

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



BAZI MOTOR YAĞLARININ
TARIM TRAKTÖRLERİNDE
OPTİMUM KULLANIM SÜRELERİ
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Erdal KILIÇ
DOKTORA TEZİ
TEKİRDAĞ ZİRAAT FAKÜLTESİ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI
1998 - TEKİRDAĞ
Danışman: Prof. Dr. Selçuk ARIN

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

78900

**BAZI MOTOR YAĞLARININ TARIM TRAKTÖRLERİNDE
OPTİMUM KULLANIM SÜRELERİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

Erdal KILIÇ

T.Ü. TEKİRDAĞ MESLEK YÜKSEK OKULU
TARIM MAKİNALARI BÖLÜMÜ

DOKTORA TEZİ
TEKİRDAĞ ZİRAAT FAKÜLTESİ,
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

Bu tez 27.02.1998 tarihinde aşağıdaki juri tarafından (...95...) Doksanbeş. not takdir edilerek kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Poyraz ÜLGER
Juri Başkanı

Prof.Dr. Selçuk ARIN
Danışman

Prof.Dr. Kamil ALİBAŞ
Üye

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMAN TASHİH VE TESPİT BİRLİĞİ

ÖZET

Doktora Tezi

BAZI MOTOR YAĞLARININ TARIM TRAKTÖRLERİNDE OPTİMUM KULLANIM SÜRELERİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Erdal KILIÇ

**T.Ü TEKİRDAĞ MESLEK YÜKSEK OKULU
TARIM MAKİNALARI BÖLÜMÜ**

**Tekirdağ Ziraat Fakültesi
Tarım Makinaları Anabilim Dalı**

Danışman : Prof.Dr. Selçuk ARIN

1998 , Sayfa : 87

Jüri : Prof. Dr. Selçuk ARIN
Prof. Dr. Poyraz ÜLGER
Prof. Dr. Kamil ALİBAŞ

Bu araştırmanın amacı motor yağlarının tarım traktörlerinde kullanılması sonucu yağlarda oluşan kirleticileri tesbit etmek, kirleticilerin motor yağı üzerindeki fiziksel ve kimyasal etkilerini incelemek ve bu kirleticilerin kaynağını saptamak, kullanılmış ve kullanılmamış yağlara ait vizkozite indeksi, kinematik vizkozite, parlama noktası, özgül kütle, toplam baz numarası değerlerini tesbit ederek karşılaştırmaktır.

II

Bu amaçla iki farklı tip motor yağı (SUPER V 20W/50 ve TERRAK 15W/40), iki farklı model traktörde (MF-285 ve FIAT-60-56) 200 saat kullanılmış ve laboratuvar da çeşitli analizler yapılmıştır. Aynı analizler kullanılmamış yağlar için de yapılmıştır.

Laboratuvar analizleri sonucunda vizkozite indeksi 92-147; 40°C'de kinematik vizkozite 67.75-179.39 cSt; 100 °C'de kinematik vizkozite 8.93-18.11 cSt; özgül kütle 0.8714-0.9109 gr/cm³ ; toplam baz numarası 3.4-10.5 mg/g; parlama noktası 195-225 °C olarak elde edilmiştir. Ayrıca her iki tip yağ için kurşun, silisyum, kalay, nikel, fosfor, potasyum, alüminyum, molibden, sodyum, bor, demir, gümüş, krom, mangan, kalsiyum, magnezyum, çinko, bakır, kükürt elementlerinin konsantrasyonlarına ait değerler saptanmıştır.

Araştırmada kullanılmış motor yağlarının analizleri sonucunda belirlenen elementler motor yağının bileşiminden, yağlara katılan katılardan ve kirleticilerden meydana geldiği belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre vizkozite indeksi, kinematik vizkozite, parlama noktası ve toplam baz numarası değerleri, kullanılmamış yağlara göre azalırken, sadece özgül kütleyle ait değerler, kullanılmamış yağa göre araştırmada kullanılan her iki tip yağda da artmıştır. Bunun nedeninin dış ortamdan gelen kirleticiler olduğu düşünülebilir.

SUMMARY
PhD Thesis

**A Research On Optimum Usage Interval Of Some Engines Oil
In Agricultural Tractor**

Erdal KILIÇ

Trakya University
Graduate School of Natural Applied Sciences
Tekirdağ Agricultural Faculty the Head Science
Department of Agricultural Machinery

The purpose of this research is to determine the contaminators of oil that is formed in agricultural tractor engines, investigate physical and chemical effects and obtain the source of these contaminators, determine viscosity index, kinematic viscosity, flash point, density, total base number of used and unused oils and compare the characteristics written above.

For that reason two different types of (SUPER V20W/50 and TERRAC 15W/40) used for 200 hours in two models of tractor (MF285 and FIAT 60-56) and various analyses were done in laboratory. Same analyses were also done for unused oils.

As the result of laboratory analyses, 92-147 viscosity index, 67.75-179.39 cSt of kinematic viscosity at 40 °C, 8.93-18.11 cSt of kinematic viscosity at 100 °C, 0.8714-0.9109 gr/cm³ of density and 3.4-10.5 mg/g of total base number, 195-225 °C of flush point were obtained. In addition to these, values which are belong to the

concentrations of phosphorus (P), potassium (K), aluminium (Al), tin (Sn), silisium (Si), lead (Pb), nickel (Ni), bor (B), molybdenum (Mo), sodium (Na), iron (Fe), silver (Ag), chromium (Cr), manganez (Mn), calcium (Ca), magnesium (Mg), zinc (Zn), copper (Cu) and sulphur (S) elements were determined for both types of oils.

In the research, it has been found that, the elements obtained from tests were formed by composition of engine oil, additives and contaminators. Due to results of the research, while viscosity index, kinematic viscosity, flash point and total base number characteristic were decreasing, only , density increased in both types of oil with respect to unused oils. It is thought that increase of density is because of contaminators coming from external environment.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
3. MOTOR YAĞLARI İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER	9
3.1. Motor yağlarının özellikleri.....	9
3.1.1. Vizkozite ve vizkozite indeksi	9
3.1.2. Oksidasyon mukavemeti	9
3.1.3. Deterjan ve dispersan özelliği	9
3.1.4. Alkanite	10
3.1.5. Aşınma önleyici özelliği.....	10
3.1.6. Pas ve Korozyonu Önleme.....	10
3.2. Yağlama işlemi	10
3.3. Katıklar.....	11
3.4. Yağların bozulma nedenleri	12
3.5. Dünyada ve ülkemizde yıllara göre madeni yağ tüketimi.....	13
4. MATERYAL VE YÖNTEM	17
4.1. Materyal.....	17
4.1.1. Denemelerin düzenlendiği yer.....	17
4.1.2. Denemede kullanılan yağlar.....	17
4.1.3. Denemede kullanılan traktörler ve teknik özellikleri.....	18
4.1.4. Denemede kullanılan traktörlerin yağlama tipleri	18
4.1.5. Denemelerde kullanılan ölçüm cihazları	20
4.2. Yöntem.....	24
4.2.1. Örneklerin alınması	24
4.2.2. Laboratuvar denemelerinde uygulanan yöntemler	25
4.2.2.1. Yağların vizkozite indekslerinin belirlenmesi	25
4.2.2.2. Yağların kinematik vizkozitelerinin belirlenmesi	25
4.2.2.3. Yağların parlama noktalarının belirlenmesi	26

4.2.2.4. Yağların özgül kütlelerinin belirlenmesi.....	27
4.2.2.5. Yağların toplam baz numaralarının (TBN) belirlenmesi	28
4.2.2.6. Yağların element konsantrasyonlarının belirlenmesi	29
4.2.3. Deneme deseni yöntemi.....	33
5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	34
5.1. Yağların vizkozite indeksi sonuçları.....	34
5.2. Yağların 40°C ve 100°C deki kinematik vizkozite sonuçları	35
5.3. Yağların parlama noktası sonuçları	38
5.4. Yağların özgül kütle sonuçları	40
5.5. Yağların toplam baz numaraları sonuçları	41
5.6. Yağların element konsantrasyonu sonuçları.....	42
5.6.1. Kurşun konsantrasyonu sonuçları.....	43
5.6.2. Silisyum konsantrasyonu sonuçları	44
5.6.3. Kalay konsantrasyonu sonuçları	45
5.6.4. Alüminyum konsantrasyonu sonuçları.....	47
5.6.5 Nikel konsantrasyonu sonuçları	48
5.6.6. Fosfor konsantrasyonu sonuçları	49
5.6.7. Molibden konsantrasyonu sonuçları.....	51
5.6.8. Sodyum konsantrasyonu sonuçları	52
5.6.9. Potasyum konsantrasyonu sonuçları	53
5.6.10. Bor konsantrasyonu sonuçları.....	55
5.6.11. Demir konsantrasyonu sonuçları.....	56
5.6.12. Gümüş konsantrasyonu sonuçları.....	58
5.6.13. Krom konsantrasyonu sonuçları.....	59
5.6.14. Mangan konsantrasyonu sonuçları	60
5.6.15. Kalsiyum konsantrasyonu sonuçları.....	61
5.6.16. Magnezyum konsantrasyonu sonuçları.....	63

5.6.17. Çinko konsantrasyonu sonuçları	64
5.6.18. Bakır konsantrasyonu sonuçları	65
5.6.19. Kükürt konsantrasyonu sonuçları	67

6. SONUÇ ve ÖNERİLER	69
EKLER.....	74
KAYNAKLAR	82
TEŞEKKÜR	86
ÖZGEÇMİŞ	87



ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1. Katık paketi yüzde dağılımı	12
Şekil 3.2. Dünya yağ tüketiminin gelişimi	14
Şekil 3.3. 1990 yılı dünya yağ tüketiminin bölgesel gösterimi.	15
Şekil 3.4. Sektörler tarafından dünya motor yağı tüketimi.	16
Şekil 4.1. Denemede kullanılan traktörlere ait yağlama sistemi.	19
Şekil 4.2. Yağ örneklerinin 40°C ve 100°C 'deki kinematik vizkozitelerini ölçmek için kullanılan vizkozite banyoları.	20
Şekil 4.3. 40°C ve 100°C 'de kinematik viskozite ölçmek için kullanılan viskozite tüpleri.	21
Şekil 4.4. PENSKEY- MARTENS model Flash point tester.	22
Şekil 4.5. Kullanılmış yağların özgül kütle testinde kullanılan dansity meter.	22
Şekil 4.6. Toplam baz numarası tesbit cihazı.	23
Şekil 4.7. Kullanılmış yağların analizinde kullanılan ICP cihazı.	23
Şekil 4.8. Traktörlerden alınan kullanılmış yağ örnekleri	24
Şekil 5.1. Vizkozite indeksi değerleri	35
Şekil 5.2. 40°C kinematik vizkozite değerleri.	36
Şekil 5.3. 100°C kinematik vizkozite değerleri.	38
Şekil 5.4. Parlama noktası değerleri	39
Şekil 5.5. Özgül kütle değerleri.	41
Şekil 5.6. Toplam baz numarası değerleri.	42
Şekil 5.7. Kurşun konsantrasyonu değerleri.	44
Şekil 5.8. Silisyum konsantrasyonu değerleri	45
Şekil 5.9. Kalay konsantrasyonu değerleri.	46
Şekil 5.10. Alüminyum konsantrasyonu değerleri.	47
Şekil 5.11. Nikel konsantrasyonu değerleri	49

Sayfa No

Şekil 5.12. Fosfor konsantrasyonu değerler	50
Şekil 5.13. Molibden konsantrasyonu değerleri	52
Şekil 5.14. Sodyum konsantrasyonu değerleri	53
Şekil 5.15. Potasyum konsantrasyonu değerleri	55
Şekil 5.16. Bor konsantrasyonu değerler.	56
Şekil 5.17. Demir konsantrasyonu değerleri	57
Şekil 5.18. Gümüş konsantrasyonu değerleri.....	58
Şekil 5.19. Krom konsantrasyonu değerleri	60
Şekil 5.20. Mangan konsantrasyonu değerleri.	61
Şekil 5.21. Kalsiyum konsantrasyonu değerleri	62
Şekil 5.22. Magnezyum konsantrasyonu değerleri	64
Şekil 5.23. Çinko konsantrasyonu değerleri	65
Şekil 5.24. Bakır konsantrasyonu değerleri	66
Şekil 5.25. Kükürt konsantrasyonu değerleri.....	67

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 3.1. Türkiye' deki madeni yağ tüketimi	13
Çizelge 4.1. Denemede kullanılan yağlar ve özellikleri.....	17
Çizelge 4.2. Traktör tipleri ve motor özellikleri	18
Çizelge 4.3. 40°C ve 100°C 'de kinematik vizkozite ölçmek için kullanılan vizkozite tüpleri ve sabit sayıları	21
Çizelge 4.4. Kinematik vizkozite ölçmede kullanılan tüplerin özellikleri.....	26
Çizelge 4.5. Conostan standartları.....	30
Çizelge 4.6. ICP ile test edilen elementlerin işlem sırası	33
Çizelge 5.1. Vizkozite indeksi değerleri.	34
Çizelge 5.2. 40 °C kinematik vizkozite değerleri	36
Çizelge 5.3. 100°C kinematik vizkozite değerleri	37
Çizelge 5.4. Parlama noktası değerleri.	39
Çizelge 5.5. Özgül kütle değerleri	40
Çizelge 5.6. Toplam baz numarası değerleri	42
Çizelge 5.7. Kurşun konsantrasyonu değerleri.	43
Çizelge 5.8. Silisyum konsantrasyonu değerleri	45
Çizelge 5.9. Kalay konsantrasyonu değerleri	46
Çizelge 5.10. Alüminyum konsantrasyonu değerleri.	47
Çizelge 5.11. Nikel konsantrasyonu değerleri.....	48
Çizelge 5.12. Fosfor konsantrasyonu değerleri	50
Çizelge 5.13. Molibden konsantrasyonu değerleri.	51
Çizelge 5.14. Sodyum konsantrasyonu değerleri	53
Çizelge 5.15. Potasyum konsantrasyonu değerleri.....	54
Çizelge 5.16. Bor konsantrasyonu değerleri	55

Sayfa No

Çizelge 5.17. Demir konsantrasyonu değerleri	57
Çizelge 5.18. Gümüş konsantrasyonu değerleri	58
Çizelge 5.19. Krom konsantrasyonu değerleri	59
Çizelge 5.20. Mangan konsantrasyonu değerleri	61
Çizelge 5.21. Kalsiyum konsantrasyonu değerleri	62
Çizelge 5.22. Magnezyum konsantrasyonu değerleri	63
Çizelge 5.23. Çinko konsantrasyonu değerleri	65
Çizelge 5.24. Bakır konsantrasyonu değerleri	66
Çizelge 5.25. Kükürt konsantrasyonu değerleri	67



1. GİRİŞ

İki katı cismi birbirinden ayırmak ve sürtünme kuvvetini minimize ederek, kolay hareketi sağlamak için kullanılan maddeye yağlama yağı denir. Teknolojinin gelişmesine paralel olarak, hayvansal ve bitkisel yağların yerine, petrol ana yağ kaynağı olmuştur. Ham petrolün rafinasyonu sonucunda elde edilen baz yağlardan istenen özellikleri elde etmek için, birbirleri ile karıştırılarak, gerekiyorsa katkı maddeleri ilave edilerek kullanılırlar.

Motor yağlarının görevi, hareketli yüzeyler arasında ince bir tabaka oluşturarak mekanik aşınmayı önlemek, motorun soğumasına yardımcı olmak, senkron bir şekilde g kaybını azaltmaktır. Bununla birlikte sürtünmeden doğan ısının alınması ve sürtünen yüzeylerdeki partikülleri söküp almak da yağların görevleri arasındadır. Yağlayıcı, yanma gazlarının segmanlardan geçmesini engelleyen efektif bir sızdırmazlık elemanı görevi de görür. Bundan dolayı yağlama, motor parçaları ve traktörler için hayati bir olaydır.

Günümüzde yağlama yağı teknolojisinde; üretim, özelliklerin iyileştirilmesi, yağlama tekniklerinin geliştirilmesi, kullanılmış yağların geri kazanımı ve petrol kökenli olmayan sentetik yağlama yağları uygulamaları üzerinde ençok durulan araştırma konularıdır. Uzun ömürlü, özelliklerini iyi koruyan, kullanıldığı alanda verimliliği artıran yağlama yağlarının düşük maliyette üretilip, ucuz olarak pazarlanabilmesi istenmektedir.

Yağlama yağlarının üretilmesi için ilk işlem damıtma olayıdır. Damıtma sonucu ham petrolün uçucu elemanları petrolden ayrılır, damıtma işlemi sonucu ağır elemanlardan da yağlama yağı elde edilir. Yağlama yağları genellikle iki kere damıtılır. Birinci damıtmada ham petroldeki tüm yağlar çıkarılır. Buna birincil veya primer damıtma denir. Bu işlemden sonra birincil damıtma ürünleri tekrar damıtılarak hafif ve ağır makina yağları, mil yağları ve daha ağır olan silidir yağları elde edilir. Son rn genellikle pistonlu buhar makinalarının silindirlerinde kullanılır. Bu rn dizel motorlarının silindirleri için uygun değildir.

Ham petrolün damıtılması sonucu elde edilen yağların dışında endüstride bitkisel ve hayvansal yağlardan da yararlanılmaktadır. Bitkisel ve hayvansal yağlar, yapılarındaki oksijen yüzünden oksitlenmeye dayanıksız ve ısı ile yapışkan artıklar meydana getirme eğiliminde oluşları nedeniyle dizel motorlarında tek başlarına kullanılmazlar. Çoğu zaman özellikleri geliştirme bakımından, ham petrolden elde edilen mineral yağlara, küçük bir miktar bitkisel ve hayvansal yağ eklenebilir. Bunlara compound yağlar adı verilmektedir. Ham petrolün damıtılması sonucu elde edilen yağlama yağlarına base-oil yada esas yağ adı verilir. Bu yağ içine bir takım katkı maddeleri katılmaksızın dizel motorlarında kullanılamaz. Yataklarda ve silindirlerde kullanma durumuna göre yağlara çok çeşitli katkı maddeleri ilave edilmektedir. Dizel motorlarında kullanılmakta olan yağlama yağları yakıtlara benzer. Ancak yağları özgül ağırlıklarının daha büyük, vizkozitelerinin daha yüksek oluşu ve iç yapılarının farklılığı onları yakıtlardan ayırır. Yağlama yağlarının harman edilmesi ve yapılarına bazı katkı maddelerinin eklenmesi de mümkündür.

Yağlamanın gelişmesine paralel olarak traktör motorlarının üretilmesinde kullanılan malzemelerde gelişim göstermiştir. Birbirleriyle eşlenik çalışabilen, aşınmaya ve korozyona dayanıklı malzemeler üretilmiştir. Modern motorların çalışma sıcaklıklarının ve hızlarının artması mil güçlerini de artırmıştır. Bu artış daha iyi yağlamanın gerekliliğini ortaya koymuştur.

Traktör, tarımda ileri teknolojiye dayalı, etkin üretim sistemlerinin uygulanması için gerekli olan tarımsal mekanizasyonun temel taşıdır. Bütün dünyada, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde traktör sayılarında günden güne hızlı bir artış söz konusudur. Bu sayı Tekirdağ ilinde 20.405 adet iken Trakya yöresindeki Tekirdağ, Edirne, Kırklareli illerinde toplam 55.249 adettir. Türkiye genelinde ise 776.863 adede ulaşmaktadır (DİE, 1995). Ancak sayısal artışın yanında traktörün etkin kullanımını da amaçlamak gerekir. Traktör gibi çok pahalı bir güç kaynağının -daha yüksek bir kapasitede ve etkin şekilde kullanımının sağlanması, parkın büyütülmesinden çok daha önemlidir. Etkin bir mekanizasyon için, traktör gibi çok pahalı bir güç kaynağının daha yüksek bir kapasitede ve etkin şekilde kullanılması için yağlama, verimliliği artıran olgudur.

Yağların en önemli özelliği, koruyucu ve kaydırıcı olmalarıdır. Fakat belirli bir süre kullanılan yağların bu özellikleri bozularak, motor parçaları üzerinde aşınmalar meydana gelmekte, motorun bakım ve revizyona girme periyodu kısalmaktadır. Bu durum bakım ve revizyon masrafları yönünden de olumsuzluk yaratmaktadır. Traktör motorlarında yağlanması gereken sürtünme yüzeyleri; piston ve silindirler, krank ve kam mili yatakları, supap hareket mekanizmaları ve çeşitli perno ve yataklardır. Adı geçen donanımlar, motorların omurgasını meydana getirmesinden dolayı; yağlar ve yağlama konusu bu donanımlar için vazgeçilmez yapı taşlarından birini oluşturmaktadır.

