 6.11: Bakır Değerinin Yağ Kullanım Süresine Göre Değişimi

Şekil 6.11'de bakır değerinin üç farklı iş makinası için farklı sürelerde alınan yağ sonucu grafik olarak gösterilmiştir. Grafikte bakır değerinin 22 ton makine için; 4.49 ppm, 30 ton makine için; 3.28 ppm, 37 ton makine için 6.49 ppm çıktığı görülmektedir.Her 3 makinada görülen düzenli artış özellikle 37 tonluk makinada meydana gelen 6.49 ppm artış sebebi hidromotorun içinde bulunan çalışma dişlilerinden ve debriyaj paketlerinden meydana gelen düzenli aşınmadan kaynaklanmaktadır.

6.4.9. Demir değeri

Demir değerinin hidrolik yağ analizinde makinelerde açık ara en yaygın malzeme olan tüm çelik formlarında temel öğe olması nedeniyle, numunelerde genellikle aşınma metali

olarak bulunması beklenir. Genellikle krom, titanyum, molibden ve vanadyum gibi diğer metallerle ilişkilendirilir. Korelasyon, seviyeler arttıkça orantılı kalırsa, bu metallerin alaşımlı olduğunu gösterir, ancak diğer metaller orantısız olarak artarsa, bu, kaplanmış çelik parçaları gösterir.

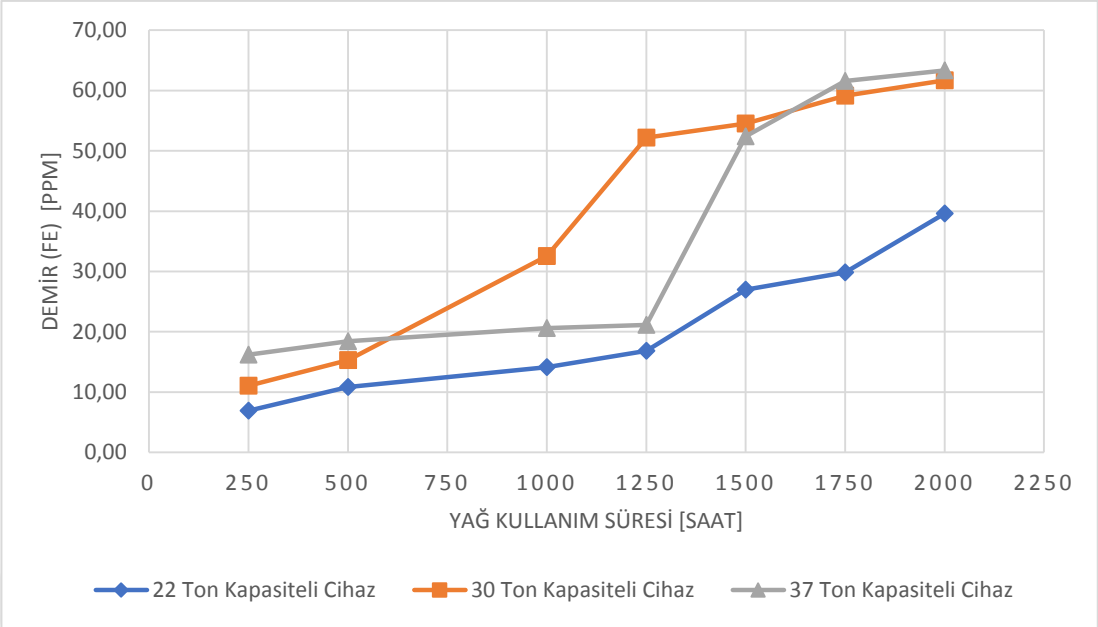
Dişli ve kaymalı yatak uygulamalarında, çelik parçaların eşleşen dişli veya yatağa göre daha yavaş aşınması beklenir. Bu nedenle bakır, kalay ve kurşunda demirden daha fazla artış olması beklenir. Demir, diğer metallerden daha hızlı bir oranda arttığında, etken, artan su içeriği ve/veya Asit Sayısında buna karşılık gelen bir artış ile doğrulanabilen korozyon olabilir.

Demir ayrıca kirletici olarak da görünebilir; granüler kil yağı emici bir makinenin yakınında kullanıldığında, oluşturduğu toz sisteme girebilir ve demir ve magnezyumda artış olarak görünecektir. Bu toz çok aşındırıcıdır ve aşınmanın artmasına neden olabilir. Hidrolik yağda demir elementi motorlarda, silindir gömlekleri ve krank mili, zamanlama dişlileri, miller ve valfler ile birlikte ana aşınma bileşenlerinden gelmektedir. Dişli kutularında ve aktarma organları bileşenlerinde demir, dişlilerin, millerin ve sürtünme önleyici (yuvarlanma elemanı) yatakların ana bileşenidir.

Son olarak, demir kirleticidir. Demir, su (oksijen içeren) ve atmosferik oksijen ile reaksiyona girdiğinde, kontaminasyonu veya bileşen bozulmasını gösterebilecek pas oluşabilir. Soğutma sistemlerinde demir içeren pas oluşabilir. Soğutma sıvısının hidrolik yağlama yağı ile temas etmesi nedeniyle dahili bir soğutma sıvısı sızıntısı meydana gelirse, soğutma sıvısı çalışma sıcaklığında ve basıncında buharlaşırken, yağın içinde soğutma sıvısı katkı maddeleri ve kirleticiler bırakır.

Tablo 6.14: Demir Değeri

	Demir (Fe) [ppm]		
Yağ Kullanım Süresi [saat]	HMK220LC	HMK300LC	HMK370LC
250	6,89	11,02	16,20
500	10,84	15,31	18,43
1000	14,13	32,55	20,60
1250	16,84	52,21	21,15
1500	26,98	54,50	52,40
1750	29,85	59,12	61,60
2000	39,62	61,68	63,34



Şekil 6.12: Demir Değerinin Yağ Kullanım Süresine Göre Değişimi

Şekil 6.12'de demir değerinin üç farklı iş makinası için farklı sürelerde alınan yağ sonucu grafik olarak gösterilmiştir. Grafikte demir değerinin 22 ton makine için; 39,62 ppm, 30 ton makine için; 61,68 ppm, 37 ton makine için 63,34 ppm çıktığı görülmektedir.Özellikle 30 ton ve 37 ton makinalarda görülen aşırı demir artışının sebebi hidrolik silindirlerin ve hidrolik motorda meydana gelen aşınmadan kaynaklandığını görmektedir.Bu makinalarda hidrolik sistem çok acil olarak temizlenmesi tavsiye edilmektedir.