Traktör motorları için doğru madeni yağ seçimiyle, motor parçalarının aşınma süresini uzatıp, revizyon periyodunu büyütmek mümkün olabilir. Böylece hem motorun ömrü uzatılabilir, hemde aşınmanın azalmasına bağlı olarak yakıt ve yağ tüketimi de azalacaktır. Bu yüzden madeni yağlar ve kullanım periyodları üzerindeki araştırmalara önem verilmelidir. Tüm bu sayılan nedenlerden dolayı yağlama ilkelerinin, yağ türlerinin, yağların özelliklerinin, nasıl elde edildiklerinin ve yararlı bir şekilde nasıl kullanılacaklarının çok iyi bilinmesi gerekir.

Bu anlayıştan yola çıkarak Trakya Bölgesinde yoğun olarak kullanılan 2 farklı model (FIAT 60-56, MF-285) traktörde, 200 saat kullanılmış 2 farklı madeni yağın (Super V 20W/50, Terrak 15W/40) 40°C ve 100°C 'de kinematik viskozite, viskozite indeksi, özgül kütle testi, toplam baz numarası (TBN), parlama noktası (Flash Point) ve metal analizleri gibi laboratuvar testleri yapılarak elde edilen sonuçlar, yeni yağın sonuçları ile karşılaştırılarak yağların çalışma verimlilikleri araştırılmıştır.

Bu araştırma; Özet, İngilizce Özet, Giriş, Literatür Bildirileri, Materyal ve Yöntem, Araştırma Sonuçları ve Tartışma, Sonuçlar ve Öneriler bölümlerinden oluşmaktadır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tarım traktörlerinde, motorların gelişmesine paralel olarak, motorlarda kullanılan yağlar ve yağlama işlemleride geliştirilmiştir. Motor yağlarının yıllara göre gelişimi bu bölümde açıklanmıştır.

Kadayıfçılar (1966), genel olarak yağların viskozite indekslerinin yüksek olması gerektiğini ifade etmektedir ve hız şartlarına bağlı olarak viskozite indekslerinin değişmesi ile yağ sarfiyatında da farklılık olduğunu bildirmektedir. Ayrıca silindir ve segman aşınması ile yağın viskozite değerleri arasında bir ilişkinin olduğunu vurgulamaktadır.

Özdamar vd. (1970), motorun çalışması sırasında, yanma odası yüzeylerinde karbon birikintilerinin oluştuğunu, bu karbonlardan bir kısmının ufalanarak yağa karıştığını ifade etmektedirler. Hava filtresi verimli bir şekilde çalışsa bile yine de bir miktar toz silindirlere girmekte, ayrıca motor çalışırken aşınma sonucu kopan ince metal parçacıklar da yağa karışmaktadırlar. Motorun çalışma saati ilerledikçe motor yağı bu pisliklerle yüklenmiş olacaktır, bu pis yağlar boşaltılıp motora yeni yağ konulmadıkça motorun aşınmasının hızla artacağını bildirmektedirler.

Bilginperk (1978), motor yağını değiştirme zamanı için o motorun katoloğuna uymakla beraber, motorun çalışma şartını göz önünde bulundurmak gerektiğini bildirmektedir. Araştırmacı ayrıca yağa karışan asitlerin parçaları aşındırdığını, kartelde toplanan toz, pas ve karbon zerrelerinin yağ hacmini daraltarak yağın kalınlaşmasına, yağ kanallarının tıkanmasına, silindir ve yatakların çizilmesine neden olduğunu belirtmektedir.

Akkurt (1982), pislik, kum ve metal parçacıkları gibi yabancı maddelerin yağlayıcı maddelerin okside olmasını hızlandırdığını ifade etmiştir. Ayrıca, motor yakıtının tam olarak yanmaması halinde yabancı maddelerin oluştuğunu, bu gibi hallerde yağlarda temizleyici ve dağıtıcı özelliklerin önemini vurgulamıştır.

Schulz ve Evridge (1989), farklı motor üreticilerinin motorların belirli bölümlerinde farklı tipte metaller kullandıklarını ve bu durumun yağ analiz edildiğinde çıkan metallere göre motorun modeli ve seri numarası hakkında bilgi verdiğini belirtmektedirler. Kirlenmiş yağ analizlerinde, alüminyum, krom, bakır, demir, molibden, gümüş, kalay, nikel gibi elementlerin motor parçalarından kaynaklandığını, baryum, kalsiyum, magnezyum, fosfor, çinko gibi elementlerin yağ katıklarından kaynaklandığını, kurşun ve mangan gibi elementlerin yakıt katıklarından kaynaklandığını, sodyum elementinin su, toz, yakıt katıklarından kaynaklandığını, silisyum elementinin kum, toz, kir, yağ katıklarından kaynaklandığını ortaya koymuştur.

Goering (1989), yağlamanın, sürtünme azaltıcı ve yataklardaki ısıyı engelleyici görevine ek olarak motor içinde bir temizleyici gibi çalıştığını belirterek traktörler için hayati bir olay olduğunu vurgulamaktadır.

Küçükşahin (1990), motorlarda uzun süre kullanılan yağlama yağlarının renklerinin koyulaştığını ve yağların kirlendiğini, yağın renginin koyulaşmasının yağın yapısına giren kolloidal grafit veya karbon nedeniyle olduğunu belirtmektedir. Rengi koyulaşmış bir yağın filtreden geçirilmesi sırasında içindeki karbon parçacıklarının ayrılması çoğunlukla mümkün olmamaktadır. Grafitin yağlama özelliği nedeni ile kolloidal karbon yağlama devrelerinde yağ akımına engel olmadıkça zararlı olmadığı da vurgulanmaktadır.

Taşkıran (1991), deterjan tip katıkların başlıca Ca, Mg ve Ba içerdiğini, bunlardan Mg ağırlıklı deterjanların korozyonu daha etkili bir şekilde önlediğini, TBN ve kül özellikleri dikkate alındığında diğerlerinden daha üstün olduğunu ancak elde edilmiş prosedürünün çok pahalı olması sebebiyle birim fiyatının diğerlerine oranla daha yüksek olduğunu belirtmektedir.

Koşal (1991), araştırmasında, kullanılmış yağda metal analizlerini ICP tekniğiyle yapmış olup, numunelerinde kalsiyum, magnezyum, fosfor ve çinko miktarlarını birbirlerine çok yakın olduğunu bildirmektedir. Ayrıca bu metallerin katıklardan kaynaklandığını ve diğer metal oranlarındaki değişimin motor parçalarının aşınmasından meydana geldiğini belirtmektedir.

Diner (1991), sentetik yağlayıcıların mineral yağlara göre enerji tasarrufu sağladığını, ağır yüklerde daha hızlı çalışma sağladığını, geniş çalışma sıcaklığı aralığına (40-200 °C) sahip olduğunu, uzun ömürlü ve düşük bakım masraflarına sahip olduğunu bildirmektedir.

Lashkhi vd. (1992), yağlama yağlarının uygulamasının yapıldığı bütün dönemler sırasında çevrenin yağ ile bulaşmasının taşıma sırasında, tanklarda uzun süre depolama sırasında, makina ve mekanizmalar içinde kullanılırken, onarımlar sırasında meydana geldiğini bildirmektedirler. Yağların çevreye bulaşmasını; kimyasal bileşimi, çalışma sıcaklığı ve işlem biçimi gibi faktörlerin belirlediğini belirtmektedirler.

Hussain vd. (1992), vizkozite-sıcaklık ilişkilerini incelemiştir. Araştırmacı yağların vizkozitesinin sıcaklığa bağlı olarak değiştiğini ve bu değişimin yağın kaynağına, rafinasyon ve karıştırma işlemlerine, yağa eklenen katıklara bağlı olduğunu bildirmektedir. Vizkozitedeki değişimlerin yağdaki elementlerin taşınmasındaki kapasiteyi ve akış hızını etkilediği, vizkozitenin doğru olarak saptanması yağların performansının önceden doğru tahmin edilebilmesi için gerekli olduğu ve vizkozite değerlerinin yaygın olarak kullanılmasına rağmen ölçüm yapılan sıcaklık aralığının fazla geniş olmadığı da ifade edilmektedir.

Dong vd. (1992), motor yağlarında kullanılan alüminyum elementinin iyi bir aşınma önleyici olduğunu bildirmekte ve bu tezlerini 7 adet alkoxy-Al bileşiği ile yaptıkları denemelerde doğrulamaktadırlar.

Khorraamian vd. (1993), genellikle motor yataklarındaki aşınmanın, aşındırıcı partiküllerin mevcudiyeti ve korozyon asitlerin etkisinden meydana geldiğini bildirmektedir. Araştırmacı, etkili bir yağlayıcı ile metal yorulması ve yüzeylerin birbirine kaynamasının engellenebildiğini vurgulamaktadır. Ayrıca abrazyon aşınmanın motorlarda hava girişini filtreleyerek, korozyon aşınmanın ise yağa alkali deterjanlar eklenerek azaltılabileceğini belirtmektedirler.

Kemon vd. (1993), motor yağlarına temizleyici-dağıtıcı katık olarak kalsiyum sülfat ekleyerek yaptıkları araştırmada yağı spektrofotometrik olarak

analiz yapmışlardır. Analitik sonuçlarda, moleküler ağırlığın dağılımı, ortalama molekül ağırlığı, sülfanatların, hidrokarbonların oranı, diğer elementlerin miktarları saptanmıştır.

Stubington vd. (1994), 'nın yaptıkları araştırmada yüksek ısıda damıtılıp destile edilen ve ham yağın kalıntılarının arıtıldığı yağlama yağlarının üretimi üzerinde durulmuştur. Bu ürünlerin üretiminin her aşamasında analiz yapılarak elementler saptanmıştır.

Milton vd. (1995), 'nın yaptıkları araştırmada motor yağlarına ilave edilen molibdenyum dialkil dithiokarbamatın sürtünmeyi önemli ölçüde azalttığını ve bu nedenle bu tip yağların geliştirilmesi gerektiğini ifade etmektedirler.

Tomizawo vd. (1996), yaptıkları araştırmada traktörlerde kullanılan motor yağlarının sürtünme ve aşınmaya karşı dayanıklı olmaları için % 0.075-2 oranında molibdenli bileşikler, % 0.05-1.5 oranında yağlı asit esterleri, % 0.1-3 oranında çinkodifosfatlı bileşikler, %0.1-10 oranında kalsiyumfosfatlı bileşikler, % 0.5-1.5 oranında bor bileşikler kapsamaları gerektiğini saptamışlardır.

Mihara vd. (1996), yaptıkları araştırmada motordaki yağ-film basıncı ince bir Manganin sensör kullanılarak ölçülmüştür. Bu sensör, ölçüm prensibine göre çeşit ve sıcaklığa karşı yeterli duyarlılığa sahiptir. Araştırmacılar yağ tabakasının basıncının tam ve doğru ölçülebilmesi için sensörün nikel-krom-alüminyum alaşımından yapılması gerektiğini, böylece yağ çeşidinden meydana gelen hataların elimine edilebileceğini ifade etmektedirler. Bu çalışmada metal yüzeyin çeşidinin çalışma koşullarına göre değişebileceği vurgulanmaktadır.

Yugang (1996), yaptığı araştırmada motor kısımlarında kullanılan nikel-fosfor tabakalarının motor yağı kullanılarak ve kullanılmadan sıcaklığın etkisi altındaki aşınmasını incelemiştir. Yağlama yapılan tabakaların aşınması üzerine sıcaklığın önemli derecede etkisinin olduğu belirlenmiştir. Fosfor ve nikel bileşiklerinden oluşan tabakalar yüksek sıcaklık altında dayanıklılıkları da azaldığı için şekil değişikliği de göstermişlerdir. Araştırmanın yağ kullanılmayan kısmında ise kuru aşınmanın sıcaklık etkisi ile daha fazla olduğu saptanmıştır.

Cunningham (1996), iki zamanlı motorların değişik kısımlarındaki motor yağlarının dayanıklılığı üzerine yaptığı araştırmada, 3000 devir/dakika hızdaki ısınma periyodunda motorun silindiri içindeki yağın karterdeki yağa göre daha yüksek bir yakıt/yağ oranına sahip olduğunu saptamıştır. Bunun ötesinde yapılan kimyasal analizlerde karterdeki yağın motorun diğer kısımlarındaki yağa göre daha uzun dayanma süresine sahip olduğu da saptanmıştır.

Wang (1997), 'ın yaptığı araştırmada motor kısımları nikel ve kalay ağırlıklı olarak yapıldıktan sonra kullanılan yağlara karşı bu elementlerin yüksek ve düşük miktarları denenerek 2 tip aşınma testi uygulanmıştır. Deneme sonucunda düşük kalay içerikli bölgelerde aşınmaya dayanıklılık daha yüksek olarak saptanmıştır. Nikelli tabakalarda aşınma az olmuş, nikel-kalay alaşımlı tabaklarda ise yağın aşınmayı engelleyici etkisi daha belirgin olarak saptanmıştır. Araştırmacı motor kısımlarının aşınmaya dayanıklılığının tabakaların bileşimine, kalınlığına ve sağlamlığına bağlı olduğunu bildirmektedir.

Bednar, (1997), yaptıkları araştırmada bakır, gümüş, bakır-gümüş alaşımlı motor kısımlarında kullandıkları 2 tip yağa TEM analizleri uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan yağlar yüzeylerin aşınmasını geciktirmiştir. Araştırmacı yağların sürtünen yüzeyler arasında fiziksel bir bariyer oluşturduğunu, analizi yapılan yağlarda sürtünen yüzeylerin bileşimine bağlı olarak yüzey materyalleri saptanmıştır.

3. MOTOR YAĞLARI İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER

Genel olarak iki katı cismi birbirinden ayırmak ve sürtünme gücünü en aza indirerek parçaların kolay hareketini sağlamak amacı ile kullanılan maddelere "yağ", bu maddenin yaptığı işi ise, "yağlama" adı verilir (ANONYMOUS, 1991).

3.1. Motor yağlarının özellikleri

3.1.1. Viskozite ve viskozite indeksi

Viskozite; motor yağı tanımında en önemli özelliklerinden biri olup kısaca akmaya karşı direnç olarak tanımlanır. En yaygın kullanılan viskozite birimleri; mutlak (centipoise) ve kinematik (centistoke) viskozitedir. Viskozite yağın akış hızı ile yağlaması gereken kısımlara ulaşma kolaylığını kontrol eden kuvvettir.

Kinematik viskozite, mutlak viskozitenin özgül kütleye oranıdır. Mutlak viskozite ise birbiri üzerinde kayan sıvı tabakalarının hareketleri sırasında meydana gelen direnç olarak adlandırılır (KARACAN, 1984).

3.1.2. Oksidasyon mukavemeti

Motordaki yüksek sıcaklığın etkisi ile petrol esaslı yağlar okside olma eğilimindedirler. Okside olan yağlar kalınlaşırlar ve depozit oluşumuna, korozyona neden olan ürünler meydana getirirler. Yağların oksidasyon mukavemeti, rafinasyon metodlarına bağlı olduğu gibi özel katıklarla geliştirilebilme imkanına sahiptirler. Genel kural olarak çalışma sıcaklıkları arttıkça oksidasyon mukavemetinin yüksek olması gerekmektedir. (TAŞKIRAN, 1991)

3.1.3. Deterjan ve dispersan özelliği

Dışarıdan giren toz ve kül partikülleri ile yakıtın tam yanmamasından ileri gelen kurum ve motor yağının oksidasyon ürünleri, yağda çözünmeyen aşındırıcı ve tortu oluşturan maddeler meydana getirirler. Özellikle kurum ve karbon parçacıkları birleşerek büyük parçacıklar haline gelebilir ve metal yüzeylerin arasına girerek aşınmaya neden olabilirler. İşte deterjan-dispersan katıklar yağın bünyesinde erimeyen tüm yabancı partiküllerin tortu oluşmasına engel olur ve yağın içerisinde süspansiyon durumunda tutar. (TAŞKIRAN, 1991)

5. Motorlarda, kompresyon segmanlarına yardımcı görevi görmek.
6. Çalışan parçaların temizlenmesini sağlamak.

3.3. Katıklar

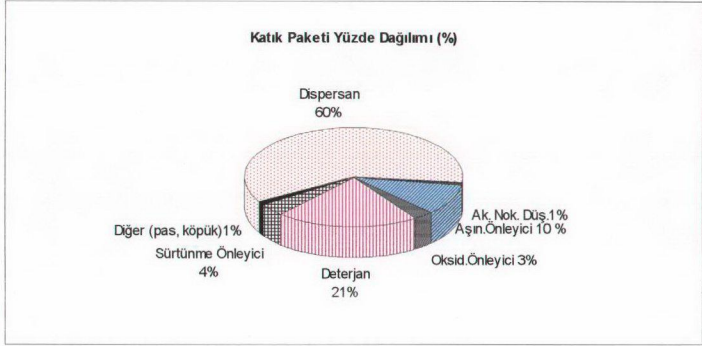
Benzinli ve diesel motorlarda kullanılan yağların ana fonksiyonu sürtünmeyi azaltmak suretiyle hareketi kolaylaştırmaktır. Bunun yanısıra motorda oluşan ısıyı gidermek, karbon depozitlerini yapısına almak ve yakıttan kaynaklanan asidik ürünleri nötralize ederek motoru korozyona karşı korumaktır.

Motor yağı olarak kullanılan madeni yağların üretiminde genellikle % 85-90 oranında parafinik esaslı baz yağ, %10-15 oranında ise katık maddeleri kullanılmaktadır. (TAŞKIRAN, 1991)

Motor yağlarında %10-15 oranında kullanılan ve yağa temizleyici, pas önleyici, renk verici, koruyucu, koyulaştırıcı, vizkozite indeksi geliştirici, aşınma önleyici, oksidasyona karşı koruyucu, köpük oluşumunu önleyici, akma noktası düşürücü gibi özellikler kazandırmak amacı ile ilavesi gereken maddeler Katık olarak tanımlanmaktadır (TAŞKIRAN , 1991).

Günümüzde yağlara üstün nitelikler kazandıran bir çok katık geliştirilmiştir. Söz konusu katıklar yağların sıcaklıkla bozulmasını, pas ve korozyonu minimum seviyede tutarak, okside olma ihtimallerini ve yağlanan kısımlarda zararlı depozitleri birikmesini azaltarak, sürtünmeyi kontrol ederek, metal-metal temasından oluşan aşınmayı ve sistemde meydana gelebilecek köpürmeyi önleyerek yağın özelliklerini geliştirir.

Genel olarak tipik bir motor yağı katık paketinin %60' ını dispersanlar, %21 'ini deterjanlar, %10 'unu aşınma önleyiciler, %4 'ünü sürtünme azaltıcılar, %3' ünü oksidasyon önleyiciler, %1' ini akma noktası düşürücüler diğer %1 'ini ise pas ve köpük önleyiciler oluşturmaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Katık paketi yüzde dağılımı (TAŞKIRAN, 1991).

Yağlara ilave edilen katıkların başlıcaları şunlardır:

Vizkozite indeks geliştiriciler:

Akma noktasını düşürücü katıklar:

Aşınma önleyici katıklar:

Köpük önleyici katıklar:

Oksidasyon önleyici katıklar:

Deterjan katıkları:

Dağıtıcı katıklar (dispersan katıklar):

Pas önleyici katıklar:

Yapışkanlık verici katıklar:

Aşırı basınç katıkları:

3.4. Yağların bozulma nedenleri

Yağlar ya kendi ihmal ve dikkatsizliğimizden, ya da yanma sonucu oluşan artıklar etkisi ile bozulur. Aşağıda verilen bozulma nedenlerinden ilk üç tanesi kendi dikkatsizliğimizden, diğerleri de normal çalışma sonucunda oluşur.

1. Hava filtresi kurumuş veya pislenmiştir. Hava içindeki tozlar içeriye rahatça girmektedir.

2. Yağ nakledilirken veya motora konurken pis kap kullanılırsa içine su, toz ve pislik girer.

3. Karter havalandırma süzgeci yağsız kalmıştır. Hava, beraberindeki tozları da sürükleyerek karterdeki yağı kirletir.

4. Silindir içindeki yanma tam değildir. Her yanma olayından sonra bir miktar karbon, karter yağına karışır. Yağ kirlenir, rengi koyulaşır ve kalınlaşır.

5. Sürtünen parçalardan kopan madeni tozlar yağı kirletir.

6. Yanma sonu artıklarından olan su buharı, kısmen yoğunlaşarak yağa karışır. Korozyona ve tortu oluşmasına neden olur.

7. Yanma sonu artıklarından olan asitler, yağı asit karakterli duruma sokar.

8. Paslanma sonucunda madeni parçalardan kopan pas zerrecikleri, yağa karışarak özelliğini bozar (BİLGİNPERK, 1978).

Bozulmuş yağın zararları:

1. Kurum parçaları; kanalları tıkar, silindir ve yatakları çizer.

2. Asitler; metal parçaları aşındırır.

3. Su; diğer pisliklerle birlikte karterde tortu teşkil ederek kartelin yağ hacmini azaltır, böylece içeriye daha az miktarda konulan yağın ömrü daha kısa olur ve daha çabuk kirlenir.

4. Yağın ince veya kalın oluşu; motor yağı dizel motorlarında olduğu gibi kurumlar sebebi ile kalınlaşabilir veya benzin motorlarında olduğu gibi benzin buharlarının yoğunlaşması nedeniyle ince olabilir. Yağın motora uygun olmayacak derecede kalın veya ince oluşu ise yağlama özelliğini bozacağından bu noktaya gereken önemin verilmesi zorunludur (ANONYMOUS, 1995).

3.5. Dünyada ve ülkemizde yıllara göre madeni yağ tüketimi

Türkiye' de yıllar itibarıyla madeni yağların tüketimi Çizelge 3.1' de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Türkiye' deki madeni yağ tüketimi (milyon ton) (ANONYMOUS, 1997)

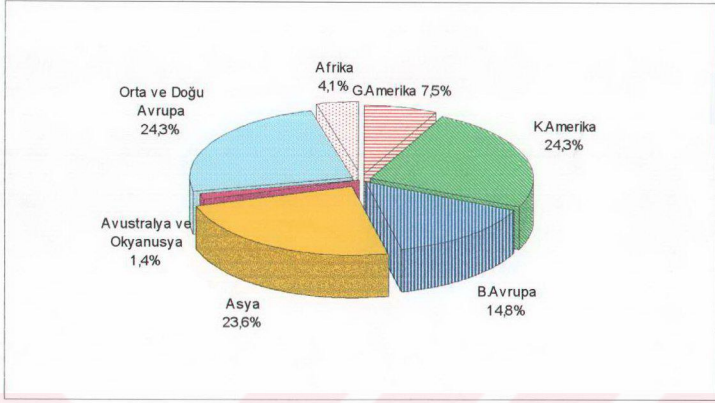
1965	1970	1975	1980	1985	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
80,400	125,680	177,284	181,905	218,080	292,014	308,636	326,043	351,309	296,573	338,805	345,787

Yağlar beraber üretildiği petrol ürünleri içerisinde küçük bir orana sahiptirler (% 1). 1991 yılında dünya çapındaki petrol tüketiminin % 1.2'si yağları temsil ediyordu. 1990 yılındaki dünya yağ talebi 39.7 milyon tondur ki bunun 38.5 milyon tonu tüm ülke ve bölgelerdeki iç piyasada tüketilmiş 1.2 milyon tonu da üretildiği yerde stok edilmiştir. 1990 yılı 1987 yılı ile karşılaştırıldığında 3 yıl boyunca dünya yağ talebi % 2.4 artmıştır. Bu hem yapısal hem de ekonomik sebeplerden kaynaklanmaktadır. Şekilden görüldüğü üzere ilk defa 1979 yılında rapor edilen miktarı geçmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Dünya yağ tüketiminin gelişimi (FUCHS vd. 1992).

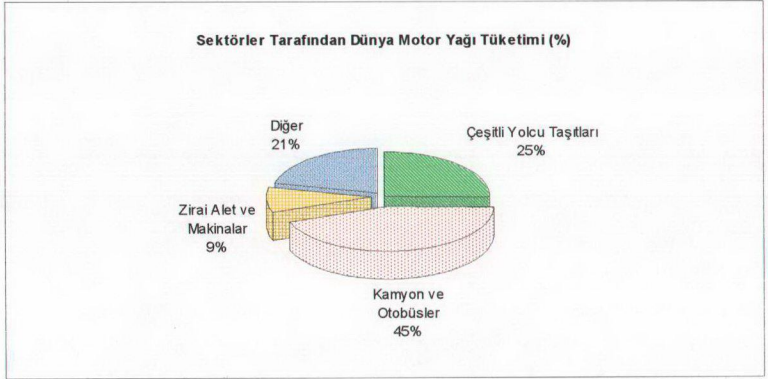
Dünya yağ tüketiminin bölgesel analizi göstermektedir ki merkez ve Doğu Avrupa özellikle de Sovyetler Birliği önemini kaybetmiştir. 1990 yılında tüm bu bölgelerde 38.5 milyon tonluk yağ tüketimi sadece %24.3' ü bu bölgelerde kullanılmıştır. Bu miktar 1987 yılında %28.6 idi (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. 1990 yılı dünya yağ tüketiminin bölgesel gösterimi (FUCHS vd. 1992).

Dünya otomotiv yağ tüketiminin % 85.2 'si motor yağıdır. Kalan % 14.8 'sini otomotiv dişli yağları, otomatik transmisyon akışkanları ve otomotiv gresleri oluşturmaktadır.

Dünya çapındaki motor yağ talebinin büyük kısmını ticari kullanıcılar oluşturur. Hemen hemen motor yağ tüketiminin dörtte üçlük kısmını kamyonlar, otobüsler, zirai alet ve makinaları tarafından kullanılır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Sektörler tarafından dünya motor yağı tüketimi (FUCHS vd. 1992).

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Materyal

4.1.1. Denemelerin düzenlendiği yer

Bu araştırma 1995-1997 yılları arasında Trakya bölgesinde tarımda kullanılan traktörler üzerinde tarla koşullarında yapılmıştır. Denemede materyali olarak seçilen traktörler üzerinde, çiftçilerin yaygın olarak tercih ettiği Super V 20W/50 ve Terrak 15W/40 yağları 200 saat süreyle kullanılmış olup 40°C ve 100°C 'de kinematik viskozite, viskozite indeksi, özgül kütle testi, toplam baz numarası (TBN), parlama noktası (Flash Point) ve element analizleri gibi laboratuvar testleri British Petrol Anonim Şirketi 'ne ait Gemlik/BURSA Laboratuvarlarında yapılmıştır.

4.1.2. Denemede kullanılan yağlar

Traktörlerde yaygın olarak kullanılan BP SUPER V 20W/50 ve BP TERRAK 15W/40 yağları denenmiş olup bu yağların özellikleri Çizelge 4.1' de verilmiştir (ANONYMOUS, 1997).

Çizelge 4.1. Denemede kullanılan yağlar ve özellikleri (ANONYMOUS, 1997)

YAĞLAR	SUPER V 20W/50	TERRAK 15W/40
Özgül kütle (15°C)	0.893	0.887
Parlama Noktası (°C)	242	214
Kinematik Viskozite 100°C (cSt)	20.76	14.37
Kinematik Viskozite 40°C (cSt)	187.77	103.37
Toplam Baz Numarası (mg KOH/g)	9	11
Viskozite indeksi (VI)	140	150
Ca (ppm) (Eski formülasyon)	990-1210	1587-1813
Ca (ppm) (Yeni formülasyon)	2900-3490	
Mg (ppm) (Eski formülasyon)	614-755	863-1013
Mg (ppm) (Yeni formülasyon)	Yoktur	-
Zn (ppm) (Eski formülasyon)	991-1215	1038-1175
Zn (ppm) (Yeni formülasyon)	660-852	-
P (ppm) (Eski formülasyon)	-	900-1025
P (ppm) (Yeni formülasyon)	598-736	

4.1.3. Denemede kullanılan traktörler ve teknik özellikleri

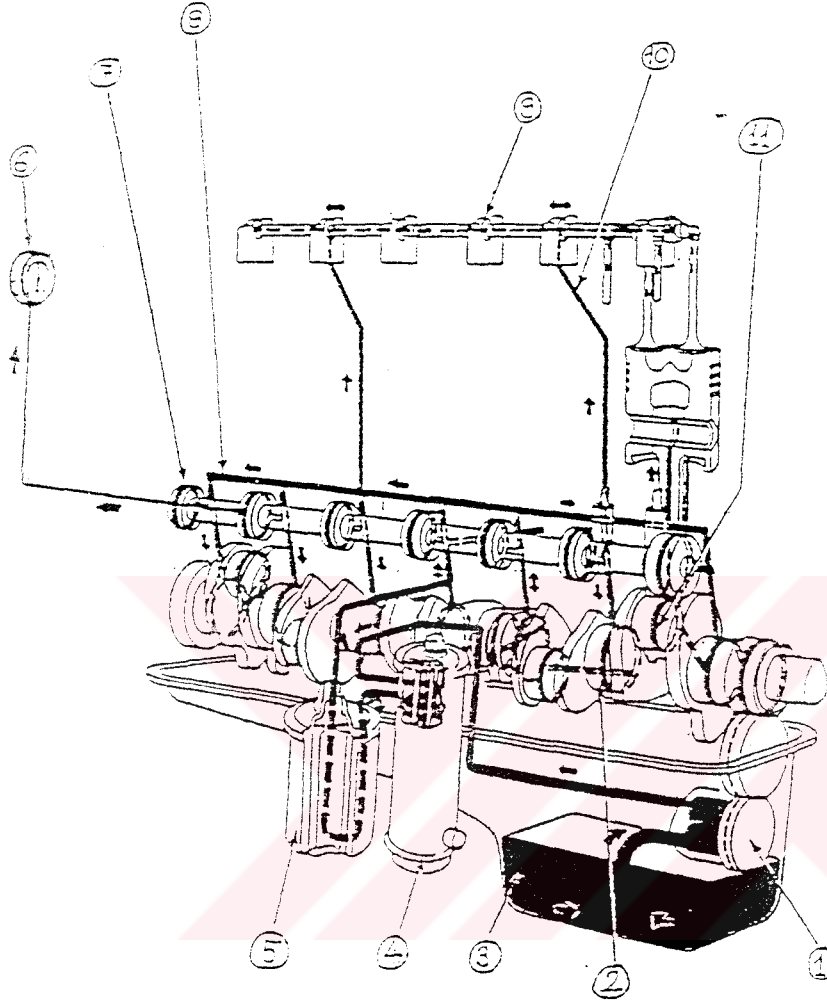
Denemede çalışmanın geniş bir kitleyi tanımlaması için Trakya Yöresindeki çiftçilerin yoğun olarak kullandığı MF-285 ve FIAT 60-56 marka traktörler kullanılmıştır. Bu iki traktör modeline ait 5 'er tane traktöre önce Super V 20W/50 yağı konularak 200 saat çalıştırıldıktan sonra aynı işlem Terrak 15W/40 yağı için tekrarlanmıştır. Adı geçen iki tip traktör ile motor özellikleri Çizelge 4.2 'de verilmiştir

Çizelge 4.2. Traktör tipleri ve motor özellikleri

TRAKTÖRLER	FIAT 60-56	MF-285
Motor gücü (kw)	44.1	56
Silindir sayısı (adet)	3	4
Silindir çapı (mm)	104	100.95
Strok (mm)	115	127.0
Silindir hacmi (cc)	2931	4060
En yüksek güçte motor devri (d/d)	2500	2200
Soğutma şekli	Su soğutmalı	Su soğutmalı
Hava filtresi tipi	Yağ banyolu	Yağ banyolu
Motor yağ kapasitesi (lt)	8	8
Motor yağlama tipi	Basınçlı tip	Basınçlı tip
Motor yağı değişim süresi (saat)	200	250
Motor yağ basıncı (kg/cm ²)	2.5-4.5	2.8-4.0
Motor yağ filtresi tipi	Kağıt elemanlı	Kağıt elemanlı

4.1.4. Denemede kullanılan traktörlerin yağlama tipleri

Denemede kullanılan traktörler basınçlı tip yağlama sistemine sahip olup, yağ pompası tarafından karterden emilen yağ, filtre edildikten sonra, silindir blokundaki ana yağ kanalına gönderilir. Buradan, yardımcı kanallar vasıtası ile motorun ana ve biyel yataklarına, kam mili yataklarına oradan da subap mekanizmasına gönderilir. Araştırmada kullanılan iki traktöre ait aynı tipteki yağlama donanımı Şekil 4.1. 'te verilmiştir.



- | | |
|----------------------|--------------------------|
| 1. Yağ pompası | 7. Kam mili muylusu |
| 2. Ana yatak muylusu | 8. Ana yağ kanalı |
| 3. Yağ krateri | 9. Subap mekanizması |
| 4. Yağ soğutucusu | 10. Yardımcı yağ kanaalı |
| 5. Yağ filtresi | 11. Biyel muylusu |
| 6. Yağ basınç ölçer | |

Şekil 4.1. Denemede kullanılan traktörlere ait yağlama sistemi şeması (SCHULZ ve EVRIDGE, 1989).

4.1.5. Denemelerde kullanılan ölçüm cihazları

Kullanılmış yağ örneklerinin 40°C ve 100°C 'deki kinematik viskozitelerini ölçmek için GALLEN KAMP model Vizkozite Banyosu kullanılmıştır. Belirtilen cihazın 100°C 'deki banyosunda monoetilen, 40°C 'deki banyosunda ise su kullanılmıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Yağ örneklerinin 40°C ve 100°C 'deki kinematik vizkozitelerini ölçmek için kullanılan vizkozite banyoları

Kullanılmış yağ örneklerinin 40°C ve 100°C 'deki kinematik viskozitelerini ölçmek için kullanılan viskozite tüpleri ve sabit sayıları Çizelge 4.3' de verilmiştir. Adı geçen vizkozite tüpleri Şekil 4.3 ' de gösterilmektedir.

Çizelge 4.3. 40°C ve 100°C 'de kinematik vizkozite ölçmek için kullanılan vizkozite tüpleri ve sabit sayıları (KEMİK, 1995).

VİZKOZİTE TÜPLERİNİN SABİT SAYILARI														
1A	6-20 cSt		2	20-60 cSt		2A	60-200 cSt		3	200-600 cSt		3A	600-2000 cSt	
1A	430	0.0344	2	237	0.1163	2A	1493	0.3216	3	503	1.1110	3A	328	3.462
1A	456	0.0360	2	1801	0.1103	2A	3360	0.2958	3	1737	1.1086	3A	1004	3.651
1A	1037	0.0363	2	4327	0.1138	2A	3864	0.3455	3	1801	1.0330	3A	2013	2.877
1A	1136	0.0337	2	4344	0.1153	2A	4908	0.3489	3	2535	1.1070	3A	5385	3.771
1A	1141	0.0344	2	5146	0.1208	2A	1579	0.3252	3	3370	1.0300	3A	7031	3.532
			2	6477	0.1059	2A	1828	0.3206	3	3393	1.0880			
			2	6654	0.1177				3	3725	1.0980			
			2	6656	0.1107				3	9005	1.1210			
			2	8032	0.1058				3	9367	1.1210			
			2	5152	0.1180				3	784	1.0615			
4	6555	0.1020							3	3371	1.125			
6	7449	0.9255												



Şekil 4.3. 40°C ve 100°C 'de kinematik viskozite ölçmek için kullanılan viskozite tüpleri.

Kullanılmış yağların parlama noktasını (Flash Point) tesbit etmek için PENSKY- MARTENS model Flash point tester kullanılmıştır (Şekil 4.4).



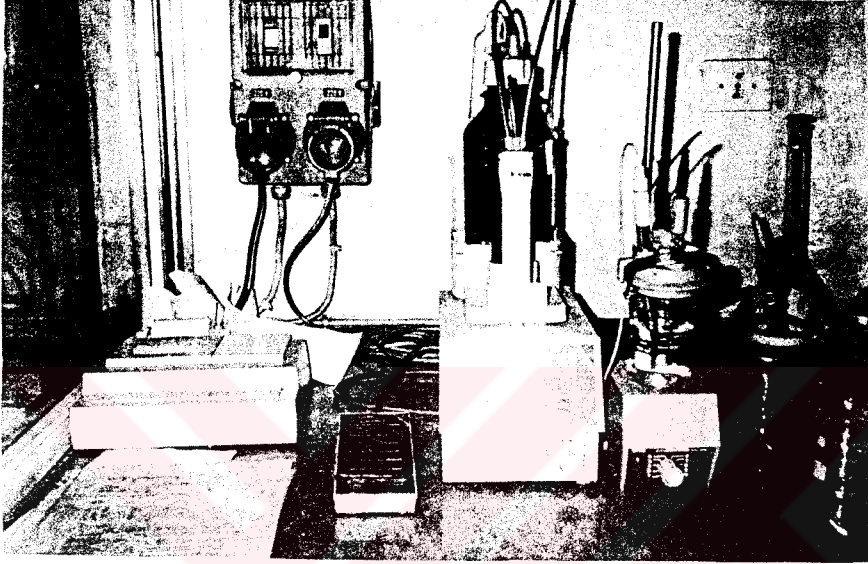
Şekil 4.4. PENSKY- MARTENS model Flash point tester.

Kullanılmış yağların özgül kütle testinde DMA 48 model özgül kütle ölçer kullanılmıştır (Şekil 4.5).



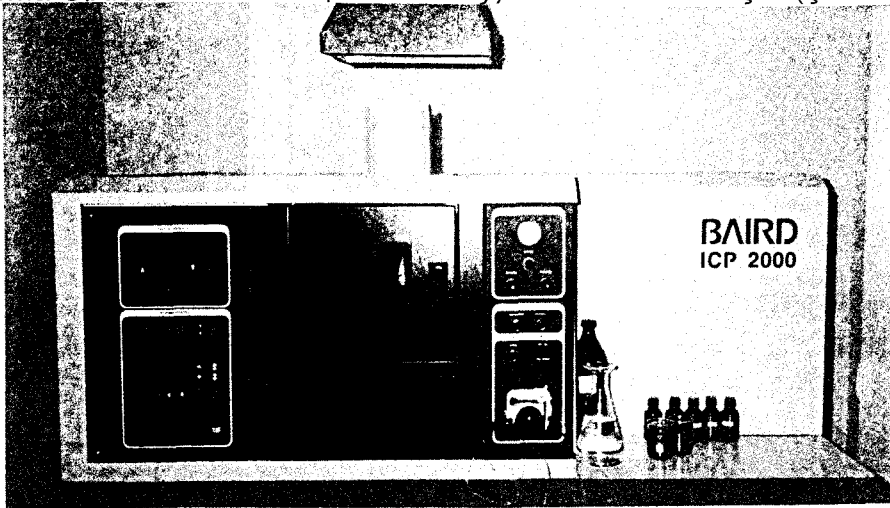
Şekil 4.5. Kullanılmış yağların özgül kütle testinde kullanılan ölçüm cihazı

Kullanılmış yağların toplam baz numarası (Total Base Number TBN) tayininde 716 DMS Titrino model cihaz kullanılmıştır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Toplam baz numarası tesbit cihazı.

Denemede, kullanılmış yağların katık elementlerinin, ağır metallerin ve kirlenici elementlerin tayini için BAIRD ICP 2000 model, ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry) cihazı kullanılmıştır (Şekil 4.7).

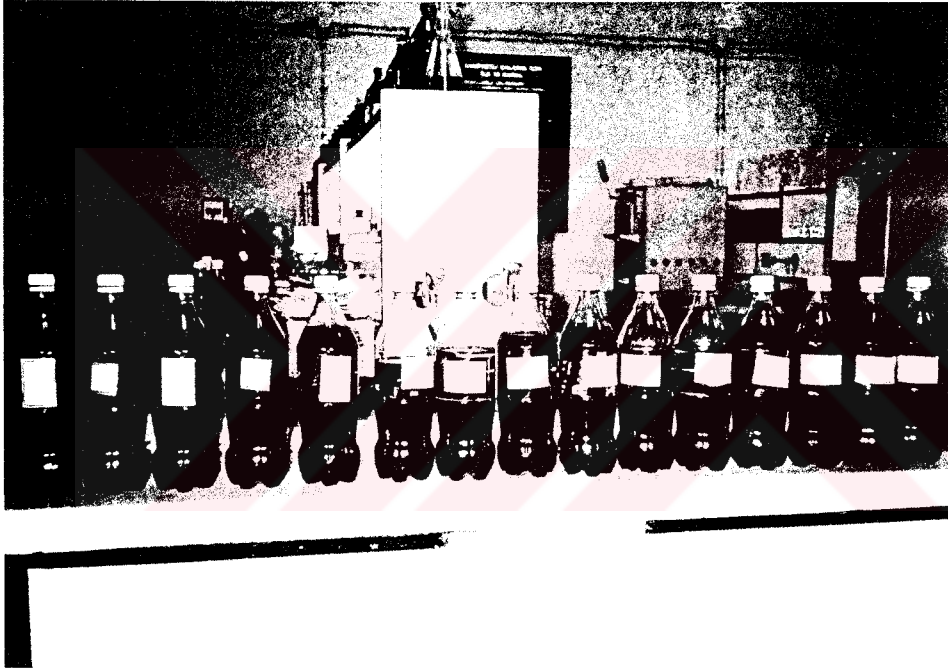


Şekil 4.7. Kullanılmış yağların analizinde kullanılan ICP cihazı.

4.2. Yöntem

4.2.1. Örneklerin alınması

Denemede yağ değişim saati gelen traktör düz bir zemin üzerine alınarak motor normal çalışma sıcaklığına gelinceye kadar boşta, yüksüz olarak 10 dakika çalıştırıldıktan sonra stop edilmiştir. Daha sonra karter yağ değişim tapası açılarak motor yağı temiz bir kaba boşaltılmıştır. Kap içerisindeki kullanılmış yağ karıştırılarak içerisinde bir litre örnek alınmıştır. Örneklerin etiketlenmesi ve laboratuvar da teste hazırlanması Şekil 4.8' de verilmiştir. (ANONYMOUS, 1987).



Şekil 4.8. Traktörlerden alınan kullanılmış yağ örnekleri

Motor yağı iyice boşaltıldıktan sonra karter tapası kapatılarak deneme konusu yağlar yağ çubuğu normal seviyesine kadar doldurulmuştur. Bu esnada denemede adı geçen tüm traktörlere temiz yağ konmadan önce, motor yağ filtresi değiştirilip, motorların hava filtreleri temizlenmiştir.