6.4.10. Kurşun değeri

Kurşun ve kalay, daha az miktarda bakır, antimon ve/veya arsenik ile Babbitt kaplamada kullanılan en baskın metaller olduğundan, kaymalı yatak kullanan herhangi bir makinede beklenen bir aşınma metalidir. Tipik olarak, bu katmandan artan kurşun seviyeleri, daha düşük bir katmandan bakır veya nikel gibi metaller ortaya çıkmaya başlayana kadar uygulanabilir olarak kabul edilmez.Kurşun ve kalay, genellikle Asit Sayısındaki artışla bağlantılı olarak, soğutucu tüpleri takmak için kullanılan lehimden sızma nedeniyle de görünebilir, ancak ortak eylem sadece sıvıyı değiştirmektir.

Kurşunda zararsız bir artışın başka bir şekli, yeniden montaj sırasında kurşun bazlı bir yapışma önleyici bileşiğin kullanılması nedeniyle görülebilir, çünkü herhangi bir fazlalık

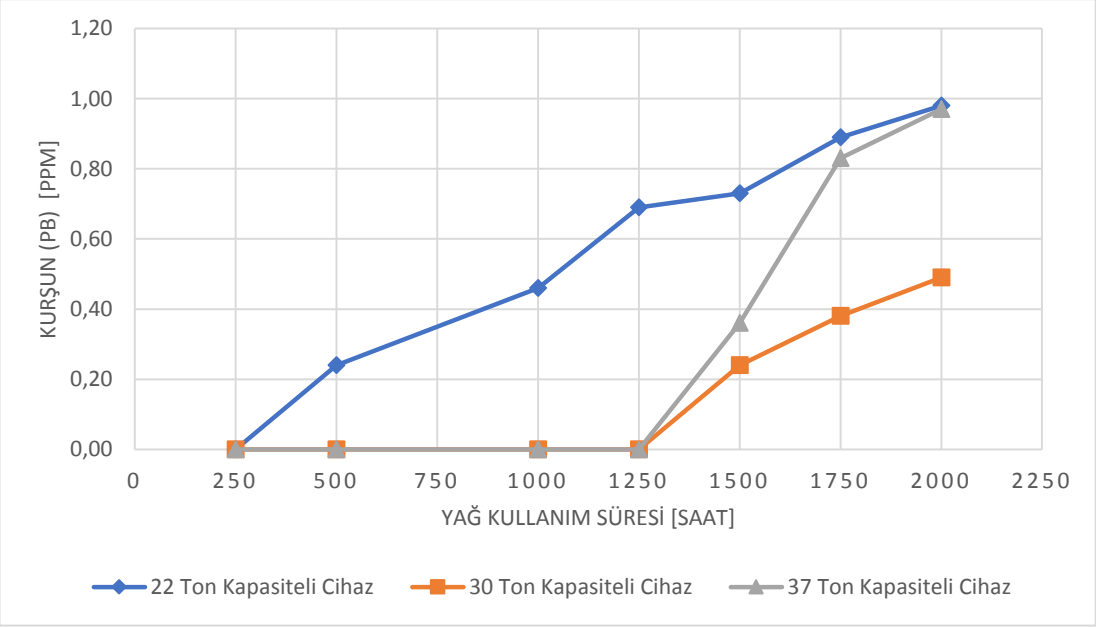
da yağda çözülür. Fren sistemleri ve kaplamalarıda kurşun metali içerir. Fren sistemleri de kurşun içerebilir. Bazı kaplamalar metal içerebilir.

Kurşun kirletici olarak, soğutma sisteminden kalay gibi lehimden sızabilir. Kurşun, benzinde yaygın olarak bulunan bir katkı maddesiydi, bu nedenle yanma yan ürünü olarak yağa karışacaktır. Çok genel bir kural olarak, kat edilen bir kilometre başına yağdaki bir ppm kurşun olarak hesaplanabilir.

Kurşun, bazı greslerde aşırı basınç maddesi olarak bulunur ve yıllar önce endüstriyel dişli yağları aynı katkı maddesi ile kurşun bazlı olmaktaydı. Çevresel kaygılar, bu ürünlerin artık kullanılmadığı anlamına geliyor. Bununla birlikte, yirmi yıllık bir yağ şarjı olan dişli kutuları çok yüksek kurşun seviyeleri gösterebilir.

Tablo 6.15: Kurşun Değeri

	Kurşun (Pb) [ppm]		
Yağ Kullanım Süresi [saat]	HMK220LC	HMK300LC	HMK370LC
250	0,00	0,00	0,00
500	0,24	0,00	0,00
1000	0,46	0,00	0,00
1250	0,69	0,00	0,00
1500	0,73	0,24	0,36
1750	0,89	0,38	0,83
2000	0,98	0,49	0,97



Şekil 6.13: Kurşun Değerinin Yağ Kullanım Süresine Göre Değişimi

Şekil 6.13'de kurşun değerinin üç farklı iş makinası için farklı sürelerde alınan yağ sonucu grafik olarak gösterilmiştir. Grafikte kurşun değerinin 22 ton makine için; 0,98 ppm, 30 ton makine için; 0,49 ppm, 37 ton makine için 0,97 ppm çıktığı görülmektedir.22 tonluk ve 37 tonluk makinada kurşun değerinin bu kadar yüksek çıkasının sebebi kule hidromotorunun içinde bulunan frenleme sisteminde meydana gelen aşınmadan dolayı bu kadar yüksek çıktığı tespit edilmiştir.

6.4.11. Nikel değeri

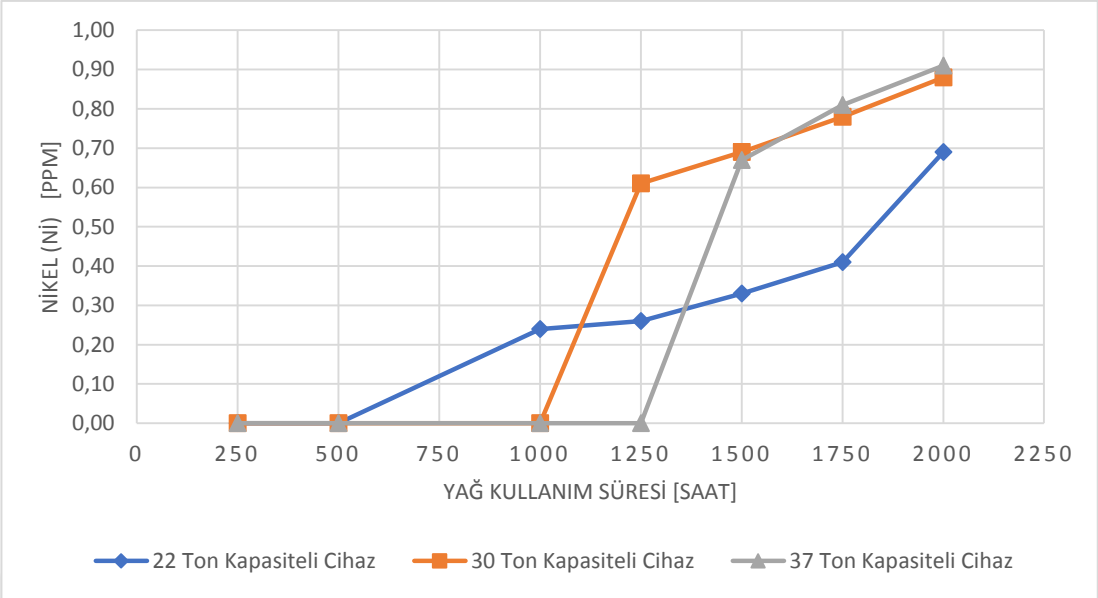
Nikel, kaymalı yataklarda kullanan bir aşınma metalidir, çünkü kurşun ve kalay, daha az miktarda bakır, antimon ve/veya arsenik ile Babbitt kaplamasında kullanılan en baskın metallerdir. Tipik olarak, artan nikel seviyeleri bir ara katmandandır ve bu nedenle işlem yapılabilir olarak kabul edilir.

Nikel, bazı çelik parçalarda aşınma olarak da artabilir. Demir ve krom, titanyum, molibden ve vanadyum gibi diğer metallerle bağıntılı olacaktır; Korelasyon, seviyeler arttıkça orantılı kalırsa, bu metallerin alaşımlı olduğunu gösterir, ancak diğer metaller orantısız bir şekilde artarsa, bu, kaplanmış çelik parçaları gösterir.

Nikelde zararsız bir artışın bir biçimi, yeniden birleştirme sırasında nikel bazlı bir yapışma önleyici bileşiğin kullanılması nedeniyle görülebilir, çünkü herhangi bir fazlalık da yağda çözülür. Nikel en yaygın olarak demir ile birlikte sürtünmesiz yatakların (ve bazen dişlilerin) bir alaşımı olarak görülür. Ayrıca bu metal bazı çeliklerde demir ile alaşım elementi olarak bulunur ve millerde, valflerde, dişlilerde ve sürtünmesiz yataklarda oluşabilir. Valfler ve valf kılavuzları nikel içerebilir ve bazı türbin bileşenleri de metal içerebilir. Kroma benzer kaplamalar nikel içerebilir. Nikel ayrıca çoğu ağır ve orta fırın yağının bir bileşenidir, bu nedenle bu, yağda bir yanma yan ürünü olarak ortaya çıkar ve onu hem kirletici hem de aşınma metali yapar.

Tablo 6.16: Nikel Değeri

	Nikel (Ni) [ppm]		
Yağ Kullanım Süresi [saat]	HMK220LC	HMK300LC	HMK370LC
250	0,00	0,00	0,00
500	0,00	0,00	0,00
1000	0,24	0,00	0,00
1250	0,26	0,61	0,00
1500	0,33	0,69	0,67
1750	0,41	0,78	0,81
2000	0,69	0,88	0,91



Şekil 6.14: Nikel Değerinin Yağ Kullanım Süresine Göre Değişimi

Şekil 6.14'de nikel değerinin üç farklı iş makinası için farklı sürelerde alınan yağ sonucu grafik olarak gösterilmiştir. Grafikte nikel değerinin 22 ton makine için; 0,69 ppm, 30 ton makine için; 0,88 ppm, 37 ton makine için 0,91 ppm çıktığı görülmektedir.Her 3 makinada meydana gelen düzenli nikel artışının sebebi ise ana kontrol valfinde, hidrolik pompa içerisinde bulunan sürtünmesiz yataklarda meydana gelen çalışmaya bağlı aşınmalardır.Bu aşınmalar çalışma saatine bağlı olarak normal aşınmalar olduğu görülmektedir.