Traktörlerin 200 saatlik çalışma periyodu boyunca motorlara yağ ilavesi yapılmamış ve yağa herhangi bir katık katılmamıştır (ANONYMOUS, 1996).

4.2.2. Laboratuvar denemelerinde uygulanan yöntemler

Laboratuvar denemelerinde yağların vizkozite indekslerinin, kinematik vizkozitelerinin, parlama noktalarının, özgül kütlelerinin, toplam baz numaralarının ve element konsantrasyonlarının belirlenmesi için farklı yöntemler kullanılmıştır.

4.2.2.1. Yağların vizkozite indekslerinin belirlenmesi

Vizkozite indeksi, sıcaklık değişimlerinde vizkozitedeki değişimi ifade etmektedir (KADAYIFÇILAR, 1966). Vizkozite indeksi, vizkozite indeksi tablolarında 40°C ve 100°C 'ye ait kinematik vizkozite değerlerinin karşılaştırılması sonucu elde edilmiştir (WRIGHT, 1975).

4.2.2.2. Yağların kinematik vizkozitelerinin belirlenmesi

Kinematik viskozite; ölçülen akış zamanı ile viskometrenin kalibrasyon sabitinin çarpımı olup, birimi sentistok'tur (cSt) (KADAYIFÇILAR, 1966).

Kullanılmış yağ örneklerinin 40°C ve 100°C 'deki kinematik viskozitelerini ölçmek için, IP 71 ASTM 445 yöntemi uygulanmıştır.

Bu metod şu şekilde açıklanabilir;

Sabit hacimdeki bir sıvının, kalibre edilmiş bir viskometre tüpünün kapiler borusundan, sabit bir sıcaklıkta, kendi ağırlığıyla akması için gerekli zaman saniye cinsinden ölçülmektedir.

Kinematik viskozitesi ölçülmek istenilen sıvıya uygun vizkometre aşağıdaki çizelgeden yararlanarak bulunmuştur (Çizelge 4.4).

Denemelerde vizkometre kuru ve temiz tutulmuştur. Viskometre tutucusunun üst kısmındaki üç boru ağzından en büyük olanından sıvıyı viskometreye alt taraftaki silindirik şeklindeki kısmın üst hizasına kadar doldurulmuştur. Su trompu yardımıyla, borulardan birinin ağzı kapatılarak, sıvı, altında ve üstünde çizgi bulunan yuvarlak kısmın üzerindeki bombeli kısma kadar çekilir ve serbest akışa bırakılmıştır. Viskometre içindeki sıvı, bulunduğu banyo ile aynı sıcaklıkta tutulmuştur.

Bu amaç için viskometre yaklaşık 10 dakika bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda sıvı, yukarıda anlatıldığı gibi vizkometrenin üst kısmına çekilmiş ve serbest akışı sağlanmıştır. Akış esnasında sıvının üst hizası yuvarlak kısmın üzerindeki çizgi ile çakıştığı an kronometreye basılmış ve alttaki çizgi ile çakıştığı an kronometre durdurulmuştur.

Çizelge 4.4. Kinematik vizkozite ölçmede kullanılan tüplerin özellikleri (KEMİK, 1995).

Numara	Viskometre sabiti	Kapiler çapı (mm)	min. akış süresi (sn)	min. viskozite (cSt)
1	0.01	0.64 ± 0.02	350	3.5
1A	0.03	0.84 ± 0.02	200	6.0
2	0.1	1.15 ± 0.03	200	20
2A	0.3	1.51 ± 0.03	200	60
3	1	2.06 ± 0.04	200	200
3A	3	2.74 ± 0.04	200	600

Akış süresinin 200 saniyenin altında olmamasına dikkat edilmiştir. Akış süresi Çizelge 4.3' teki seçilen vizkometreye ait sabit sayı ile çarpılarak sıvının vizkozitesi cSt cinsinden bulunmuştur. (KEMİK, 1995).

4.2.2.3. Yağların parlama noktalarının belirlenmesi

Parlama noktası, test alevinin örnek üzerindeki buharın alev almasına sebep olduğu en düşük sıcaklıktır (KADAYIFÇILAR, 1966).

Kullanılmış yağların parlama noktasını (Flash Point) tesbit etmek için IP 34 ASTM 93 yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntemde örnek yavaş ve sabit bir hızla devamlı karıştırılarak ısıtılmıştır. Belirli aralıklarla karıştırma ani olarak durdurulup örnek küçük bir kâbın içinde tutulmuştur.

Denemelerde teste başlamadan önce test kabı ve diğer parçaları temizlenmiş ve kurutulmuştur. Test kabının parlama noktasını tayin edeceğimiz örnek ile işaretlenmiş yere kadar doldurulmuştur. Kapağı kapatılıp cihaza yerleştirildikten sonra termometre test kabındaki yerine konulmuştur.

Test alevi yakın ve çapı 4mm olacak şekilde ayarlanmıştır. Örnek ısıtılmaya başlatılıp, sıcaklık dakikada 5-6°C artacak şekilde ayarlanmıştır. Karıştırma hızı dakikada 90-120 devire ayarlanmıştır.

Eğer örneğin parlama noktası 110°C veya daha düşük ise örnek sıcaklığı bilinen parlama noktasından 17-28°C daha az iken test alevi uygulanır ve 1°C' nin katlarında uygulamaya devam edilir (KEMİK, 1995).

Test alevini uygularken kapak üzerindeki mekanizma harekete geçirilerek,, böylece alev test kabının içine 0,5 s' de inmesi, 1 s aşağı pozisyonda tutulması sonra hemen yukarı çıkartılması sağlanmıştır. Test alevi uygulanırken örnekler karıştırılmamıştır.

Eğer örnek parlama noktası 110°C' nin üzerinde ise örnek sıcaklığı bilinen parlama noktasından 18-28°C daha düşük olduğu zaman test alevi 2°C' nin katlarında uygulanmıştır.

Parlama noktası olarak test alevinin, kabın iç kısmında belirgin bir parlamaya sebep olduğu andaki termometrede okunan rakam alınmıştır. Çoğu zaman esas parlama noktasından önce olan test alevini mavimsi bir hale ile çevreleyen anı gerçek parlama noktası ile karıştırılmaması gereği sağlanmıştır.

4.2.2.4. Yağların özgül kütlelerinin belirlenmesi

Kullanılmış yağların özgül kütle testinde IP 365 ASTM 4052 yöntemi uygulanmıştır.

Bu yöntemde; önce cihaz sonra printer açılmıştır. Printerin test sonucunu yazması için POWER ve SEL ışıklarının yanıyor olması sağlanmıştır. Cihaz ile ölçüm yapabilmek için panelde bulunan sıcaklık göstergesinin 15°C olması ve sağ

üst kısmında bulunan ışığın sönmüş durumunda olması kontrol edilmiştir. Eğer daha önce yapılan ölçümde U tüpü iyice temizlenip kurutulmuşsa ekranda 0,0012 rakamının görünmesi izlenmiştir.

Özgül kütlesi ölçülecek sıvı fazla hava kabarcığı meydana getirmeden yavaş bir şekilde temiz bir şırınganın içine alınmıştır. Şırınganın ucu örnek giriş ucuna iyice yaklaştırılmıştır. Light şalterini açıp, yanan ışık altında hava kabarcığı meydana getirmeden örnek yavaş yavaş boşaltılmıştır. U tüpü tamamen dolunca örnek verme işlemi bırakılmıştır. Ancak şırınga yerinden çıkartılmamıştır. Işık söndürülerek, sağ üst kısımdaki ışık yanıp sönmeye ve cihaz otomatik olarak ölçüm yapmaya başlamıştır.

Bir süre sonra printer özgül kütle kaydettiğinde, aynı rakam ekranda görülüp ve ışığın yanıp sönmesi durdurulmuştur. Böylece ölçüm tamamlanmış olur. Şırınganın içindeki sıvı U tüpüne boşaltılıp, boşalmış olan şırınga çıkartılıp içine hava alınarak, havanın U tüpünün içine basılması ve hava basma işinin bir kaç kez tekrar edilmesi sağlanmıştır.

4.2.2.5. Yağların toplam baz numaralarının (TBN) belirlenmesi

Toplam baz numarası, organik asitleri nötürleştirmek için gereken potasyum hidroksit miktarının değeridir (KADAYIFÇILAR, 1966).

Denemelerde yağların TBN' sının belirlenmesi 716 DMS Titrino cihazı ile yapılmıştır. Cihaz ve printer çalıştırılmıştır. Referans elektrod üst delikleri açılıp cihaz üzerindeki yerine yerleştirilmiştir. Yağın cinsine göre 100 mL' lik beher içine belirli miktarda yağ numunesi tartılıp, 60 mL titrasyon çözeltisi ilave edilip, içine mıknaş atılmıştır. Bütün elektrodlar titrasyon çözeltisi ile yıkanıp ve kurulandıktan sonra örnek beheri karıştırıcının üzerine konarak karıştırıcı çalıştırılmıştır.

Elektrodlar örnek beherinin içine dikkatlice yerleştirilmiştir. Havalandırma çalışıyorsa kapatılıp ve Start düğmesine basılmıştır. Örnek tartımını cihaza vermek için Smpl data tuşuna birkaç kez basılarak Smpl size' ı ekrana getirilip, örnek gramı yazılıp enter tuşuna basılmıştır. Quit ile çıkılmıştır. Test sonucunu print edebilmek için printerin sel ve power ışıklarının yanıyor olması gerekmektedir.

Test bitince sonuçlar printerden alınmıştır. Karıştırıcı kapatılıp, elektrodları önce titrasyon çözeltisi ile sonra saf su ile yıkanıp, cihaz ve printer kapatılıp, referans elektrodunun delikleride kapatılıp ve LiCl içinde muhafaza edilmiştir. Diğer elektrodlar saf su içinde bırakılmıştır.

Kullanılan çözeltiler

-Titrasyon Çözeltisi bir hacim asetik asit iki hacim Cholorobenzene' e ilave edilmiştir.

-Perchloric Asid (0,1 N) :8.5 mL. % 70-72 perchloric asit (70-72 HC 104) 500 mL. glacial asetik asit ve 30 mL. asetik anhydride ile karıştırılır. Glacial asetik asit ile 1 litreye tamamlanır. Çözelti 24 saat dinlendirilir.

4.2.2.6. Yağların element konsantrasyonlarının belirlenmesi

Denemede, kullanılmış yağların katık elementlerinin, ağır metallerin ve kirlletici elementlerin tayini için ASTM D 5185-91 'in (American Society for Testing and Materials) değiştirilmiş şekli olan 202/ICPOES1 test yöntemi uygulanmıştır.

Viskoz numuneler seyreltilmeden önce 60-65 C deki etüvde 20 dakika tutulmuştur. Eser miktarda su ihtiva eden örnekler 100 C deki etüvde en az 2 saat kurutulmuştur. 1 gram yağ örneği 20 mL. örnek seyreltme çözeltisi ile seyreltilmiştir (KEMİK, 1995).

Denemelerde stok çözelti, 8.333 gr Kobalt naftanat ve 3 gr Conostan Stabilizer ODK 24 ile çözülür ve 500 mL' ye tamamlanıp, böylece 1000 ppm'lik kobalt stok çözeltisi hazırlanmıştır.

Örnek seyreltme çözeltisi, 20 mL kobalt stok çözeltisi pipet ile 2 litrelik balon jöjeye alınmıştır. 1000 mL ksilen ilave edilip, ODK 24 ile üzeri tamamlanmıştır.

Standart çözelti, kobalt içeren şahit 1 gr sıvı parafin 20 mL örnek seyreltme çözeltisi ile karıştırılmıştır.

High wear master blend: Conostan standartları aşağıdaki miktarlarda kullanılarak hazırlanmıştır (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Conostan standartları (KEMİK, 1995).

Conostan Std.	Karışımındaki ppm	Gereken ağırlık (gr)
B (5000)	1000	40.000 $\pm$ 0.005
S-12 (900)	500	111.110 $\pm$ 0.005
K (5000)	500	20.000 $\pm$ 0.005
Mn (5000)	200	8.000 $\pm$ 0.005
Mo (5000)	200	8.000 $\pm$ 0.005
Ba (5000)	200	8.000 $\pm$ 0.005
Stabilizer	-	1.222 $\pm$ 0.005

High Wear Standart, 1 gr High Wear Master Blend 20 mL örnek seyreltme çözeltisi ile karıştırılmıştır.

Check Wear Standart, 1 gr High Wear Master Blend ve 1 gr sıvı parafin 40 mL örnek seyreltme çözeltisi ile karıştırılmıştır.

High Wear Additive Master Blend, Hazırlanmış olarak alınıp, %1 P, Ca, Zn ve %0.3 Mg ihtiva etmektedir.

Denemelerde katık standartları; A10, A20, A40, A60, A80 standartlarını hazırlamak için High Additive Master Blend 'den sırasıyla 0.2, 0.4, 0.8, 1.2, 1.6 gr alınır, sıvı parafin ile 2 gr'a tamamlanmıştır. 40 mL örnek seyreltme çözeltisi ile karıştırılmıştır.

QA Standartları ise yeniden yapılan kalibrasyonu izlemek ve ölçümler sırasında ara kontrol yapmak için kullanılmıştır.

Örnek ölçümü, de aynı prensiplerle hazırlanmıştır. 1 gr yağ tartılıp, 20 mL örnek seyreltme çözeltisi ile karıştırılmıştır. QA standardı örnek ölçümlerinin başlangıcında ve bitiminde kontrol amacıyla test edilmiştir. Her numunedeki her element için 3 ölçüm yapılmıştır. Co için RSD %2 'den fazla ise ölçümler tekrar edilmiştir. Diğer bütün elementler için RSD değerleri %3'ten az olmamasına özen gösterilmiştir.

Kalibrasyon yenileme işlemi için;

- Şahit, High Wear, High Add, kalibrasyon yenileme işleminden sonra kontrol amacıyla örnek olarak, Check Wear A40 hemen cihaza verilmiştir. Her 7 örnekte bir ve çalışma bitiminde mutlaka şahit verilmiştir.

En yüksek standartın % 20 'sinden daha fazla konsantrasyondaki elemente sahip her örnek mutlaka seyreltilmiştir. Farklı konsantrasyondaki örnekler peşpeşe cihaza verilirken 2 örnek arasında 120 s şahit verilmiştir. Daha sonra ölçümden önce 90 s örnek verilmiştir. Yağ örnekleri cihaza verilmeden önce iyice karıştırılmıştır.

Cihazın açılması ve çalışmaya başlanması; MC 20 mikrokompüter kontrol panelindeki HV şalteri kapatılmıştır. Cihazın önce arka kısmındaki şalter açılmıştır. Birkaç dakika sonra cihazın ön orta kısmındaki giriş valfi açılmıştır.. Siyah valf tutacağını ortasındaki beyaz çizgi dik duruma gelinceye kadar çevrilmiştir. Vakum göstergesi 40 mtor veya daha az olduğunda HV şalteri açılır ve HV Reset düğmesine basılmıştır. Bilgisayar ve printer açık tutulmuştur.

Örnek verme sisteminin ayarlanması;

Şeffaf örnek hortumlarında yapışma, bozulma, kırılma olmadığından emin olmak için kontrol edilmiştir. Dönen kısmın üzerindeki beyaz plastik kısımları girintilerine yerleştirilmiştir. Pompanın düğmesi ON'a getirilerek peristaltic pompa çalıştırılmıştır. Örnek veren hortumun ucunu şahit çözeltinin (%50 Ksilen, %50 ODK 24 karışımı) içine sokulduktan sonra, hortumun içinde çözeltinin ilk hareketini görünceye kadar beyaz mandalı sola, yukarı kaldırarak hortum sıkıştırılmıştır. İlk hareketi görünce beyaz mandalı bir veya iki defa daha sola çekilmiştir. Örneklerin dönüşünü sağlayan hortumu sıkıştıran beyaz mandal da ilk mandal ile aynı konuma getirilmiştir.

Plasmanın yakılması; için Plasma Kontrol panelinin sağ alt köşesindeki beyaz düğmeye basılmıştır. Argon gazı ana kaynağından açılmıştır. GAS & H2O ve CARRIER düğmelerine basılıp, her ikisinin de ışıklarının yanması sağlanmıştır. Spray chamfar'e bakıldığında örneklerin aerosol haline gelmesi ve sistemin flush edilmesi için birkaç dakika beklenmiştir. Aspiratör çalıştırılmıştır.

Örnek pompası OFF 'a getirilerek durdurulmuştur. CARRIER düğmesine basılarak kapatılıp, ışığın sönmesi sağlanmıştır. Gaz kontrol panelindeki yuvarlak

gösterge 10 'un altına düşünceye kadar beklenmiştir. Kırmızı renkli RF tuşuna basılır, kırmızı ışık yanar. Hemen IGNITE düğmesine basılıp, örnek pompası çalıştırılır. 1-2 dakika beklenir, yakma işlemi tekrarlanır. Plasma yanar yanmaz CARRIER tuşuna basılır ve numune pompası çalıştırılır. 30-60 dakika sonra cihaz ile numuneler test edilmiştir.

Numunelerin ve standart çözeltilerin test edilmesi;

ICP ile test edilen elementler 3 grupta toplanmaktadır (KEMİK, 1995):

Katık elementleri; Bunlar katıklarda ve yağlarda bulunan elementler olup 4 tanedir; Ca, Zn, Mg ve P ' dur.

Ağır metaller; Bunlar normal şartlarda yağ ve katıklarda bulunmazlar, çeşitli nedenlerle dışarıdan girmiş olabilirler. Katık elementleri, kükürt ve vandanyum dışındaki tüm elementler bu sınıfa dahildir.

Kükürt ve vandanyum,

ICP ile çalışırken her grubun kendine has standart ile kalibre edilmesi gerekmektedir.

Yukarıdaki gruplar için kullanılması gereken standart ve kontrol örnekleri

Standardize etmek için Hiadd. Kontrol etmek için örnek olarak; A-40 veya benzeri ve QA örnekleridir.

Standardize etmek için HiWear. Kontrol etmek için örnek olarak Checkwear' dir.

Standardize etmek için yüksek konsantrasyonda S ve Va ihtiva eden fuel oil örneği. Kontrol etmek için daha düşük konsantrasyonda yine fuel oil örneği sayılır.

Denemede Plasma yakıldıktan itibaren 30-60 dakika geçmişse ve örnek ve standartlar hazırlandı ise teste başlanabilir. Bilgisayar açıldığında BAIRD yazısı görölünce, enter tuşuna basılmaktadır. Ekrana Main Menu gelince 1. seçenek olan Run spectrometer üzerine gelip enter tuşuna basılmaktadır. Cihazın sol üst köşesindeki Optical Monitor Panelindeki HG LAMP ON/OFF düğmesine basılıp ve civa lambasının ısınması için 3 dakika beklenmektedir.

Center polychromator üzerine gelip enter tuşuna basılmıştır. Cihaz optik ayarlama işini otomatik olarak yapar ve ekranda bir grafik gözükmektedir. Eğer

grafik düzgün ise, O'dan geçen doğru grafiği tam iki eşit parçaya ayırıyorsa herhangi bir tuşa basarak menüye dönülmektedir. Eğer grafik düzgün değilse aynı işlem tekrarlanmaktadır.

Test edilecek örneğe göre işlem sırası şöyle olmalıdır (Çizelge 4.6):

Çizelge 4.6. ICP ile test edilen elementlerin işlem sırası

Katik elementleri	Ağır metaller	İkisi birden
1. Şahit	1. Şahit	1. Şahit
2. Stand. High add.	2. Stand. High Wear	2. Stand. High Wear
3. Numune Co şahit	3. Numune Co şahit	3. Stand. High add
4. Numune A-40	4-Numune Check Wear	4. Numune Co şahit
5. Test numuneleri	5. Test numuneleri	5. Numune Check Wear
		6. Numune A-40
		7. Test numuneleri

4.2.3. Deneme deseni

Yağ analizi denemeleri 2x2 faktoriyel deneme desenine göre 5 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. (DÜZGÜNEŞ vd., 1983) Deneme elde edilen sonuçlar MSTAT İstatistik paket programının kullanıldığı IBM uyumlu 386 DX-40 bilgisayarda F testi ile değerlendirilmiştir.