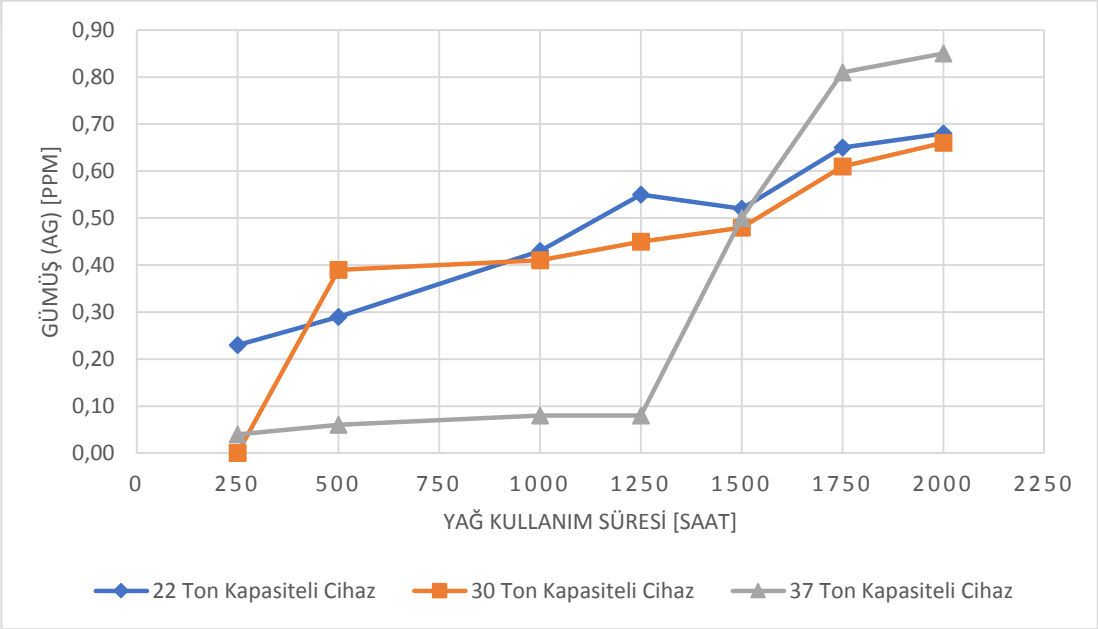
6.4.12. Gümüş değeri

Gümüş, hidrolik yağ analizlerinde muylu yatağı veya hidrolik motorlarındaki pim yatakları gibi bazı yataklarda kaplama olarak kullanılan bir aşınma metalidir. Bu kısımlardaki gümüş, demirle orantısız olarak artacaktır. Çinko katkılı yağlar bu uygulamalarda gümüşün korozyonunu hızlandıracağından trikresil fosfat katkılarının kullanılması garanti edilir.Gümüş, bazı lehimlerde de bulunabilir. Bu nedenle, genellikle Asit Sayısındaki artışla bağlantılı olarak, soğutucu tüpleri takmak için kullanılan lehimden sızma nedeniyle gümüş, kurşun ve kalay da görünebilir.Gümüş metali motorlardaki bazı kaymalı yataklar da içerebilir. Çinko gümüşden daha üst bir element olduğundan rulmanı yok edeceği için bu uygulamalarda çinko içermeyen bir yağ kullanmak hayati derecede önemlidir. Gümüş kaplamalarda bulunabilir ve bazı soğutma

sistemlerinde kullanılan gümüş bazlı lehimden oldukça yüksek seviyeler çıkabilir. Bu en yaygın olarak motorların ana ve büyük uç yataklarında bulunur. Bazı pistonların üzerlerinde bir teneke parlama olabilir; bu ısıyı iletmeye yardımcı olur.

Tablo 6.17: Gümüş Değeri

	Gümüş (Ag) [ppm]		
Yağ Kullanım Süresi [saat]	HMK220LC	HMK300LC	HMK370LC
250	0,23	0,00	0,04
500	0,29	0,39	0,06
1000	0,43	0,41	0,08
1250	0,55	0,45	0,08
1500	0,52	0,48	0,50
1750	0,65	0,61	0,81
2000	0,68	0,66	0,85



Şekil 6.15: Gümüş Değerinin Yağ Kullanım Süresine Göre Değişimi

Şekil 6.15'te gümüş değerinin üç farklı iş makinası için farklı sürelerde alınan yağ sonucu grafik olarak gösterilmiştir. Grafikte gümüş değerinin 22 ton makine için; 0,68 ppm, 30 ton makine için; 0,66 ppm, 37 ton makine için 0,85 ppm çıktığı görülmektedir. Her 3 makinada meydana gelen düzenli gümüş değerinin artışının sebebi hidrolik pompanın içerinde meydana gelen burç ve yataklarının aşınmasından kaynaklanmaya bağlı aşınmalardır.Bu aşınmalar çalışma saatine bağlı olarak normal aşınmalar olduğu görülmektedir.

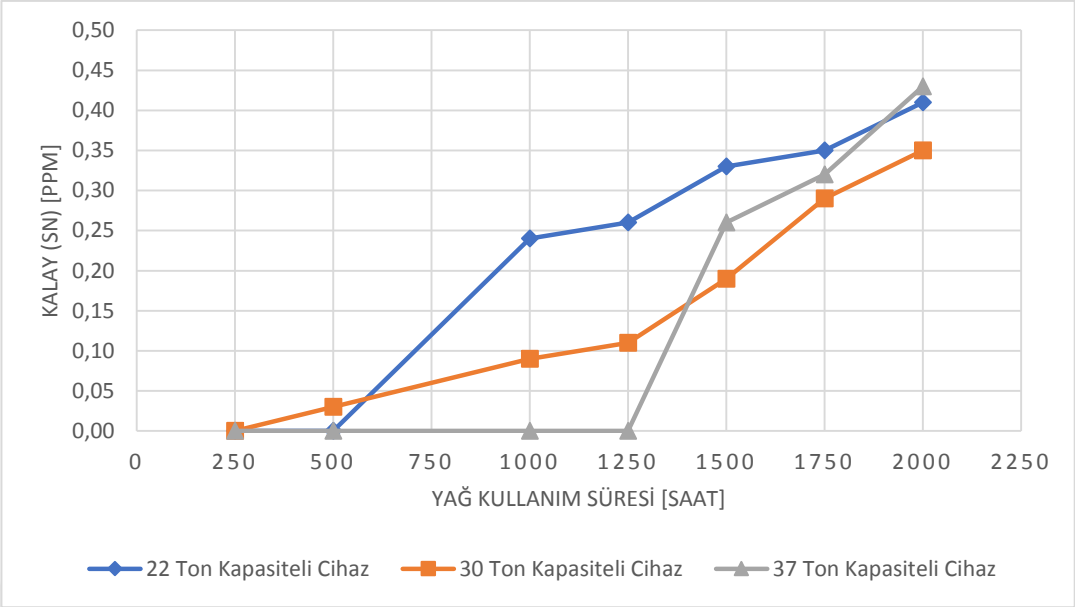
6.4.13. Kalay değeri

Kurşun ve kalay, daha az miktarda bakır, antimon ve/veya arsenik ile Babbitt kaplamasında kullanılan en baskın metaller olduğundan, kaymalı yatak kullanan bir başka aşınma metalidir. Tipik olarak, bu katmandan artan kalay seviyeleri, daha düşük bir katmandan bakır veya nikel gibi metaller görünmeye başlayana kadar uygulanabilir olarak kabul edilmez. Kalay, daha yeni motorlarda veya yeniden oluşturulmuş motorlarda kullanılan piston kaplamasından veya pistonlu uygulamalarda kullanılan burçlardan da görünebilir. Kurşun ve kalay, genellikle Asit Sayısındaki artışla bağlantılı olarak, soğutucu tüpleri takmak için kullanılan lehimden sızma nedeniyle de görünebilir. Bu noktada yapılması gereken sıvıyı basitçe değiştirmektir. Kalay, Babbit metali (beyaz metal) olarak bilinen ve kaymalı yatak kaplamasının ana bileşenini oluşturmak için sıklıkla kurşunlu alaşımlardır. Bu en yaygın olarak motorların ana ve büyük uç yataklarında bulunur. Bazı pistonların üzerlerinde bir parlama olabilir; bunun sebebi ısıyı iletmeye yardımcı olmaktır.