5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

5.1. Yağların vizkozite indeksi sonuçları

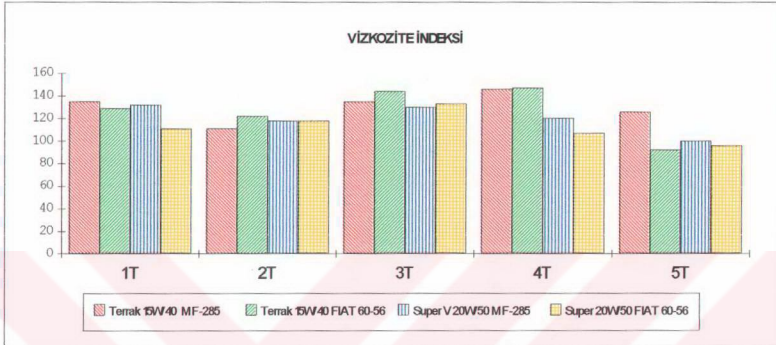
Araştırmada ele alınan yağların vizkozite indeksi tesbitinde elde edilen vizkozite indeksi değerleri Çizelge 5.1. ve Şekil 5.1'de, varyans analiz tablosu ise Ek 5.1'de verilmiştir. En yüksek vizkozite indeksi FIAT 60-56 traktöründe Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında 147 olarak; en düşük vizkozite indeksi ise FIAT 60-56 traktöründe Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında 92 olarak elde edilmiştir. Yapılan istatistiki incelemeler sonucunda vizkozite indeksine ait traktörler arasında fark olmadığı ($F=1.17$), ancak yağ çeşitleri arasındaki farkın önemli olduğu tesbit edilmiştir ($F=5.96$). Yağ çeşidi ve traktör tipinin etkisi birlikte düşünüldüğünde ise farkın istatistiki olarak önemli olmadığı saptanmıştır ($F=0.10$) ($P<0,05$).

Çizelge 5.1. Vizkozite indeksi değerleri (VI).

		Tekerrürler						
Yağlar	Traktörler	1T	2T	3T	4T	5T	Ortalama	Trak.Ort.
Terrak 15W/40	MF-285	135	111	135	146	126	130.60 A	128.7
	FIAT-60/56	129	122	144	147	92	126.80 AB	
Süper V 20w/50	MF-285	132	118	130	120	100	120.00 AB	116.5
	FIAT-60/56	111	118	133	107	96	113.00 B	
ORTALAMALAR		126.8	117.25	135.5	130.00	103.5	122.6	

Taşkıran (1991) motor yağlarının vizkozite indeksinin (VI) 95 'in üzerinde olduğunu, yüksek VI 'li yağların ilk çalışmada kolaylık sağlayacağını, çalışma şartlarında daha iyi sızdırmazlık temin edeceğini, daha az aşınmaya neden olacağını ve yakıt tasarrufu temin edeceğini bildirmektedir. Yapılan analizlere göre elde edilen sonuçların kullanılmamış yağın VI değerinin altında olmasına rağmen, her iki yağ ve traktör tipinde de elde edilen VI değerlerinin 95 'in üzerinde

olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, her iki motor yağının değişik sıcaklıklarda özelliklerini bozmadan çalışabilmesi için tatmin edici bir değerdir.



Şekil 5.1. Vizkozite indeksi değerleri (VI).

5.2. Yağların 40°C ve 100°C'deki kinematik vizkozite sonuçları

Denemelerde elde edilen 40°C kinematik vizkozite değerleri Çizelge 5.2. ve Şekil 5.2. 'de, varyans analiz tablosu ise Ek 5.2 'de verilmiştir. En düşük 40°C 'de kinematik vizkozite değerleri MF-285 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 67.75 centistoke (cSt) olarak; en yüksek 40°C 'de kinematik vizkozite değerleri ise FIAT 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 179.39 cSt olarak elde edilmiştir.

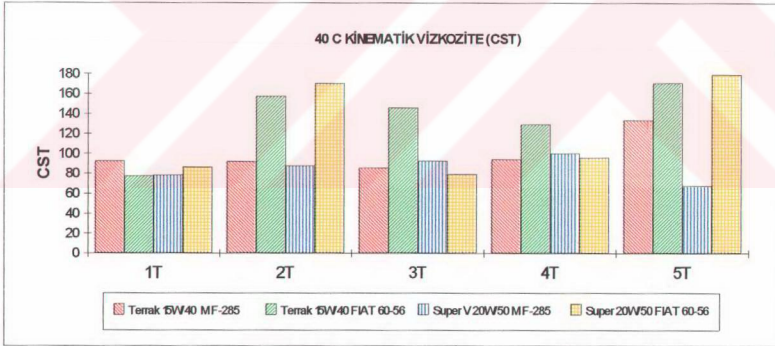
Yapılan istatistiki incelemeler sonucunda 40°C 'de kinematik vizkozite değerlerine ait yağlar arasında fark olmadığı ($F=1.30$), ancak traktör çeşitleri arasındaki farkın önemli olduğu tesbit edilmiştir ($F=8.69$). Yağ çeşidi ve traktör tipinin etkisi birlikte düşünüldüğünde ise farkın istatistiki olarak önemli olmadığı saptanmıştır ($F=0.00$) ($P<0,05$).

Her iki yağ ve traktör tipinde de elde edilen değerlerin orjinal yağın değerlerine göre artış ve azalmalar kaydedilmiştir. 40°C' de kinematik vizkozite değerlerinin düşmesi yağa yakıt karışması sonucunda, vizkozite değerlerinin

artması ise yağa hava emişi, aşınma, ve yanma ile gelen elementlerin karışması ile gerçekleşmektedir (ANONYMOUS 1980).

Çizelge 5.2. 40 °C Kinematik vizkozite değerleri (cSt).

		Tekerrürler						
Yağlar	Traktörler	1T	2T	3T	4T	5T	Ortalama	Trak.Ort.
Terrak 15W/40	MF-285	92.61	92.19	85.78	94.35	133.68	99.72 AB	117.96
	FIAT-60/56	77.62	157.52	145.93	129.15	170.77	136.20 A	
Süper V 20w/50	MF-285	78.16	87.75	92.54	100.25	67.75	85.29 B	103.78
	FIAT-60/56	86.48	170.38	79.12	95.99	179.39	122.27 AB	
ORTALAMALAR		83.72	126.96	100.84	104.94	137.90	110.87	



Şekil 5.2. 40°C Kinematik vizkozite değerleri (cSt).

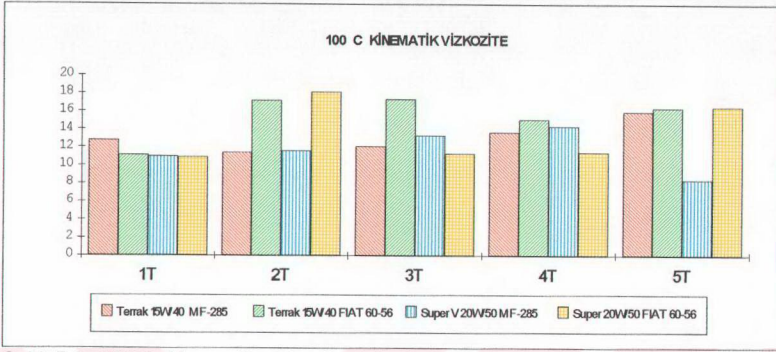
Devamlı kullanım sonucu motordaki yağ çeşitli şekillerde değişikliğe uğrar. Yakıt sızması ile vizkozitesi düşer veya eriyen yada erimeyen oksidasyon ürünleri nedeni ile vizkozitesi artar. Erimeyen oksidasyon ürünleri büyük ölçüde dispersan

katıkları ile süspansiyon halinde tutulmasına rağmen, vizkozite üzerinde etkili olurlar (ANONYMOUS, 1980).

Denemelerden elde edilen 100°C kinematik vizkozite değerleri Çizelge 5.3 ve Şekil 5.3.'te, varyans analiz tablosu ise Ek 5.3 'te verilmiştir. En yüksek 100°C kinematik vizkozite değerleri FIAT 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 18.11 cSt olarak; en düşük 100°C kinematik vizkozite değerleri ise MF-285 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 8.39 cSt olarak elde edilmiştir. Yapılan istatistiki kontrollerde yağların ($F=1.89$), traktörlerin ($F=3.20$), yağlar ve traktörlerin ($F=0.02$) 100°C 'de kinematik vizkozite değerlerine ait ortalamalar arasında farklılık saptanmamıştır.

Çizelge 5.3. 100°C kinematik vizkozite değerleri (cSt).

		Tekerrürler						
Yağlar	Traktörler	1T	2T	3T	4T	5T	Ortalama	Trak.Ort.
Terrak 15W/40	MF-285	12.76	11.38	12.09	13.67	15.95	13.17 A	14.29
	FIAT-60/56	11.10	17.16	17.34	15.10	16.37	15.41 A	
Süper V 20w/50	MF-285	10.99	11.60	13.30	14.34	8.39	11.72 A	12.69
	FIAT-60/56	10.89	18.11	11.30	11.45	16.51	13.65 A	
ORTALAMALAR		11.44	14.56	13.51	13.64	14.31	13.49	



Şekil 5.3. 100°C kinematik vizkozite değerleri (cSt).

100°C' de elde edilen kinematik vizkoziteye ait değerlerin traktör tiplerinden ve yağ çeşitlerinden etkilenmediği ve değerler arasındaki farkın tesadüften ileri geldiği saptanmıştır. 100°C' de kinematik vizkozite değerlerinin düşmesi yağa yakıt karışması sonucunda, vizkozite değerlerinin artması ise yağa hava emişi, aşınma, ve yanma ile gelen elementlerin karışması ile gerçekleşmiş olduğu gözlenmiştir.

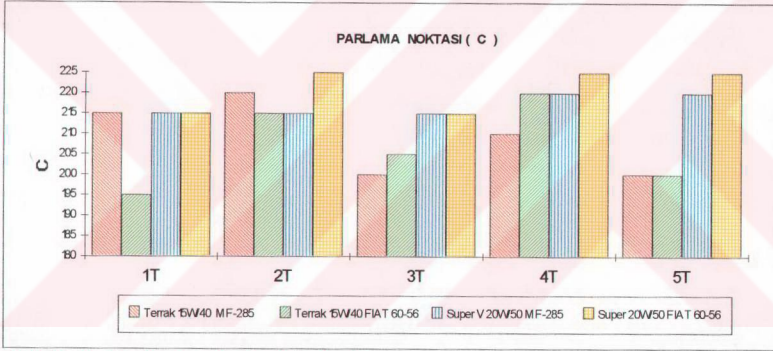
5.3. Yağların parlama noktası sonuçları

Elde edilen parlama noktası değerleri Çizelge 5.4 ve Şekil 5.4 'de, varyans analiz tablosu ise Ek 5.4 'de verilmiştir. Parlama noktasına ait en yüksek değer FIAT 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 225°C olarak, en düşük parlama noktası ise FIAT 60-56 traktöründe Terrak 15 W/40 yağı kullanıldığında 195°C olarak elde edilmiştir.

Yapılan istatistiki incelemeler sonucunda parlama noktasına bakımından traktörler arasında fark olmadığı ($F=0.12$), ancak yağ çeşitleri arasındaki farkın önemli olduğu tesbit edilmiştir ($F=13.96$). Yağ çeşidi ve traktör tipinin etkisi birlikte düşünüldüğünde ise farkın istatistiki olarak önemli olmadığı saptanmıştır ($F=1.04$) ($P<0.05$).

Çizelge 5.4. Parlama noktası değerleri (C°).

		Tekerrürler						
Yağlar	Traktörler	1T	2T	3T	4T	5T	Ortalama	Trak.Ort.
Terrak 15W/40	MF-285	215	220	200	210	200	209.00 BC	208
	FIAT-60/56	195	215	205	220	200	207.00 C	
Süper V 20w/50	MF-285	215	215	215	220	220	217.00 AB	219
	FIAT-60/56	215	225	215	225	225	221.00 A	
ORTALAMALAR		210	219	209	219	211	214	



Şekil 5.4. Parlama noktası değerleri (C°).

Elde edilen parlama noktası değerlerinin, kullanılmamış yağın parlama noktası değerlerinin altında olduğu saptanmıştır. Yakıt buharlaşmasının yeterli olmayışı yada fazla zengin bir karışım kullanılması nedenlerine bağlı olarak yakıt yanma bölümünden kartere sızarak yağı seyreltir. Parlama noktasındaki düşmenin sebebinin, yağlama yağına yakıt karışmasının bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Terrak 15W/40 yağına ait her iki traktör tipinde de elde edilen parlama noktası değerinin, kullanılmamış yağın parlama noktası değerine göre çok az bir azalma görülmesine rağmen, bu azalmanın Super V 20W/50 yağında fazla olduğu belirlenmiştir.

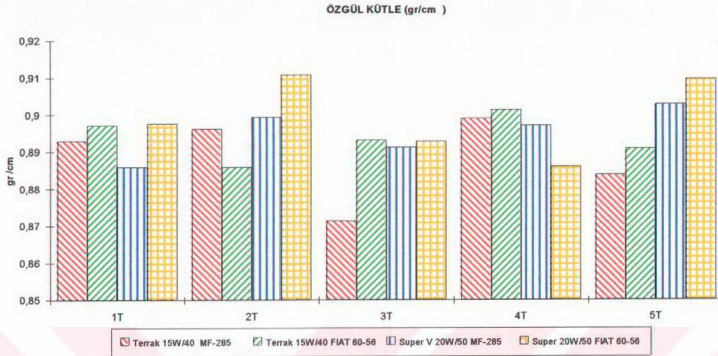
5.4.Yağların özgül kütle sonuçları

Denemeler sonucunda elde edilen özgül kütle değerleri Çizelge 5.5 ve Şekill 5.5 'de, varyans analiz tablosu ise Ek 5.5 'de verilmiştir. Özgül kütleyle ait en yüksek değer FIAT 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 0.9109 g/cm^3 olarak, en düşük özgül kütle değeri ise MF-285 traktöründe Terrak 15 W/40 yağı kullanıldığında 0.8714 g/cm^3 olarak elde edilmiştir. Yapılan istatistiki kontroller sonucunda yağlar arasında ($F=2.33$), traktörler arasında ($F=1.25$), yağlar ve traktörler birlikte incelendiğinde ($F=0.01$), özgül kütle değerlerine ait farklılığın önemsiz olduğu saptanmıştır.

Her iki traktör ve yağ tipinde de analiz sonuçlarını farklılaştıran unsurların; hava emişi, aşınma, ve yanma sonucu oluşan elementlerin yanısıra yakıt ve soğutma suyunun yağa karışması sonucunda gerçekleştiği düşünülmektedir. Özgül kütle değerine ait her iki traktör ve her iki yağ çeşidinde de elde edilen değerlerin, kullanılmamış yağın değerlerine oldukça yakın olduğu gözlenmektedir. KOŞAL (1991) 'nin otomobillerde kullandığı Super plus 20W/50 yağında 3000 km.'de ise özgül kütle değeri 0.904 gr/cm^3 olarak saptanmıştır.

Çizelge 5.5. Özgül kütle değerleri (gr/cm^3).

		Tekerrürler						
Yağlar	Traktörler	1T	2T	3T	4T	5T	Ortalama	Trak.Ort.
Terrak 15W/40	MF-285	0.8930	0.8962	0.8714	0.8991	0.8839	0.8887 A	0.8912
	FIAT-60/56	0.8971	0.8860	0.8932	0.9014	0.8909	0.8937 A	
Süper V 20w/50	MF-285	0.8860	0.8995	0.8913	0.8972	0.9029	0.8953 A	0.8974
	FIAT-60/56	0.8976	0.9109	0.8929	0.8861	0.9097	0.8994 A	
ORTALAMALAR		0.8934	0.8982	0.8872	0.8960	0.8869	0.8943	



Şekil 5.5. Özgül kütle değerleri.

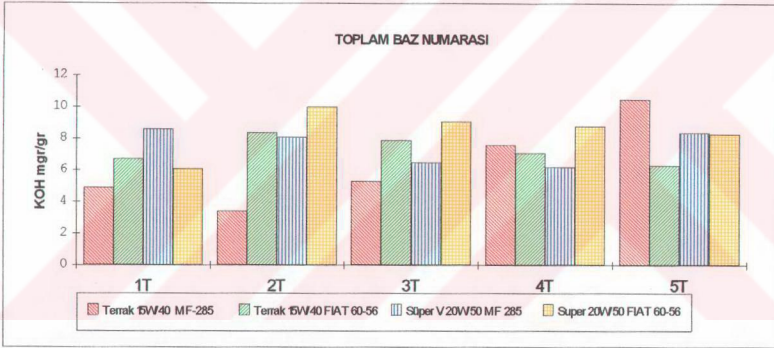
5.5. Yağların toplam baz numaraları sonuçları

Bulunan toplam baz numarası değerleri Çizelge 5.6 ve Şekil 5.6 'da,, varyans analiz tablosu ise Ek 5.6 'da verilmiştir. Toplam baz numarasına ait en yüksek değer MF-285 traktöründe Terrak 15 W/40 yağı kullanıldığında 10.5 mg/g olarak, en düşük TBN değeri ise MF-285 traktöründe Terrak 15 W/40 yağı kullanıldığında 3.4 mg/g olarak elde edilmiştir. Yapılan istatistiki kontrollerde yağlar ($F=2.13$), traktörler ($F=1.25$), yağ ve traktörler birlikte incelendiğinde ($F=0.00$) toplam baz numarasına ait değerlerde farklılık saptanmamıştır.

Toplam baz numarasına ait en yüksek değer kullanılmamış yağın toplam baz numarası değerinin altındadır. En düşük toplam baz numarası değerleri ise kullanılmamış yağın değerinden oldukça düşüktür. Yağların asit nötralize edebilme yetenekleri TBN (Total Baz Numarası) değerleri ile açıklanır. Özellikle yüksek oranda sülfür içeren motorin ve fuel oil kullanılan büyük dizellerde TBN değeri yüksek yağlar tercih edilir (TAŞKIRAN, 1991). Yüksek oranda sülfür içeren yakıt kullanılan motorlarda yanma ürünü sülfirik asit korozyona neden olur. Bu açıklamaların ışığında Super V 20W/50 yağına ait her iki traktör tipinde de elde edilen TBN değerlerinin, Terrak 15W/40 yağına ait her iki traktör tipinde elde edilen değerlerden yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.6. Toplam baz numarası değerleri

		Tekerrürler						
Yağlar	Traktörler	1T	2T	3T	4T	5T	Ortalama	Trak.Ort.
Terrak 15W/40	MF-285	4.9	3.4	5.3	7.6	10.5	6.34.A	6.81
	FIAT-60/56	6.7	8.4	7.9	7.1	6.3	7.28.A	
Süper V 20w/50	MF-285	8.6	8.1	6.5	6.2	8.4	7.56.A	8.01
	FIAT-60/56	6.1	10.0	9.1	8.8	8.3	8.46.A	
ORTALAMALAR		6.58	7.48	7.2	7.43	8.38	7.41	



Şekil 5.6. Toplam baz numarası değerleri.

5.6. Yağların element konsantrasyonu sonuçları

Araştırmada ele alınan Terrak 15W/40 ve Super V 20W/50 yağlarının element konsantrasyonu olarak yağların içindeki kurşun, silisyum, kalay, demir, bor, alüminyum, nikel, fosfor, molibden, sodyum, potasyum, gümüş, krom, mangan, kalsiyum, magnezyum, çinko, bakır, kükürt konsantrasyonları ayrı ayrı alt başlıklar altında çizelge ve grafikler halinde değerlendirilmiştir.

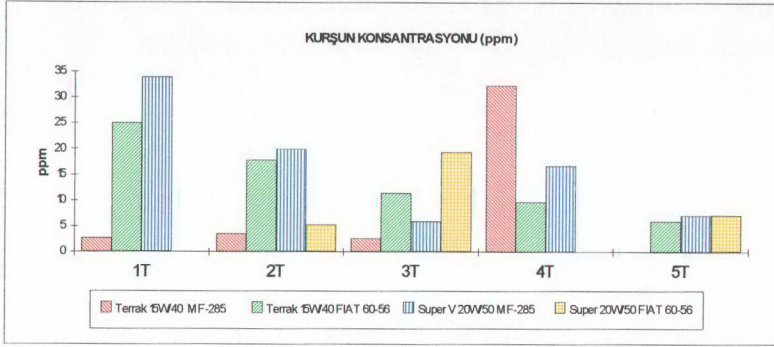
5.6.1. Kurşun konsantrasyonu sonuçları

Yapılan element tayini analizinde elde edilen kurşun konsantrasyonu değerleri Çizelge 5.7. ve Şekil 5.7 'de, varyans analiz tablosu ise Ek 5.7 'de verilmiştir. En yüksek kurşun konsantrasyonu MF-285 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 33.92 ppm, en düşük kurşun konsantrasyonu ise MF-285 traktöründe Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında ve FIAT 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 0.00 ppm olarak elde edilmiştir. Yapılan istatistiki kontrollerde yağlar ($F=0.01$), traktörler ($F=0.22$), yağ ve traktörler birlikte incelendiğinde ($F=2.69$) elde edilen kurşun konsantrasyonu değerleri arasında farklılık saptanmamıştır.

Kurşun konsantrasyonu artışının motor parçalarının aşınmasından kaynaklandığı bildirilmektedir (Schulz ve Evridge, 1989). Analiz sonuçlarına göre traktör ve yağ tipleri arasındaki farklılaşmanın yağlama donanımının veriminden, imalatçı firmaların motor parçaları içerisine kattıkları kurşun oranından ve motorun aşınma durumundan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 5.7. Kurşun konsantrasyonu değerleri (ppm).