Lehim aynı zamanda bir kalay ve kurşun alaşımıdır, bu nedenle lehimli bağlantılar yağa sızabilir ve bu bazen dahili soğutucu sızıntılarında görülür. Bu bir sorunun göstergesi sayılmasada ortaya çıkabilecek durumlar arasındadır. Kalay hem aşınma metali hem de kirletici olarak bulunabilir.

Tablo 6.18: Kalay Değeri

	Kalay (Sn) [ppm]		
Yağ Kullanım Süresi [saat]	HMK220LC	HMK300LC	HMK370LC
250	0,00	0,00	0,00
500	0,00	0,03	0,00
1000	0,24	0,09	0,00
1250	0,26	0,11	0,00
1500	0,33	0,19	0,26
1750	0,35	0,29	0,32
2000	0,41	0,35	0,43



Şekil 6.16: Kalay Değerinin Yağ Kullanım Süresine Göre Değişimi

Şekil 6.16'da kalay değerinin üç farklı iş makinası için farklı sürelerde alınan yağ sonucu grafik olarak gösterilmiştir. Grafikte kalay değerinin 22 ton makine için; 0,41 ppm, 30 ton makine için; 0,35 ppm, 37 ton makine için 0,43 ppm çıktığı görülmektedir. Her 3 makinada meydana gelen düzenli kalay değerinin artışının sebebi hidrolik pompanın içerinde meydana pistonların aşınmasından kaynaklanmaya bağlı aşınmalardır.Bu aşınmalar çalışma saatine bağlı olarak normal aşınmalar olduğu görülmektedir.

6.4.14. Titanyum değeri

Titanyum, diğer metallerle alaşımlı olarak yaygın olarak bulunan bir aşınma metalidir. Titanyum ve demirdeki oransal artışlar, tipik olarak mil imalatında kullanılan ferrotitanyumun göstergesidir. Bağlantı çubukları gibi hafif titanyum parçalar titanyum, alüminyum ve vanadyum alaşımlarıdır; bu parçalardan kaynaklanan aşınma genellikle demir seviyeleriyle orantısızdır.

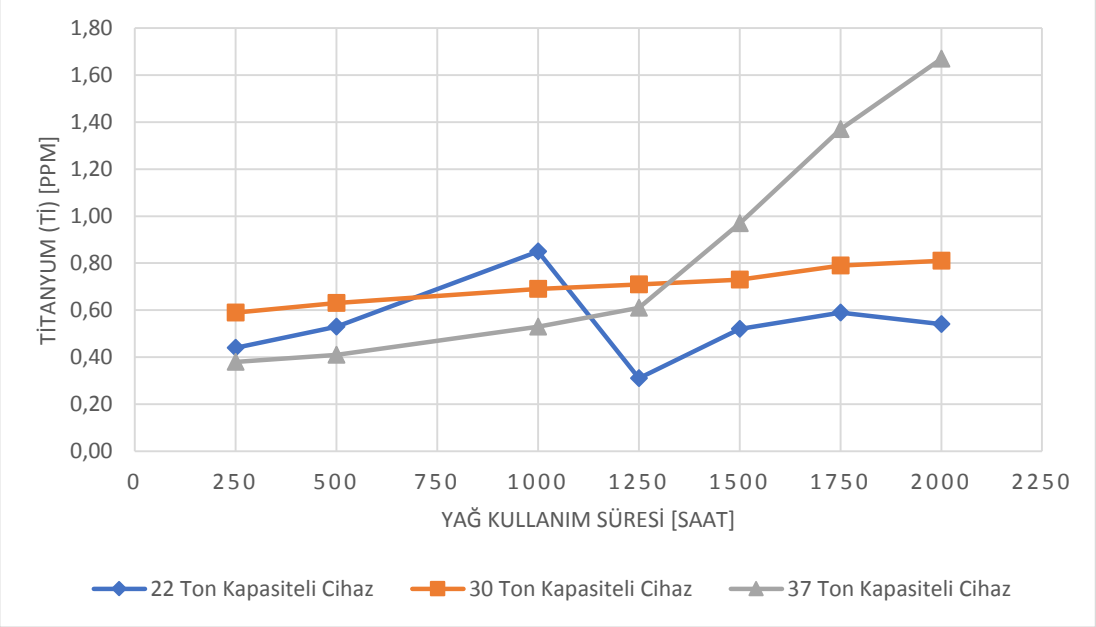
Titanyumda zararsız bir artışın bir sebebi, ister dişli ağını doğrulamak için makinist yerleşimli sıvı olsun, isterse aerosoller kullanılarak bir dış kaplamanın yakın zamanda yeniden boyanması olsun boyaların kullanımından görülebilir. Çoğu parlak veya yansıtıcı boya, parlatıcı olarak titanyum dioksit içerir; bununla birlikte, aşınmış veya çözülmüş boyadan gelen titanyum tipik olarak boşluk boyutuna yakın değildir ve bu nedenle aşınmaya yol açması olası değildir.

Titanyum hakkında yaygın bir yanılgı, turbo manifoldlar veya türbin kanatları gibi yağla ıslanmayan titanyum parçalardan kaynaklanan aşınmanın atfedilmesidir. Bu parçalar titanyumdan yapılmış olsa da, yağlayıcı ile temas halinde değildir ve aşınma kalıntılarının yağlayıcıya geçmesi beklenmez.

Bu, metal türbin bileşenlerinde, yaylarda ve valflerde aşınma elemanı olarak karşımıza çıkar. Seramik bileşenler kullanılmışsa da mevcut olabilir. Titanyum, krom gibi, özellikle çevrede titanyum cevherleri bulunduğunda, kir girişinin meydana geldiği bir kirletici olarak ortaya çıkabilir.

Tablo 6.19: Titanyum Değeri

	Titanyum (Ti) [ppm]		
Yağ Kullanım Süresi [saat]	HMK220LC	HMK300LC	HMK370LC
250	0,44	0,59	0,38
500	0,53	0,63	0,41
1000	0,85	0,69	0,53
1250	0,31	0,71	0,61
1500	0,52	0,73	0,97
1750	0,59	0,79	1,37
2000	0,54	0,81	1,67



Şekil 6.17: Titanyum Değerinin Yağ Kullanım Süresine Göre Değişimi

Şekil 6.17'de titanyum değerinin üç farklı iş makinası için farklı sürelerde alınan yağ sonucu grafik olarak gösterilmiştir. Grafikte titanyum değerinin 22 ton makine için; 0,54 ppm, 30 ton makine için; 0,81 ppm, 37 ton makine için 1,67 ppm çıktığı görülmektedir.30

tonluk makinada 1500 saatten sonra meydana gelen bu artışın sebebi hidrolik silindirlerde meydana gelen aşınmalardan kaynaklandığını görülmektedir.

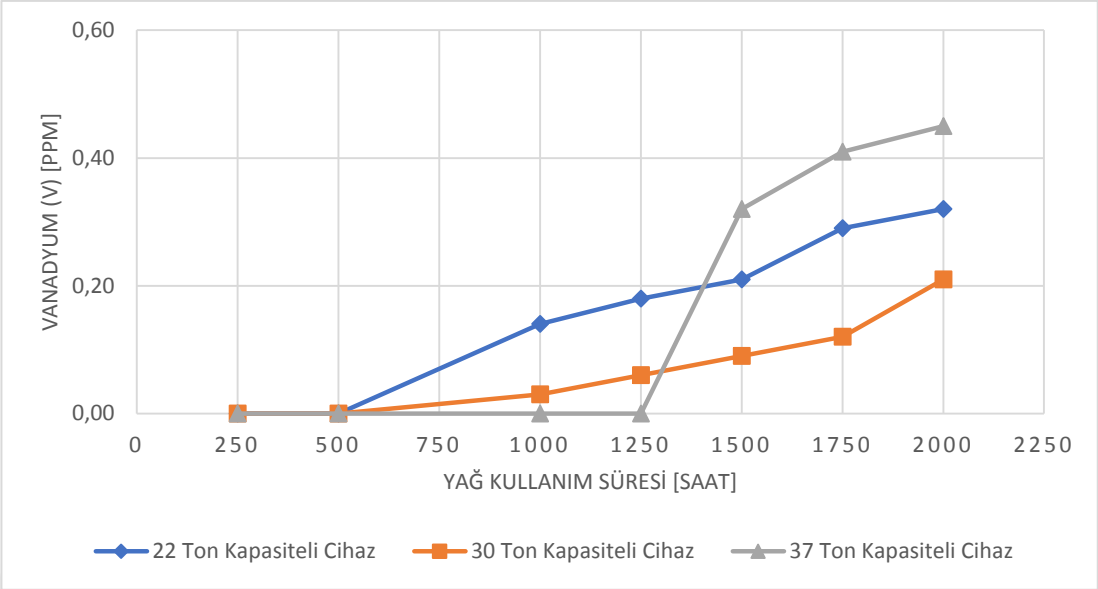
6.4.15. Vanadyum değeri

Vanadyum, diğer metallerle alaşımlı olarak yaygın olarak bulunan başka bir aşınma metalidir. Vanadyum ayrıca valfler, çubuklar, halkalar ve yataklar gibi parçaların kaplanmasında da bulunabilir. Tipik olarak, artan vanadyum ve muhtemelen demir ile orantısız olan krom seviyeleri kaplama aşınmasını gösterirken, orantılı artışlar sert çelik alaşım aşınmasını gösterir.

Vanadyum sıklıkla görülmez ancak türbin kanatlarından ve valflerinden kaynaklanan bir aşınma metali olabilir. Aynı zamanda nikelin yaptığı gibi bir yanma yan ürünü olarak ortaya çıkar. Yanmamış yakıt, vanadyumu motor yağına taşıyacak ve yakıtın ısıyla tahrik edilmesi durumunda ortaya çıkacaktır. Bu, nikel, demir, potasyum, sodyum, alüminyum, bakır ve/veya silikon ile bağıntılı olabilecek makul ölçüde kararlı vanadyum değerleri olarak kendini gösterecektir.

Tablo 6.20: Vanadyum Değeri

	Vanadyum (V) [ppm]		
Yağ Kullanım Süresi [saat]	HMK220LC	HMK300LC	HMK370LC
250	0,00	0,00	0,00
500	0,00	0,00	0,00
1000	0,14	0,03	0,00
1250	0,18	0,06	0,00
1500	0,21	0,09	0,32
1750	0,29	0,12	0,41
2000	0,32	0,21	0,45



Şekil 6.18: Vanadyum Değerinin Yağ Kullanım Süresine Göre Değişim

Şekil 6.18'de vanayum değerinin üç farklı iş makinası için farklı sürelerde alınan yağ sonucu grafik olarak gösterilmiştir. Grafikte vanadyum değerinin 22 ton makine için; 0,32 ppm, 30 ton makine için; 0,21 ppm, 37 ton makine için 0,45 ppm çıktığı görülmektedir. Her 3 makinada meydana gelen düzenli vanadyum değerinin artışının sebebi hidrolik sistem içersinde meydana gelen aşınmasından kaynaklanmaya bağlı aşınmalardır.Bu aşınmalar çalışma saatine bağlı olarak normal aşınmalar olduğu görülmektedir.

BÖLÜM 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hidrolik sistemdeki hidrolik yağlar incelenmiş, detayları ile açıklanmıştır. Bir yağ analiz programının başarısı için uygun rapor yorumlaması çok önemlidir. Hidrolik sistemlerin avantaj ve dezavantajları yağın içiresindeki yabancı maddeler ayrıntıları ile bakılmış sonucunda her bir maddenin içeriği, performans ve etkisi belirtilmiştir. 3 değişik farklı model kullanılan hidrolik yağın spektrum yağ analizi ile değişik yağ çalışma periyotlarında 0-2000 saat'e kadar çalışma analizleri ve 250 saat periyotlarla yağ spekturum analizleri yapılmıştır. Bu spekturum analizlerin sonuçları bulguları ile beraber grafiksel ve detaysal olarak açıklanarak iş makinalarında tonaj değişimlerin etkisini aynı üretim merkezinden çıkan makinanın tonaj farklarını incelenerek irdelenmiştir. Hidromek marka 3 farklı iş makinelerinde kullanılan hidrolik yağın, sistem performansına etkisi ve yağ analizi yöntemi ile hidrolik sistemlerin performansları incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada iş makinaların işletmelerde yağ analiz yönteminin kullanılması ile malzeme tasarrufu, işçilik maliyeti, işletme verimi gibi oldukça önemli ekonomik katkılar elde edilebilmektedir. Bu kazanımların yanında sistemlerde kullanılan yağ miktarı önemli oranda azaltılabilmektedir. Sistemde toplamda daha az yağ kullanılmış ve atık yağı geri kazanmak için yapılan çalışmalarla doğaya bırakılan zararlı madde miktarında da önemli oranda azalma sağlanmıştır. Böylece üretim yapan işletmelerde yapılabilecek yatırımlarla başta çevrenin korunması esas olmak üzere işletme ekonomik açıdan da önemli kazanımlar elde edebilmektedir. Sonuç olarak iş makinelerinin hidrolik sistemlerindeki yağların muayyen zaman aralıklarıyla detaylı biçimde irdelenmesi ile hem işleyen parçaların herhangi bir zarara uğramadan daha uzun süreli ve performansı üst seviyede kullanılması hem de yıllık yağ tüketiminin azaltılması ve böylece çevresel etkinin azaltılması hedeflenmiştir.İş makinalarında kullanılan hidrolik sistemlerindeki yağın, yağ değişimini beklemeden belirli çalışma saatlerinde bilindiği gibi yağ değişimi yapılmaktadır. Bu tezden çıkan sonuçlarla ve irdelemeyle yağ değişimi periyotları beklenmeden 0-2000 saat arasında 7 defa eşit aralıkla yağ