		Tekerrürler						
Yağlar	Traktörler	1T	2T	3T	4T	5T	Ortalama	Trak.Ort.
Terrak 15W/40	MF-285	2.66	3.47	2.60	32.34	0.00	8.21 A	11.09
	FIAT-60/56	25.02	17.81	11.38	9.67	5.92	13.96 A	
Süper V 20w/50	MF-285	33.92	19.93	5.94	16.70	7.09	16.71 A	11.53
	FIAT-60/56	0.00	5.22	19.35	0.00	7.12	6.34 A	
ORTALAMALAR		15.4	11.61	9.82	14.68	5.03	11.31	



Şekil 5.7. Kurşun konsantrasyonu değerleri.

5.6.2. Silisyum konsantrasyonu sonuçları

Element tayini analizinde elde edilen silisyum konsantrasyonu değerleri Çizelge 5.8 ve Şekil 5.8 'de, varyans analiz tablosu ise Ek 5.8 'de verilmiştir. En yüksek silisyum konsantrasyonu MF-285 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 27.72 ppm olarak; en düşük silisyum konsantrasyonu değeri ise MF-285 traktöründe Terrak 15 W/40 yağı kullanıldığında ve FIAT 60-56 traktöründe Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında 0.00 ppm olarak elde edilmiştir.

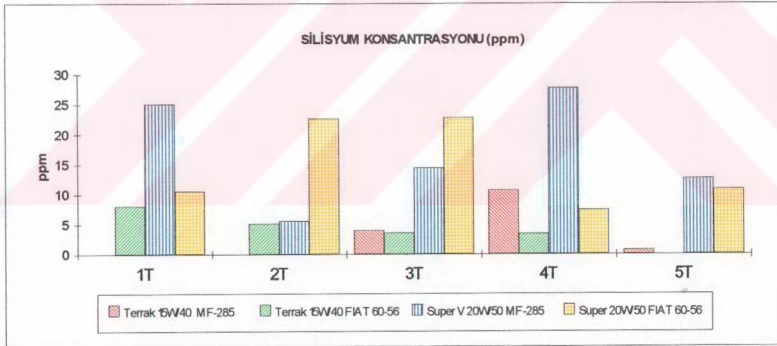
Yapılan istatistiki incelemeler sonucunda silisyum konsantrasyonuna ait traktörler arasında fark olmadığı ($F=0.04$), ancak yağ çeşitleri arasındaki farkın önemli olduğu tesbit edilmiştir ($F=16.35$). Yağ çeşidi ve traktör tipinin etkisi birlikte düşünüldüğünde ise farkın istatistiki olarak önemli olmadığı saptanmıştır ($F=0.26$).

Analiz sonuçlarına göre Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında her iki traktör tipinde de silisyum konsantrasyonu oldukça düşük olarak saptanırken Super V 20W/50 yağı kullanıldığında durum tam tersi olmuştur. Silisyumun yağ ve katıkların bünyesinde bulunmayan, hava emişi ile gelen elementlerden olduğu bildirilmektedir (Schulz ve Evridge, 1989). Silisyum değerlerini farklılaştıran unsurların traktörlerin filtreleme sistemlerinin verimine bağlı olduğu söylenebilir.

Silisyum konsantrasyonunun yağda düşük oranda dahi tespit edilmesi yağın ve motor parçalarının verimliliğini tehlikeye sokmaktadır.

Çizelge 5.8. Silisyum konsantrasyonu değerleri (ppm).

		Tekerrürler						
Yağlar	Traktörler	1T	2T	3T	4T	5T	Ortalama	Trak.Ort.
Terrak 15W/40	MF-285	0.00	0.00	3.98	10.66	0.69	3.06 B	3.54
	FIAT-60/56	8.05	5.11	3.54	3.40	0.00	4.02 B	
Süper V 20w/50	MF-285	25.05	5.54	14.40	27.72	12.62	17.07 A	15.97
	FIAT-60/56	10.53	22.68	22.84	7.43	10.84	14.87 A	
ORTALAMALAR		10.91	8.33	11.19	12.30	6.04	9.76	



Şekil 5.8. Silisyum konsantrasyonu değerleri (ppm).

5.6.3. Kalay konsantrasyonu sonuçları

Element tayini analizinde elde edilen kalay konsantrasyonu değerleri Çizelge 5.9. ve Şekil 5.9.'da, varyans analiz tablosu ise Ek 5.9 'da verilmiştir. En yüksek kalay konsantrasyonu MF-285 traktöründe Super V 20W/50 yağı

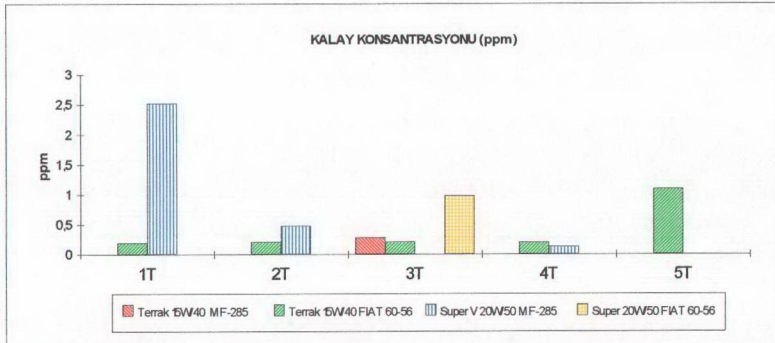
kullanıldığında 2.52 ppm, en düşük kalay konsantrasyonu ise MF-285 traktöründe Terrak 15W/40 ile Super V 20W/50 yağı kullanıldığında ve FIAT 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 0.00 ppm olarak elde edilmiştir.

Yapılan istatistiki kontrollerde yağlar ($F=0.43$), traktörler ($F=0.03$), yağ ve traktörler birlikte incelendiğinde ($F=1.61$) kalay konsantrasyonu değerlerine ait farklılık saptanamamıştır.

Kalay konsantrasyonu artışının motor aksamındaki parçaların aşınması sonucunda yağa karıştığı bildirilmektedir (Schulz ve Evridge, 1989).

Çizelge 5.9. Kalay konsantrasyonu değerleri (ppm).

		Tekerrürler						
Yağlar	Traktörler	1T	2T	3T	4T	5T	Ortalama	Trak.Ort.
Terrak 15W/40	MF-285	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	0.06 A	0.22
	FIAT-60/56	0.19	0.21	0.21	0.20	1.09	0.38 A	
Süper V 20w/50	MF-285	2.52	0.48	0.00	0.13	0.00	0.63 A	0.42
	FIAT-60/56	0.00	0.00	0.98	0.00	0.00	0.20 A	
ORTALAMALAR		0.68	0.17	0.37	0.08	0.27	0.32	



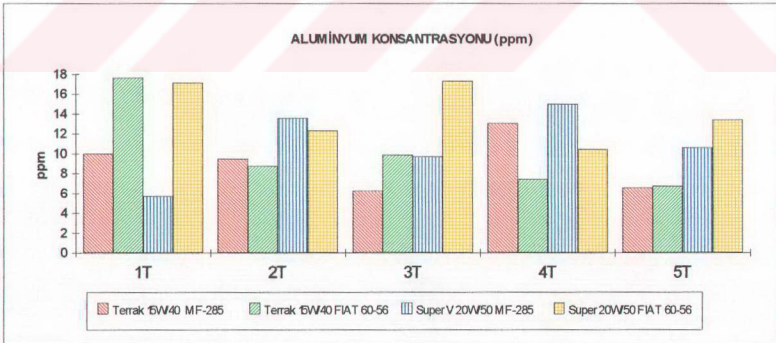
Şekil 5.9. Kalay konsantrasyonu değerleri.

5.6.4. Alüminyum konsantrasyonu sonuçları

Element tayini analizinde elde edilen alüminyum konsantrasyonu değerleri Çizelge 5.10 ve Şekil 5.10 'da, varyans analiz tablosu ise Ek 5.10 'da verilmiştir. En yüksek alüminyum konsantrasyonu FIAT 60-56 traktöründe Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında 17.63 ppm olarak elde edilirken, en düşük alüminyum konsantrasyonu ise MF-285 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 5.71 ppm olarak elde edilmiştir.

Çizelge 5.10. Alüminyum konsantrasyonu değerleri (ppm).

		Tekerrürler						
Yağlar	Traktörler	1T	2T	3T	4T	5T	Ortalama	Trak.Ort.
Terrak 15W/40	MF-285	9.97	9.48	6.25	13.06	6.56	9.06 A	9.56
	FIAT-60/56	17.63	8.74	9.84	7.40	6.71	10.06 A	
Süper V 20w/50	MF-285	5.71	13.57	9.68	14.96	10.57	10.90 A	12.51
	FIAT-60/56	17.12	12.31	17.32	10.40	13.40	14.11 A	
ORTALAMALAR		12.61	11.03	10.77	11.46	9.31	11.03	



Şekil 5.10. Alüminyum konsantrasyonu değerleri (ppm).

Yapılan istatistiki kontrollerde yağlar ($F=2.97$), traktörler ($F=1.52$), yağlar ve traktörler birlikte incelendiğinde ($F=0.42$) alüminyum konsantrasyonu değerlerine ait farklılık saptanamamıştır.

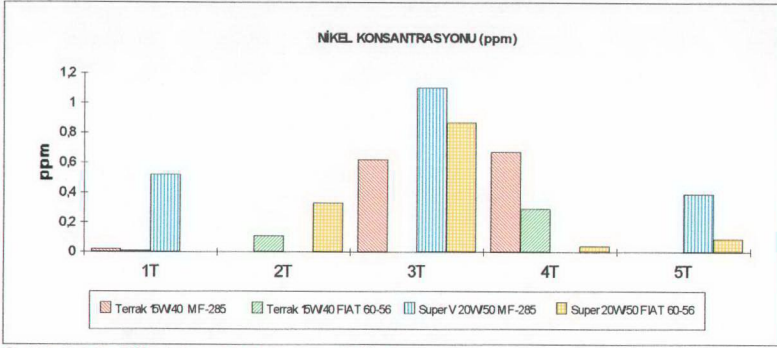
Alüminyum yağ formülasyonu ile gelmeyen motor parçalarının aşınmasından dolayı yağın içerisine karışan elementlerden birisidir (Schulz ve Evridge, 1989).

5.6.5 Nikel konsantrasyonu sonuçları

Element tayini analizinde elde edilen nikel konsantrasyonu değerleri Çizelge 5.11. ve Şekil 5.11. 'de, varyans analiz tablosu ise Ek 5.11 'de verilmiştir. En yüksek nikel konsantrasyonu MF-285 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 1.10 ppm olarak; en düşük nikel konsantrasyonu ise FIAT 60-56 traktöründe Terrak 15 W/40 ile Super V 20W/50 yağı kullanıldığında ve MF-285 traktöründe Super V 20W/50 ile Terrak 15 W/40 yağı kullanıldığında 0.00 ppm olarak elde edilmiştir.

Çizelge 5.11. Nikel konsantrasyonu değerleri (ppm).

		Tekerrürler						
Yağlar	Traktörler	1T	2T	3T	4T	5T	Ortalama	Trak.Ort.
Terrak 15W/40	MF-285	0.02	0.00	0.62	0.67	0.00	0.26 A	0.17
	FIAT-60/56	0.01	0.11	0.00	0.29	0.00	0.08 A	
Süper V 20w/50	MF-285	0.52	0.00	1.10	0.00	0.39	0.40 A	0.34
	FIAT-60/56	0.00	0.33	0.87	0.04	0.09	0.27 A	
ORTALAMALAR		0.14	0.11	0.65	0.25	0.12	0.25	



Şekil 5.11. Nikel konsantrasyonu değerleri (ppm).

Yapılan istatistiki kontrollerde yağlar ($F=1.49$), traktörler ($F=1.41$), yağ ve traktörler birlikte incelendiğinde ($F=0.03$) nikel konsantrasyonu değerlerine ait farkın tesadüften ileri geldiği saptanmıştır.

Nikel motor parçalarının aşınmasından dolayı yağın içerisine karışan elementlerdendir (Schulz ve Evridge, 1989). Parçaların aşınma düzeylerine, bünyelerindeki nikel oranlarına göre analiz sonuçlarının farklılık gösterdiği söylenebilir.

5.6.6. Fosfor konsantrasyonu sonuçları

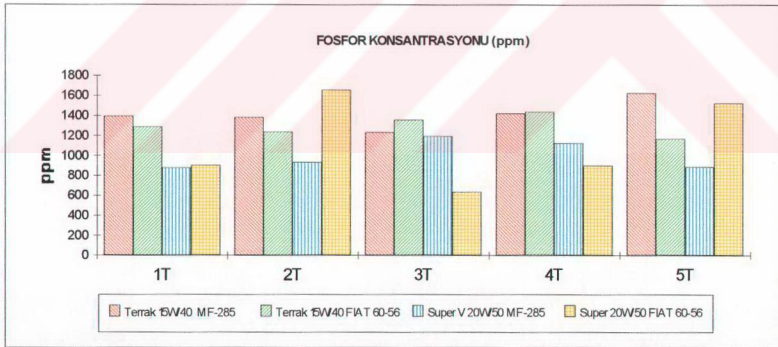
Element tayini analizinde elde edilen fosfor konsantrasyonu değerleri Çizelge 5.12. ve Şekil 5.12.'de, varyans analiz tablosu ise Ek 5.12 'de verilmiştir. En yüksek fosfor konsantrasyonu FIAT 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 1656.20 ppm olarak; en düşük fosfor konsantrasyonu ise FIAT 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 633.35 ppm olarak elde edilmiştir.

Yapılan istatistiki incelemeler sonucunda fosfor konsantrasyonuna ait traktör ortalamaları arasında fark olmadığı ($F=0.00$), ancak yağ çeşitleri arasındaki farkın önemli olduğu tesbit edilmiştir ($F=6.00$). Yağ çeşidi ve traktör

tipinin etkisi birlikte düşünülürse farkın istatistiki olarak önemli olmadığı saptanmıştır ($F=0.96$) ($P<0,05$)

Çizelge 5.12. Fosfor konsantrasyonu değerleri (ppm)

Yağlar	Traktörler	Tekerrürler					Ortalama	Trak.Ort
		1T	2T	3T	4T	5T		
Terrak 15W/40	MF-285	1391.90	1380.60	1230.80	1417.55	1625.10	1409.19 A	1353.08
	FIAT-60/56	1288.00	1234.60	1356.50	1437.20	1168.50	1296.96 AB	
Süper V 20w/50	MF-285	878.03	930.84	1193.90	1123.60	887.53	1002.78 B	1062.81
	FIAT-60/56	904.27	1656.20	633.35	898.88	1521.50	1122.84 AB	
ORTALAMALAR		1115.55	1300.56	1103.64	1219.31	1300.66	1207.94	



Şekil 5.12. Fosfor konsantrasyonu değerler (ppm).

Fosfor, madeni yağın formülasyonunda bulunan ve yağın antiwear özelliği kazandıran elementlerden birisidir (Schulz ve Evridge, 1989).

5.6.7. Molibden konsantrasyonu sonuçları

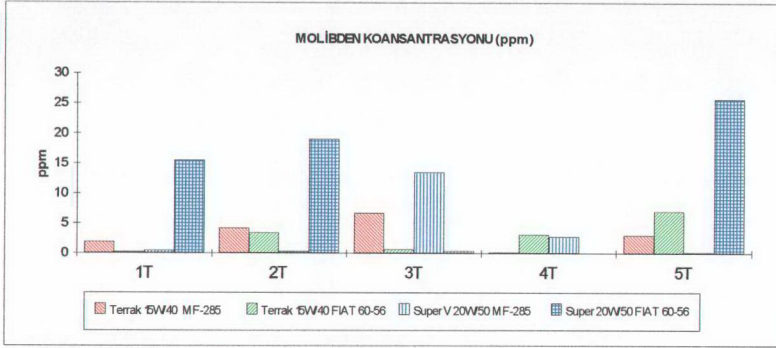
Element tayini analizinde elde edilen molibden konsantrasyonu değerleri Çizelge 5.13 ve Şekil 5.13 'de, varyans analiz tablosu ise Ek 5.13 'de verilmiştir. En yüksek molibden konsantrasyonu FIAT 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 25.74 ppm olarak; en düşük molibden konsantrasyonu ise FIAT 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 0.00 ppm olarak elde edilmiştir.

Yapılan istatistiki kontrollerde yağlar ($F=2.26$), traktörler ($F=1.78$), yağ ve traktörler birlikte incelendiğinde ($F=2.05$) molibden konsantrasyonu değerleri arasında farklılık saptanmamıştır.

Molibden motor aksamındaki parçaların aşınmasından dolayı yağın içersine karışmaktadır (Schulz ve Evridge, 1989). Traktör motorunun aşınma durumuna ve yapısal özelliklerine göre molibden konsantrasyonuna ait elde edilen sonuçların farklılaştığı gözlenmiştir.

Çizelge 5.13. Molibden konsantrasyonu değerleri (ppm).

Yağlar	Traktörler	Tekerrürler					Ortalama	Trak.Ort.
		1T	2T	3T	4T	5T		
Terrak 15W/40	MF-285	1.95	4.24	6.68	0.13	2.99	3.20.A	3.05
	FIAT-60/56	0.24	3.42	0.66	3.17	6.99	2.90.A	
Süper V 20W/50	MF-285	0.46	0.32	13.46	2.75	0.14	3.42.A	7.77
	FIAT-60/56	15.46	18.99	0.36	0.00	25.74	12.11.A	
ORTALAMALAR		4.53	6.74	5.29	1.51	8.97	5.41	



Şekil 5.13. Molibden konsantrasyonu değerleri (ppm).

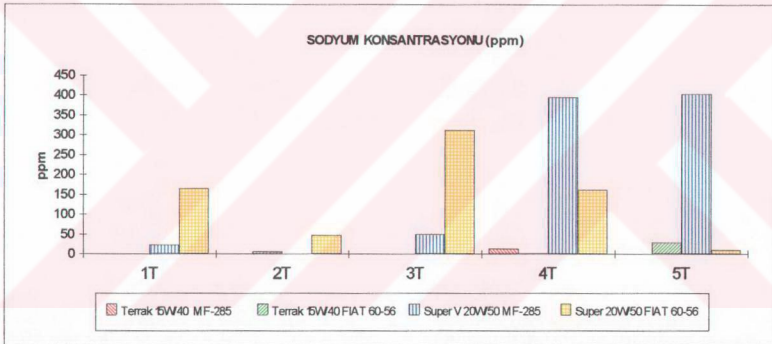
5.6.8. Sodyum konsantrasyonu sonuçları

Element tayini analizinde elde edilen sodyum konsantrasyonu değerleri Çizelge 5.14 ve Şekil 5.14 'de, varyans analiz tablosu ise Ek 5.14 'de verilmiştir. En yüksek sodyum konsantrasyonu MF-285 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 402.87 ppm olarak; en düşük sodyum konsantrasyonu ise MF-285 traktöründe Super V 20W/50 ile Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında ve FIAT 60-56 traktöründe Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında 0.00 ppm olarak elde edilmiştir.

Yapılan istatistiki incelemeler sonucunda sodyum konsantrasyonuna ait traktörler arasında fark olmadığı ($F=0.07$), ancak yağ çeşitleri arasındaki farkın önemli olduğu tesbit edilmiştir. ($F=7.50$). Yağ çeşidi ve traktör tipinin etkisi birlikte düşünüldüğünde ise farkın istatistiki olarak önemli olmadığı tesadüften ileri geldiği saptanmıştır ($F=0.13$) ($P<0,05$).

Çizelge 5.14. Sodyum konsantrasyonu değerleri (ppm).

		Tekerrürler						
Yağlar	Traktörler	1T	2T	3T	4T	5T	Ortalama	Trak.Ort.
Terrak 15W/40	MF-285	0.00	0.00	0.00	12.85	0.00	2.57 A	4.93
	FIAT-60/56	0.00	5.42	0.48	1.26	29.25	7.28 A	
Süper V 20w/50	MF-285	22.86	0.00	49.95	394.58	402.87	174.05 A	156.74
	FIAT-60/56	164.75	47.96	312.25	162.01	10.15	139.42 A	
ORTALAMALAR		46.90	13.35	90.67	142.68	110.57	80.83	



Şekil 5.14. Sodyum konsantrasyonu değerleri (ppm).

Sodyum yağ formülasyonunda bulunmayan elementlerdendir (Schulz ve Evridge, 1989). Bulunan sodyum değerlerinin su veya antifrizden yağa geçtiği düşünülmektedir

5.6.9. Potasyum konsantrasyonu sonuçları

Element tayini analizinde elde edilen potasyum konsantrasyonu değerleri Çizelge 5.15 ve Şekil 5.15 'de, varyans analiz tablosu ise Ek 5.15 'de verilmiştir.