örneklerinin spekturum analizi yapılarak, kontrol sonucunda gerekli görülmesi halinde hemen değiştirilmesini veya gözlemleye devam edilmesini iş makinaların ömrü ve verimliliği açısından çok faydalı olacağı önerilmektedir.

İş makinaları kullanan işletmelerde yağ analiz yönteminin kullanılması ile malzeme tasarrufu, işçilik maliyeti, işletme verimi gibi oldukça önemli ekonomik katkılar elde edilebilmektedir. Bu kazanımların yanında sistemlerde kullanılan yağ miktarı önemli oranda azaltılabilmektedir. Sistemde toplamda daha az yağ kullanılmış ve atık yağı geri kazanmak için yapılan çalışmalarla doğaya bırakılan zararlı madde miktarında da önemli oranda azalma sağlanmıştır. Bu atıkların yağ olarak veya yakılarak (geri dönüşüm kurallarına uygun olsa da) doğaya bırakılan miktarının azalmasıyla, temiz su kaynaklarının korunmasına ve temiz hava ortamı oluşmasına katkı sağlanabilmiştir. Böylece üretim yapan işletmelerde yapılabilecek yatırımlarla başta çevrenin korunması esas olmak üzere işletme ekonomik açıdan da önemli kazanımlar elde edebilmektedir.

KAYNAKÇA

A. Vasishth, P. Kuchhal, and G. Anand, "Study of rheological properties of industrial lubricants," Conference Papers in Science, vol. 2014, Article ID 324615, 5 pages, 2014.

A.T. Prata, J.R. Barbosa Jr., Role of the thermodynamics, heat transfer and fluid, mechanics of lubricant oil in hermetic reciprocating compressors, Heat Transfer Engineering 30 (7) (2009) 533–548.

Akyazı, Ö., Çokrak, D. (2011). Pnömatik ve Hidrolik Sistem Uygulamaları, Elektrik – Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 142-147.

Alireza Baghban, Sludge Formation Analysis in Hydraulic Oil of Load Haul Dumper 811MK V Machine Running at Elevated Temperatures for Bioenergy Applications

Anderson, D.P. & Lukas, M., "Diesel Engine Coolant Analysis. New Application for Established Instrumentation," Presented at 1998 Technology Showcase, JOAP International Condition Monitoring Conference, Mobile, AL, April 20-24, 1998.

ASTM 6728 Standard Test Method for Determination of Contaminants in Gas Turbine and Diesel Fuel by Rotating Disc Electrode Atomic Emission Spectrometry.

ASTM D6595 Standard Method for Determination of Wear Metals and Contaminants in Used Lubricating Oils or Hydraulic Fluids by Rotating Disc Electrode Atomic Emission Spectrometry.

B.-R. H¨ohn and K. Michaelis, "Influence of oil temperature on gear failures," Tribology International, vol. 37, pp. 103–109, 2004.

Bedford. S.A. (1986), "Wear Debris Analysis".B.Sc.Therir, Dept. Of Mining Eng. The University of Nottingham, Marck.142 p.

Borin, A.; Poppi, R.J. Application of mid infrared spectroscopy and iPLS for the quantification of contanminants in lubricating oil. Vib. Spectrosc. 2005, 37, 27–32.

Celka Boru ve Mil Sanayi. (1995). http://www.celka.com.tr adresinden erişildi.

Chul, J.K.; Hyo, H.C.; Chae, H.S. Auto-ignition of lubricating oil working at high pressures in a compressor for an air conditioner. J. Hazard. Mater. 2011, 185, 416–422.

Çağlayan, İbrahim. (2003). İş Makinalarında Yağ Analizi ve Önemi, Mühendis ve Makine Dergisi İş Makinaları Sempozyumu ve Sergisi

Devin, M.T.; Michael, P. Boundary Lubrication and Fluid Thermal Properties and Low-Speed Motor Efficiency. In Proceedings of the STLE Annual Meeting, Synthetics and Hydraulics II, Las Vegas, NV, USA, 19 May 2010; p. 108.

EkremYeşilada, ODTÜ http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/1071.pdf adresinden erişildi.

Engine Oil Licensing and Certification System, Downstream Segment, API 1509, 17th ed.; API Publishing Services: Washington, D.C., USA, September 2012.

Guan, L.; Feng, X.L.; Xiong,G.; Xie, J.A. Application of dielectric spectroscopy for engine lubricating oil degradation monitoring. Sens. Actuators A 2011, 168, 22–29.

Hakan YILMAZ(2018), Otomobil Motorlarında Aşınmayı Önleme Yöntemlerinin Deneysel Araştırılması.

https://biolab.com.tr/en/pr/usedoilanalysis/

https://testoil.com/data-interpretation/report-interpretation, Data Interpretation May 23, 201

Hydraulic fluid contamination testing,(2012). https://www.hydraulicspneumatics.com/fluid-power-basics/fluid-cleanliness/article/21885042/hydraulic-fluid-contamination-testing

Hydraulic Oil Analysis Amatek Spectro Scientific (2018) https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=16620

I. A. Gopang, H. Maha, A. S. Jatoi et al., “Characterization of the sludge deposits in crude oil storage tanks,” Journal of Faculty of Engineering & Technology, vol. 23, no. 1, pp. 57–64, 2016.