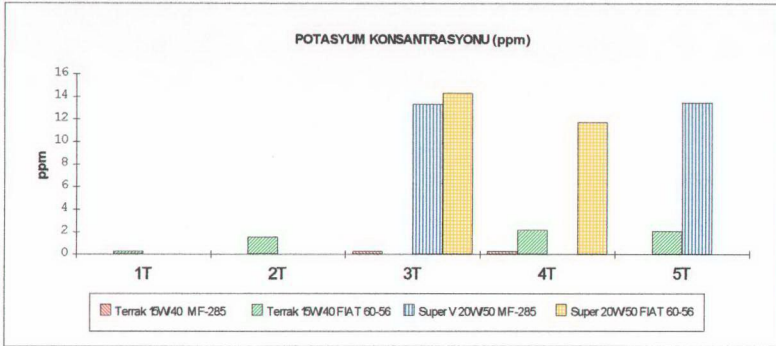
En yüksek potasyum konsantrasyonu FIAT 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 14.35 ppm olarak; en düşük potasyum konsantrasyonu ise FIAT 60-56 traktöründe Super V 20W/50 ile Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında ve MF-285 traktöründe Super V 20W/50 ile Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında 0.00 ppm olarak elde edilmiştir.

Yapılan istatistiki kontrollerde yağlar ($F=4.33$), traktörler ($F=0.05$), yağ ve traktörler birlikte incelendiğinde ($F=0.08$) potasyum konsantrasyonu değerleri arasında farklılık saptanmamıştır.

Potasyum, analiz yaparken kullanılan standart çözeltilerin içinde bulunan elementlerdendir ve denemede elde edilmesi bu sebeptendir.

Çizelge 5.15. Potasyum konsantrasyonu değerleri (ppm).

		Tekerrürler						
Yağlar	Traktörler	1T	2T	3T	4T	5T	Ortalama	Trak.Ort.
Terrak 15W/40	MF-285	0.00	0.00	0.27	0.26	0.00	0.11 A	0.66
	FIAT-60/56	0.26	1.53	0.00	2.16	2.06	1.20 A	
Süper V 20w/50	MF-285	0.00	0.00	13.36	0.00	13.48	5.37 A	5.30
	FIAT-60/56	0.00	0.00	14.35	11.75	0.00	5.22 A	
ORTALAMALAR		0.07	0.38	7.00	3.54	3.89	2.98	



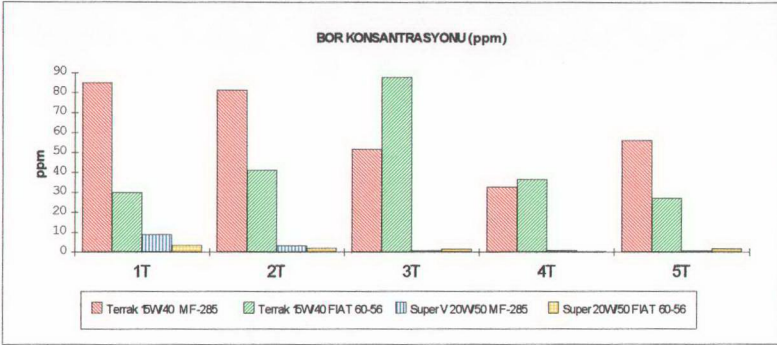
Şekil 5.15. Potasyum konsantrasyonu değerleri (ppm).

5.6.10. Bor konsantrasyonu sonuçları

Element tayini analizinde elde edilen bor konsantrasyonu değerleri Çizelge 5.16 ve Şekil 5.16 'da, varyans analiz tablosu ise Ek 5.16 'da verilmiştir. En yüksek bor konsantrasyonu FIAT 60-56 traktöründe Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında 87.89 ppm olarak; en düşük bor konsantrasyonu ise FIAT 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 0.18 ppm olarak elde edilmiştir.

Çizelge 5.16. Bor konsantrasyonu değerleri (ppm)

		Tekerrürler						
Yağlar	Traktörler	1T	2T	3T	4T	5T	Ortalama	Trak.Ort.
Terrak 15W/40	MF-285	85.07	81.31	51.65	32.65	56.12	61.40 A	52.99
	FIAT-60/56	30.00	41.10	87.89	36.71	27.18	44.58 A	
Süper V 20w/50	MF-285	8.89	3.36	0.73	0.97	0.64	2.92 B	2.36
	FIAT-60/56	3.38	2.04	1.57	0.18	1.77	1.79 B	
ORTALAMALAR		31.84	31.95	35.46	17.63	21.43	27.67	



Şekil 5.16. Bor konsantrasyonu değerleri (ppm).

Yapılan istatistiki incelemeler sonucunda bor konsantrasyonuna ait traktörler arasında fark olmadığı ($F=1.39$), ancak yağ çeşitleri arasındaki farkın önemli olduğu tesbit edilmiştir ($F=44.29$). Yağ çeşidi ve traktör tipinin etkisi birlikte düşünüldüğünde ise farkın istatistiki olarak önemli olmadığı saptanmıştır ($F=1.06$) ($P<0,05$).

Bor, analiz yaparken kullanılan standart çözeltilerin içinde bulunan elementlerdendir ve denemede elde edilmesi bu sebeptendir.

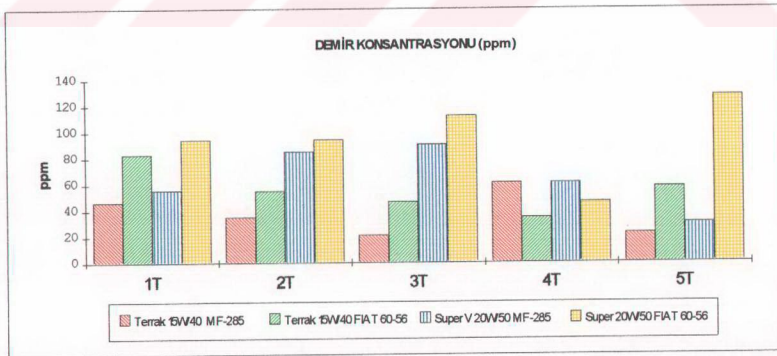
5.6.11. Demir konsantrasyonu sonuçları

Element tayini analizinde elde edilen demir konsantrasyonu değerleri Çizelge 5.17 ve Şekil 5.17 'de, varyans analiz tablosu ise Ek 5.17 'de verilmiştir. En yüksek demir konsantrasyonu FIAT 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 127.29 ppm olarak, en düşük demir konsantrasyonu ise MF-285 traktöründe Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında 20.98 ppm olarak elde edilmiştir. Yapılan istatistiki incelemeler sonucunda demir konsantrasyonuna ait traktörler arasında ($F=4.71$) ve yağ çeşitleri arasındaki farkın önemli olduğu tesbit edilmiştir ($F=8.89$). Yağ çeşidi ve traktör tipinin etkisi birlikte düşünüldüğünde ise farkın istatistiki olarak önemli olmadığı saptanmıştır ($F=0.30$) ($P<0,05$).

Analiz sonuçlarında elde edilen demir konsantrasyonu yağ ve yağa katılan katıklardan değil, motor parçalarının aşınmasından kaynaklanmaktadır (Schulz ve Evridge, 1989). Analiz sonuçlarına göre traktör ve yağ tipleri arasında elde edilen değerler arasındaki farklılaşma, yağlama donanımının verimi ve motorun aşınma durumuna göre değişim göstermektedir. Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında elde edilen demir konsantrasyonu değerleri her iki traktör tipinde de düşük oranda tespit edilmesine rağmen, bu durum Super V 20W/50 yağı kullanıldığında tam tersi olmuştur.

Çizelge 5.17. Demir konsantrasyonu değerleri (ppm).

		Tekerrürler						
Yağlar	Traktörler	1T	2T	3T	4T	5T	Ortalama	Trak.Ort.
Terrak 15W/40	MF-285	46.48	35.05	20.98	60.83	22.34	37.13 B	46.22
	FIAT-60/56	83.24	54.94	46.47	34.32	57.53	55.30 B	
Süper V 20w/50	MF-285	55.68	85.07	90.19	60.97	30.09	64.40 AB	79.61
	FIAT-60/56	94.14	94.35	112.37	45.94	127.29	94.82 A	
ORTALAMALAR		69.89	67.35	67.50	50.52	59.31	62.91	



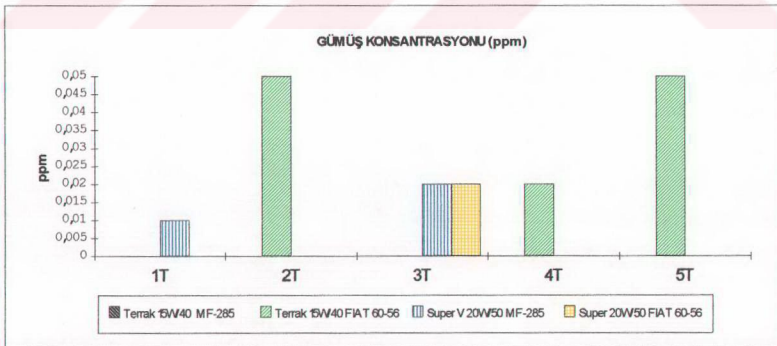
Şekil 5.17. Demir konsantrasyonu değerleri (ppm).

5.6.12. Gümüş konsantrasyonu sonuçları

Element tayini analizinde elde edilen gümüş konsantrasyonu değerleri Çizelge 5.18 ve Şekil 5.18 'de, varyans analiz tablosu ise Ek 5.18 'de verilmiştir. En yüksek gümüş konsantrasyonu FIAT 60-56 traktöründe Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında 0.05 ppm olarak; en düşük gümüş konsantrasyonu ise FIAT 60-56 traktöründe Super V 20W/50 ile Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında ve MF-285 traktöründe Super V 20W/50 ile Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında 0.00 ppm olarak elde edilmiştir.

Çizelge 5.18. Gümüş konsantrasyonu değerleri (ppm).

		Tekerrürler						
Yağlar	Traktörler	1T	2T	3T	4T	5T	Ortalama	Trak.Ort.
Terrak 15W/40	MF-285	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 B	0.01
	FIAT-60/56	0.00	0.05	0.00	0.02	0.05	0.02 A	
Süper V 20w/50	MF-285	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00 B	0.00
	FIAT-60/56	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00 B	
ORTALAMALAR		0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	



Şekil 5.18. Gümüş konsantrasyonu değerleri (ppm).

Yapılan istatistiki kontrollerde yağlar ($F=1.48$), traktörler ($F=3.45$), yağ ve traktörler birlikte incelendiğinde ($F=3.01$) gümüş konsantrasyonu değerlerine ait farklılığı tesadüften ileri geldiği saptanmıştır.

Gümüş yağ fomülasyonundan gelmeyen ancak motor parçalarının aşınmasından dolayı yağın içerisine karışan elementlerdendir (Schulz ve Evridge, 1989).

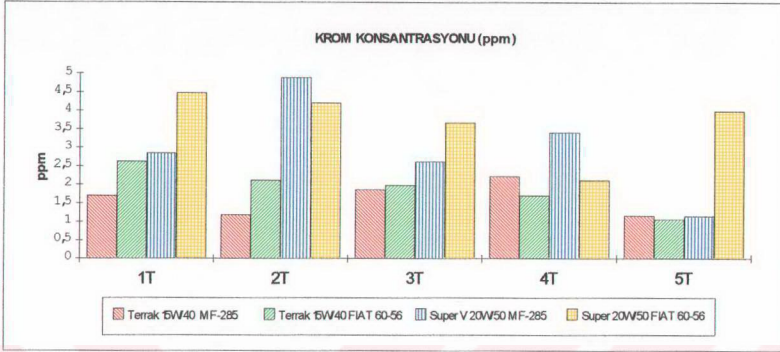
5.6.13. Krom konsantrasyonu sonuçları

Element tayini analizinde elde edilen krom konsantrasyonu değerleri Çizelge 5.19 ve Şekil 5.19 'da, varyans analiz tablosu ise Ek 5.19 'da verilmiştir. En yüksek krom konsantrasyonu MF-285 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 4.89 ppm olarak; en düşük krom konsantrasyonu ise FIAT 60-56 traktöründe Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında 1.06 ppm olarak elde edilmiştir.

Yapılan istatistiki incelemeler sonucunda krom konsantrasyonuna ait traktörler arasında fark olmadığı ($F=1.61$), ancak yağ çeşitleri arasındaki farkın önemli olduğu tesbit edilmiştir ($F=16.22$). Yağ çeşidi ve traktör tipinin etkisi birlikte düşünüldüğünde ise farkın istatistiki olarak önemli olmadığı saptanmıştır ($F=0.30$) ($P<0,05$).

Çizelge 5.19. Krom konsantrasyonu değerleri (ppm).

		Tekerrürler						
Yağlar	Traktörler	1T	2T	3T	4T	5T	Ortalama	Trak.Ort.
Terrak 15W/40	MF-285	1.70	1.18	1.86	2.22	1.15	1.62 C	1.76
	FIAT-60/56	2.62	2.11	1.98	1.7	1.06	1.90 BC	
Süper V 20w/50	MF-285	2.84	4.89	2.61	3.41	1.14	2.98 AB	3.34
	FIAT-60/56	4.47	4.20	3.67	2.11	3.99	3.69 A	
ORTALAMALAR		2.91	3.10	2.53	2.36	1.84	2.55	



Şekil 5.19. Krom konsantrasyonu değerleri (ppm).

Krom elementi de yağ fomülasyonunda bulunmayan, motor parçalarının aşınmasından dolayı yağın içerisine karışan elementlerden birisidir (Schulz ve Evridge, 1989).

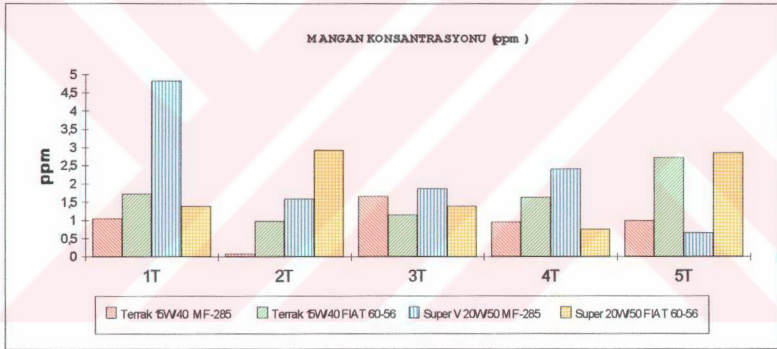
5.6.14. Mangan konsantrasyonu sonuçları

Element tayini analizinde elde edilen mangan konsantrasyonu değerleri Çizelge 5.20 ve Şekil 5.20 'de, varyans analiz tablosu ise Ek 5.20 'de verilmiştir. En yüksek mangan konsantrasyonu MF-285 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 4.83 ppm olarak; en düşük mangan konsantrasyonu ise MF-285 traktöründe Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında 0.08 ppm olarak elde edilmiştir.

Yapılan istatistiki kontrollerde yağlar ($F=2.08$), traktörler ($F=0.02$), yağlar ve traktörler birlikte incelendiğinde ($F=0.99$) mangan konsantrasyonu değerlerine ait farkın tesadüftən ileri geldiği saptanmıştır. Mangan da analiz yaparken kullanılan standart çözeltilerin içinde bulunan elementlerdendir.

Çizelge 5.20. Mangane konsantrasyonu değeri (ppm).

		Tekerrürler						
Yağlar	Traktörler	1T	2T	3T	4T	5T	Ortalama	Trak.Ort.
Terrak 15W/40	MF-285	1.04	0.81	1.66	0.95	0.98	1.09 A	1.37
	FIAT-60/56	1.73	0.97	1.15	1.63	2.72	1.64 A	
Süper V 20W/50	MF-285	4.83	1.59	1.87	2.41	0.66	2.27 A	2.07
	FIAT-60/56	1.39	2.92	1.39	0.75	2.85	1.86 A	
ORTALAMALAR		2.25	1.57	1.52	1.44	1.80	1.72	



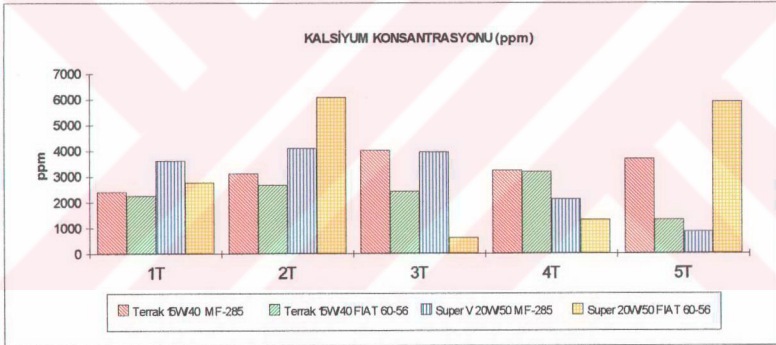
Şekil 5.20. Mangane konsantrasyonu değeri (ppm).

5.6.15. Kalsiyum konsantrasyonu sonuçları

Element tayini analizinde elde edilen kalsiyum konsantrasyonu değeri Çizelge 5.21 ve Şekil 5.21 'de, varyans analiz tablosu ise Ek 5.21 'de verilmiştir. En yüksek kalsiyum konsantrasyonu FIAT 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 6077.6 ppm olarak; en düşük kalsiyum konsantrasyonu ise FIAT 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 628.6 ppm olarak elde edilmiştir.

Çizelge 5.21. Kalsiyum konsantrasyonu değerleri (ppm).

Yağlar	Traktörler	Tekerrürler					Ortalama	Trak.Ort.
		1T	2T	3T	4T	5T		
Terrak 15W/40	MF-285	2394.8	3112.4	4018.2	3241.6	3682.7	3289.9 A	2828.7
	FIAT-60/56	2250.0	2671.9	2411.9	3182.3	1321.4	2367.50 A	
Süper V 20w/50	MF-285	3615.3	4104.8	3954.4	2122.6	858.32	2931.08 A	3136.32
	FIAT-60/56	2768.7	6077.6	628.6	1323.9	5909.0	3341.55 A	
ORTALAMALAR		2757.2	3991.7	2753.3	2467.6	2942.9	2982.51	



Şekil 5.21. Kalsiyum konsantrasyonu değerleri (ppm).

Yapılan istatistiki kontrollerde yağlar ($F=0.18$), traktörler ($F=0.12$), yağlar ve traktörler birlikte incelendiğinde ($F=0.85$) kalsiyum konsantrasyonu değerlerine ait farklılık saptanmamıştır.

Kalsiyumun yağla birlikte gelen elementlerden biridir ve yağlara deterjan özelliği vermek amacıyla katılmaktadır (Schulz ve Evridge, 1989). Bu özellik yağa, motor aksamını temiz tutma ve tortulaşmayı önleme etkisi kazandırmaktadır.

5.6.16. Magnezyum konsantrasyonu sonuçları

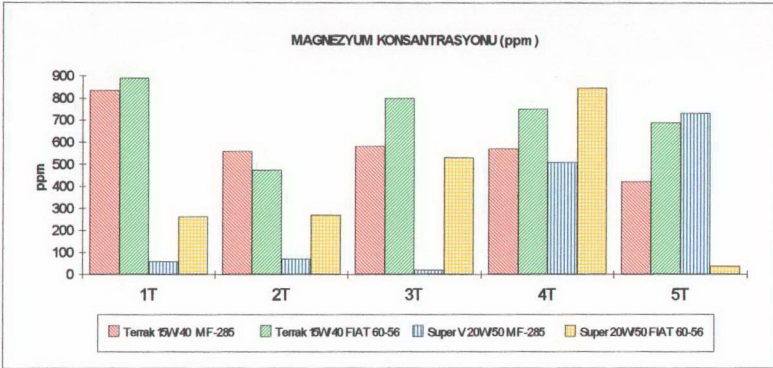
Element tayini analizinde elde edilen magnezyum konsantrasyonu değerleri Çizelge 5.22 ve Şekil 5.22 'de, varyans analiz tablosu ise Ek 5.22 'de verilmiştir. En yüksek magnezyum konsantrasyonu FIAT 60-56 traktöründe Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında 890.0 ppm olarak; en düşük magnezyum konsantrasyonu ise MF-285 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 18.99 ppm olarak elde edilmiştir.

Yapılan istatistiki incelemeler sonucunda magnezyum konsantrasyonuna ait traktörler arasında fark olmadığı ($F=1.11$), ancak yağ çeşitleri arasındaki farkın önemli olduğu tesbit edilmiştir ($F=8.19$). Yağ çeşidi ve traktör tipinin etkisi birlikte düşünüldüğünde ise farkın istatistiki olarak önemli olmadığı saptanmıştır ($F=0.00$) ($P<0,05$).

Magnezyum da yağla birlikte gelen elementlerden biridir (Schulz ve Evridge, 1989). Motorda ateşleme sırasında oluşan kurumların yayılması sırasında oluşan kirliliğin engellenmesi ve katı parçaların bir yerde birikmesine engel olmakla görevli olup deterjan özelliğine sahiptir.

Çizelge 5.22. Magnezyum konsantrasyonu değerleri (ppm).

Yağlar	Traktörler	Tekerrürler					Ortalama	Trak.Ort.
		1T	2T	3T	4T	5T		
Terrak 15W/40	MF-285	834.5	559.1	582.2	571.0	421.2	593.60 AB	656.83
	FIAT-60/56	890.0	473.8	798.6	750.2	687.7	720.06 A	
Super V 20w/50	MF-285	57.24	69.74	18.99	507.9	730.2	276.82 B	332.78
	FIAT-60/56	261.6	269.6	529.1	846.3	37.07	388.74 AB	
ORTALAMALAR		510.8	343.1	482.2	668.9	469.0	494.80	



Şekil 5.22. Magnezyum konsantrasyonu değerleri (ppm).