I. O. Igwe, “The effects of temperature on the viscosity of vegetable oils in solution,” Industrial Crops and Products, vol. 19, no. 2, pp. 185–190, 2004.

Industrial Liquid Lubricants—ISO Viscosity Classification; ISO 3448:1992/Cor 1:1993, International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland, 30 September 1993.

J. Mech. Sci. Technol. 2010, 24, 2367–2376.

John S. Evans.Where Does All Metal Come From.Technical Bulletin,Issue 47

Joint Oil Analysis Program Introduction, Theory, Benefits, Customer Sampling Procedures, Programs and Reports. T.O.33-1-37-1. JOAP Manual Volume I., Published by Naval Air Systems Command, USA. (for Technical Order) (2014).

Leal B Ordieres J., Capuz-Rizo S.F., Cifuentes P. (2009). Contaminants Analysis in Aircraft Engine Oil and its Interpretation for The Overhaul of the Engine. WSEAS Transactions on Information Science and Applications, 1729-1738. (for Journal)

M. Husnawan, H.H. Masjuki, T.M.I. Mahlia, M.G. Saifullah, Applied Thermal analysis of cylinder head carbon deposits from single cylinder, diesel engine fueled by palm oil–diesel fuel emulsions, Energy 86 (2009) 2107–2113

M. Khan and A. Rasheed, "Slip velocity and temperature jump effects on molybdenum disulfide MoS2 and silicon oxide SiO2 hybrid nanofluid near irregular 3D surface," Alexandria Engineering Journal, vol. 60, no. 1, pp. 1689–1701, 202

M. R. Kamal and A. Mutel, "Rheological properties of suspensions in Newtonian and non-Newtonian fluids," Journal of Polymer Engineering, vol. 5, no. 4, pp. 293–382, 1985.

Mang, T.; Dresel, W. Lubricants and Lubrication, 2nd ed.; Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA: Weinheim, Germany, 2007; pp. 274–337.

Mcclelland, F.J.; Jones, W.R. FTIR photoacoustic spectrometry of diesel lubricating oils containing particulate matter. J. Soc. Tribol. Lubr. Eng. 2001, 57, 17–21.

MEB. (2011). Elektrik – Elektronik Teknolojisi: Hidrolik Sistemler, Milli Eğitim Bakanlığı, AnkaraHidrolik Sistemler Modülü, 2011 ve Ayraç, 2011).

Michael, P.; Burgess, K.; Radle, E.; Wanke, T. An Investigation of Hydraulic Fluid Properties and Low-Speed Motor Efficiency. In Proceedings of the International Fluid Power Conference, Aachen, Germany, 22–24 March 2010; Volume 3, pp. 341–353.

NAVAIR, Joint Oil Analysis Program Manual Vol 1, 0817LP0292140, 15 March 1999. Barnes M, (2006) Wear Analysis, Oil Analysis and Lubrication Learning Center, Noria Corporation, http://www.noria.com adresinden erişildi.

Noria Corporation, The Benefits of Oil Analysis, https://www.machinerylubrication.com/Read/29004/oil-analysis-benefits

Othmer, K. Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed.; Wiley: New York, NY, USA, 1980.

Öztürk I., Aslan A., Kalyoncu H. (2010). Energy Consumption and Economic Growth Relationship: Evidence from Panel Data for Low and Middle İncome Countries. Energy Policy 38, 4422–4428.

Park, S.T.; Yang, B.S. An implementation of risk-based inspection for elevator maintenance.

Petrol Ofisi A.Ş. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Zararlı Maddeler ve Karışımlara İlişkin Güvenlik Bilgi Formları Hakkında Yönetmelik

Powell, J.R.; Campton, D.A.C. Automated FTIR Spectrometry for monitoring hydrocarbon based engine oils. Lubr. Eng. 1993, 49, 233–239.

Rhine, W.E., Saba, C.S., and Kaufman, R.E., "Metal Detection Capabilities of Rotating Disc Emission Spectrometers," Lubrication Engineering, Vol. 42, #12, p 755 4. Lukas, M., and Giering, L.P., "The Effects of Metal Particle Size in the Analysis of Wear Metals using the Rotating Disc Atomic Emission Technique," presented at the International Symposium on Oil Analysis, Erding, Germany, July 1978.

Rudnick, Leslie R., (2003), ―Lubricant Additives: Chemistry and Applications‖, The Energy Institute, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, U.S.A., Marcel Dekker, Inc.

Sander, R.J. White Paper: Reliable Hydraulic System Operation through Proper Fluid Selection & Maintenance, Lubrication Engineers, Inc. Available online: http://www.le-greece.gr/files/le-articles/ 2013%20Reliable%20Hydraulic%20System%20Operation%20white%20paper %20by%20John% 20Sander.pdf (accessed on 22 August 2013).

Stamatios S. Kalligeros.,Predictive Maintenance of Hydraulic Lifts through Lubricating Oil Analysis. Published: 27 December 2013

Standard Classification of Industrial Fluid Lubricants by Viscosity System; ASTM D2422, ASTM International: West Conshohocken, PA, USA, 2013; doi: 10.1520/D2422.

V Karanović , M T Jocanović,(2008) Benefits of lubricant oil analysis for maintenance decision support: a case study, University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Trg Dositeja Obradovica 6, 21000 Novi Sad, Serbia

W. D. Phillips, "The high-temperature degradation of hydraulic oils and fluids," Journal of Synthetic Lubrication, vol. 23, no. 1, pp. 39–70, 2006.

Wooton, D. and Livingston, G. (2013), "Lubricant deposit characterization." OilDoc 2013 Conference Proceedings.

Yontar, L. (2013). Hidrolik Silindirler. http://www.akder.org/tr/makale/246-hidrolik-silindirler#.VWt8wM_tmko adresinden erişildi.

Zhao Y Henning P., Walsh D., Yurko R., Barraclough T., Shi A., Garvey R. (2014). Oil Analysis Handbook for Predictive Equipment Maintenance. Spectro Scientific, Confidence In Knowing. (for Book)

Zhao Y., Henning P., Walsh D., Yurko R., Barraclough T., Shi A., Garvey R. (2014). Oil Analysis Handbook for Predictive Equipment Maintenance. Spectro Scientific, Confidence In Knowing. (for Book)