5.6.17. Çinko konsantrasyonu sonuçları

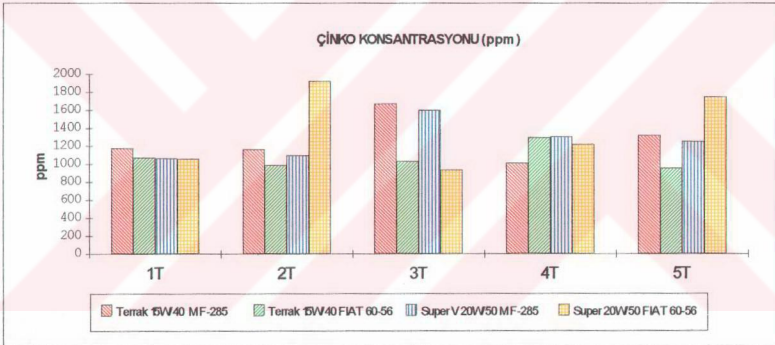
Element tayini analizinde elde edilen çinko konsantrasyonu değerleri Çizelge 5.23 ve Şekil 5.23 'de, varyans analiz tablosu ise Ek 5.23 'de verilmiştir. En yüksek çinko konsantrasyonu FIAT 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 1923.4 ppm olarak, en düşük çinko konsantrasyonu ise FIAT 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 930.5 ppm olarak elde edilmiştir.

Yapılan istatistiki kontrollerde yağlar ($F=1.23$), traktörler ($F=0.10$), yağlar ve traktörler birlikte incelendiğinde ($F=1.31$) çinko konsantrasyonu değerleri arasında farklılık saptanmamıştır.

Çinko, yağ formülasyonunda bulunan elementlerden olup yağa antiwear ve antioksidant yeteneği kazandırmaktadır (Schulz ve Evridge, 1989).

Çizelge 5.23. Çinko konsantrasyonu değerleri (ppm).

		Tekerrürler						
Yağlar	Traktörler	1T	2T	3T	4T	5T	Ortalama	Trak.Ort.
Terrak 15W/40	MF-285	1176.8	1161.8	1669.2	1009.5	1315.5	1266.56 A	1166.78
	FIAT-60/56	1069.1	984.6	1028.2	1294.8	953.2	1066.99 A	
Süper V 20w/50	MF-285	1062.4	1095.2	1599.0	1302.3	1249.0	1261.58 A	1318.34
	FIAT-60/56	1055.5	1923.4	930.5	1219.3	1746.8	1375.10 A	
ORTALAMALAR		1091.0	1291.3	1306.7	1206.5	1316.1	1242.56	



Şekil 5.23. Çinko konsantrasyonu değerleri (ppm).

5.6.18. Bakır konsantrasyonu sonuçları

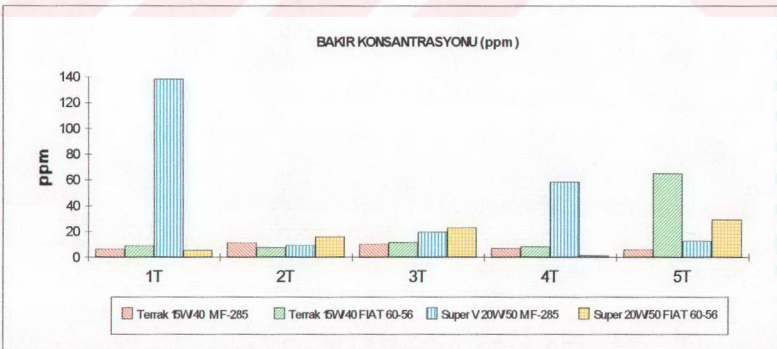
Element tayini analizinde elde edilen bakır konsantrasyonu değerleri Çizelge 5.24 ve Şekil 5.24 'de, varyans analiz tablosu ise Ek 5.24 'de verilmiştir. En yüksek bakır konsantrasyonu MF-285 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 138.27 ppm olarak; en düşük bakır konsantrasyonu ise FIAT 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 1.46 ppm olarak elde edilmiştir.

Yapılan istatistiki kontrollerde yağlar ($F=1.35$), traktörler ($F=0.49$), yağlar ve traktörler birlikte incelendiğinde ($F=2.34$) bakır konsantrasyonu değerleri arasında farklılık saptanmamıştır.

Düşük oranda motor parçaları içerisinde bulunan bakırın aşınma sonucunda yağa karıştığı ve yağı kirlettiği bildirilmektedir (Schulz ve Evridge, 1989). İmalatçı firmaların motor parçaları içerisine kattıkları bakır oranına göre analiz sonuçları farklılaşmıştır.

Çizelge 5.24. Bakır konsantrasyonu değerleri (ppm).

Yağlar	Traktörler	Tekerrürler					Ortalama	Trak.Ort.
		1T	2T	3T	4T	5T		
Terrak 15W/40	MF-285	6.33	11.39	10.40	7.00	6.21	8.27 A	14.33
	FIAT-60/56	9.04	7.85	11.64	8.45	64.94	20.38 A	
Süper V 20w/50	MF-285	138.27	9.37	19.56	58.27	12.54	47.60 A	31.31
	FIAT-60/56	5.56	15.96	22.98	1.46	29.12	15.02 A	
ORTALAMALAR		39.8	11.1	16.1	18.8	28.2	22.82	



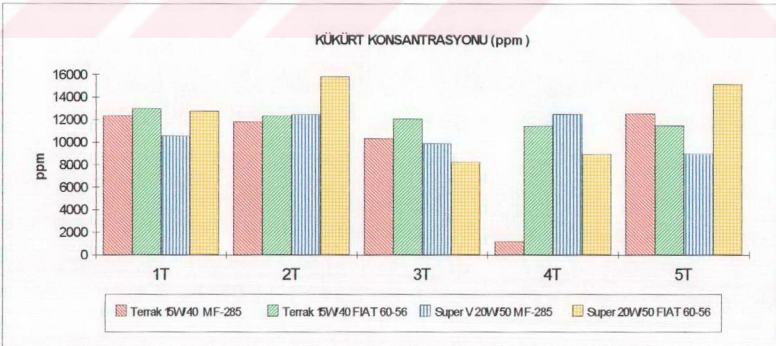
Şekil 5.24. Bakır konsantrasyonu değerleri (ppm).

5.6.19. Kükürt konsantrasyonu sonuçları

Element tayini analizinde elde edilen kükürt konsantrasyonu değerleri Çizelge 5.25 ve Şekil 5.25 'te, varyans analizi tablosu ise Ek 5.25 'te verilmiştir. En yüksek kükürt konsantrasyonu FIAT 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 15818.0 ppm olarak; en düşük kükürt konsantrasyonu ise MF-285 traktöründe Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında 1142.0 ppm olarak elde edilmiştir.

Çizelge 5.25. Kükürt konsantrasyonu değerleri (ppm).

		Tekerrürler						
Yağlar	Traktörler	1T	2T	3T	4T	5T	Ortalama	Trak.Ort.
Terrak 15W/40	MF-285	12337.0	11830.0	10316.0	1142.0	12539.0	9632.80 A	10848.7
	FIAT-60/56	12983.0	12354.0	12078.0	11425.0	11483.0	12064.60 A	
Süper V 20w/50	MF-285	10553.0	12458.0	9877.0	12477.0	8960.2	10865.04 A	11523.11
	FIAT-60/56	12763.0	15818.0	8260.5	8912.4	15152.0	12181.18 A	
ORTALAMALAR		12159.0	13115.0	10132.9	8489.1	12033.6	11185.91	



Şekil 5.25. Kükürt konsantrasyonu değerleri (ppm).

Yapılan istatistiki kontrollerde yağlar ($F=0.28$), traktörler ($F=2.15$), yağlar ve traktörler birlikte incelendiğinde ($F=0.19$) kükürt konsantrasyonu değerlerine ait farkın tesadüften ileri geldiği saptanmıştır.

Kükürt konsantrasyonunun kaynağının, motorin içerisinde bulunan sülfürün neden olduğu söylenebilir. Benzinde az miktarda olmasına rağmen, motorinde fazla miktarda sülfür ($\sim \%0.5$) vardır. Sülfür, sülfürdioksit (SO_2) meydana getirecek şekilde okside olur ve SO_2 'nin bir kısmı da yine okside olarak SO_3 'leri oluşturur. SO_3 'de sülfürik asit oluşturacak şekilde su ile birleşir (TEKİN ve ÇAVUŞOĞLU, 1997). Çok şiddetli bir aşındırıcı olan sülfirik asit, motor parçalarının kısa zamanda aşınmasına neden olurlar (BİLGİNPERK, 1978). Motorin içerisindeki kükürt bileşeni yanma olayında O_2 ile hemen reaksiyona girmektedir. Geri kalan O_2 diğer bileşenleri oksitleyebilmektedir (TEKİN ve ÇAVUŞOĞLU, 1997). Yanma işlemi sonucunda meydana gelen kükürtün silindir duvarlarındaki yağlama yağı aracılığıyla taşıtın karter yağına taşındığı düşünülmektedir.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu araştırmanın amacı, bazı motor yağlarını tarım traktörlerinde kullanmak suretiyle yağlarda oluşan kirleticileri tespit etmek, kirleticilerin motor yağı üzerindeki fiziksel ve kimyasal etkilerini incelemek, bu kirleticilerin kaynağını saptamaktır. Bu maksatla; FIAT 60-56 ve MF-285 traktöründe Super V 20W/50 ile Terrak 15W/40 yağları deneme materyali olarak kullanılmıştır.

Araştırmada 40°C ve 100°C 'de kinematik vizkozite, vizkozite indeksi, özgül kütle testi, toplam baz numarası (TBN), parlama noktası (Flash Point) ve element analizleri gibi laboratuvar testleri yapılarak elde edilen sonuçlar, yeni yağın sonuçları ile karşılaştırılarak yağların çalışma verimlilikleri araştırılmıştır.

Araştırmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

Vizkozite indeksine ait en yüksek değer 147 ve en düşük değer 92 olarak Fiat 60-56 traktöründe Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında elde edilmiştir.

40°C' de kinematik vizkoziteye ait en yüksek değerler Fiat 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 179.39 cSt olarak, en düşük değer ise MF-285 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 67.75 cSt olarak elde edilmiştir.

100°C' de kinematik vizkoziteye ait en yüksek değerler Fiat 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 18.11 cSt, en düşük değer ise MF-285 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 8.93 cSt olarak elde edilmiştir.

Özgül kütleye ait en yüksek değerler (0.9109 gr/cm^3) Fiat 60-56 traktöründe Super v 20W/50 yağı kullanıldığında elde edilmiş olup en düşük özgül kütle değeri ise (0.8714 gr/cm^3) MF-285 traktöründe Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında elde edilmiştir.

Toplam baz numarasına ait en yüksek değer 10.5 mg/g ve en düşük değer 3.4 mg/g olarak MF-285 traktöründe Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında, elde

edilmiştir. Elde edilen bu değerlerin kullanılmamış yağın toplam baz numarası değerinin altında olduğu tespit edilmiştir.

Parlama noktasına ait en yüksek değerler Fiat 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 225°C olarak, en düşük değer ise FIAT 60-56 traktöründe Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında 195°C olarak elde edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre Super V 20W/50 ve Terrak 15W/40 yağına ait her iki traktör tipinde de elde edilen parlama noktası değerlerinin, kullanılmamış yağın parlama noktası değerlerinin altında olduğu saptanmıştır.

Kurşun konsantrasyonuna ait en yüksek değerler MF-285 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 33.92 ppm, en düşük değer ise MF-285 traktöründe Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında ve Fiat 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 0.00 ppm olarak elde edilmiştir.

En yüksek silisyum konsantrasyonu MF-285 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 27.72 ppm, en düşük değeri ise MF-285 traktöründe ve Fiat 60-56 traktöründe Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında 0.00 ppm olarak elde edilmiştir.

Kalay konsantrasyonuna ait en yüksek değerler MF-285 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 2.52 ppm, en düşük değer ise MF-285 traktöründe her iki yağ tipinde ve Fiat 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 0.00 ppm olarak tespit edilmiştir.

Alüminyum konsantrasyonuna ait en yüksek değerler Fiat 60-56 traktöründe Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında 17.63 ppm, en düşük değer ise MF-285 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 5.71 ppm olarak elde edilmiştir.

Nikel konsantrasyonuna ait en yüksek değerler Fiat 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 1.10 ppm, en düşük değer ise her iki traktör tipinde ve her iki yağ tipinde de 0.00 ppm olarak tespit edilmiştir.

Fosfor konsantrasyonuna ait en yüksek değer Fiat 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 1656.20 ppm, en düşük değer ise MF-285 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 633.35 ppm olarak elde edilmiştir.

Molibden konsantrasyonuna ait en yüksek değer Fiat 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 25.74 ppm, en düşük değer ise Fiat 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 0.00 ppm olarak elde edilmiştir.

Sodyum konsantrasyonuna ait en yüksek değerler MF-285 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 402.87 ppm, en düşük değer ise her iki yağ ve traktör tipinde de 0.00 ppm olarak elde edilmiştir.

Potasyum konsantrasyonuna ait en yüksek değerler Fiat 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 14.35 ppm, en düşük değer ise her iki yağ ve traktör tipinde de 0.00 ppm olarak elde edilmiştir.

Bor konsantrasyonuna ait en yüksek değerler Fiat 60-56 traktöründe Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında 87.89 ppm, en düşük değer ise Fiat 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 0.18 ppm olarak elde edilmiştir.

Demir konsantrasyonuna ait en yüksek değerler Fiat 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 127.29 ppm, en düşük değer ise MF-285 traktöründe Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında 20.98 ppm olarak elde edilmiştir.

Gümüş konsantrasyonuna ait en yüksek değerler Fiat 60-56 traktöründe Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında 0.05 ppm, en düşük değer ise her iki yağ ve her iki traktör tipinde de oldukça düşük oranda tespit edilmiştir.

Krom konsantrasyonuna ait en yüksek değerler MF-285 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 4.89 ppm, en düşük değer ise Fiat 60-56 traktöründe Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında 1.06 ppm olarak elde edilmiştir.

Mangan konsantrasyonuna ait en yüksek değerler MF-285 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 4.83 ppm, en düşük değer ise MF-285 traktöründe Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında 0.08 ppm olarak elde edilmiştir.

Kalsiyum konsantrasyonuna ait en yüksek değer 6077.6 ppm ve en düşük değer 628.6 ppm olarak, Fiat 60-56 traktöründe Super V 20w/50 yağı kullanıldığında elde edilmiştir.

Magnezyum konsantrasyonuna ait en yüksek değerler Fiat 60-56 traktöründe Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında 890.0 ppm, en düşük değer ise MF-285 traktöründe Super V 20w/50 yağı kullanıldığında 18.99 ppm olarak tespit edilmiştir.

Çinko konsantrasyonuna ait en yüksek değer 1923.4 ppm ve en düşük değer 930.5 ppm olarak, Fiat 60-56 traktöründe Super V 20w/50 yağı kullanıldığında elde edilmiştir.

Bakır konsantrasyonuna ait en yüksek değerler MF-285 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 138.27 ppm, en düşük değer ise Fiat 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 1.46 ppm olarak elde edilmiştir.

Kükürt konsantrasyonuna ait en yüksek değerler Fiat 60-56 traktöründe Super V 20W/50 yağı kullanıldığında 15818.0 ppm, en düşük değeri ise MF-285 traktöründe Terrak 15W/40 yağı kullanıldığında 1142.0 ppm olarak elde edilmiştir.

Yapılan laboratuvar incelemelerinde hava emişi, aşınma ve yanma ile gelen kirleticiler tespit edilmiş olup bu kirleticilerin miktarlarının motorun yapısal özelliklerine, çalışma şartlarına, traktörlerin üzerindeki emisyon tedbirlerine ve kullanılan yakıtın özelliklerine bağlı olarak değiştiği, kirleticilerin, yağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini direkt olarak etkilediği saptanmıştır.

Bu kirleticilerin motor parçaları üzerinde aşırı derecede aşınmaya neden olmasından dolayı, traktör motorunda kullanılan yakıtın kalitesi, yağlama donanımının ve filtreleme sisteminin bakım periyodunun sıklığı, yağın görevleri açısından yarar sağlayacaktır. Laboratuvar testlerinde elde edilen elementlerin,

motor yağı, yağlara katılan katıklar ve kirleticilerden kaynaklandığı tespit edilmiştir.

Her iki yağ ve traktör tipinde de yapılan analizlerde aynı kirleticiler tespit edilmiştir. Bu kirleticilerin, yağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini direkt olarak etkilediği belirlenmiştir.

Kirleticilerin miktarları motorun yapısal özelliklerine, çalışma şartlarına, traktörlerin üzerindeki emisyon tedbirlerine ve kullanılan yakıtın özelliklerine bağlı olarak değişmektedir.

Laboratuvar testlerinde elde edilen elementlerin, motor yağının bileşimi, yağlara katılan katıklar ve kirleticilerden kaynaklanan elementler olduğu belirlenmiştir.

Analizlerde motor aksamından kaynaklanan elementlere bakılarak motorun pistonlar, silindirler, yataklar ve supaplar gibi mekanik donanımının durumu ile ilgili bilgi edinilebilir.

Parlama noktasına bakılarak yakıt püskürtme sisteminin verimi ile ilgili bilgi edinilebilir.

Araştırmada kullanılan yağlar, normal boşluk toleranslarına sahip motorlarda motorun gerek duyduğu çalışma şartlarını karşılayabilecek niteliktedirler.

Kaynakları sınırlı ülkemizde, büyük kısmı ithal edilen petrol için ödenen dövizin azaltılması, araç ve motor ömrünün uzaması, fazladan onarım masraflarının önlenmesi için, çiftçilerin madeni yağların kullanım periyotları üzerindeki olumsuz alışkanlıklarından kaçınmaları ve bu konuda gereken özeni gösterilmeleri gerekmektedir.

EKLER

- Ek 5.1. Vizkozite indeksi değerlerine ait varyans analiz tablosu.
- Ek 5.2. 40° C Kinematik vizkozite değerlerine ait varyans analiz tablosu.
- Ek 5.3. 100° C Kinematik vizkozite değerlerine ait varyans analiz tablosu.
- Ek 5.4. Parlama noktası değerlerine ait varyans analiz tablosu.
- Ek 5.5. Özgül kütle değerlerine ait varyans analiz tablosu.
- Ek 5.6. Toplam baz numarası değerlerine ait varyans analiz tablosu.
- Ek 5.7. Kurşun konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.
- Ek 5.8. Silisyum konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.
- Ek 5.9. Kalay konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.
- Ek 5.10. Alüminyum konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.
- Ek 5.11. Nikel konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.
- Ek 5.12. Fosfor konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.
- Ek 5.13. Molibden konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.
- Ek 5.14. Sodyum konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.
- Ek 5.15. Potasyum konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.
- Ek 5.16. Bor konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.
- Ek 5.17. Demir konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.
- Ek 5.18. Gümüş konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.
- Ek 5.19. Krom konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.
- Ek 5.20. Manganez konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.
- Ek 5.21. Kalsiyum konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.
- Ek 5.22. Magnezyum konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.
- Ek 5.23. Çinko konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.
- Ek 5.24. Bakır konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.
- Ek 5.25. Kükürt konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.

EKLER

Ek- 5.1. Vizkozite indeksi değerlerine ait varyans analiz tablosu.

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Hata Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	4	2527.30	631.825	5.06	0.012
Traktör	1	145.80	145.800	1.017	0.301
Yağ	1	744.20	744.200	5.96	0.031**
TraktörxYağ	1	12.80	12.800	0.10	
Hata	12	1498.70	124.892		
Genel Ort = 122.600		Toplam Sayı = 20			
Genel Top = 2452.00		Var.Katsayısı = % 9.12			

Ek 5. 2. 40° C Kinematik vizkozite değerlerine ait varyans analiz tablosu.

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Hata Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	4	7449.63	1862.407	2.40	0.107
Traktör	1	6745.10	6745.098	8.69	0.012
Yağ	1	1005.22	1005.220	1.30	0.277**
TraktörxYağ	1	0.32	0.320	0.00	
Hata	12	9311.34	775.945		
Genel Ort = 110.871		Toplam Sayı = 20			
Genel Top = 2217.410		Var.Katsayısı = % 25.12			

Ek 5.3. 100° C Kinematik vizkozite değerlerine ait varyans analiz tablosu.

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Hata Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	4	24.24	6.060	0.89	
Traktör	1	21.76	21.757	3.20	0.099
Yağ	1	12.86	12.864	1.89	0.194
TraktörxYağ	1	0.12	0.125	0.02	
Hata	12	81.71	6.809		
Genel Ort = 13.490		Toplam Sayı = 20			
Genel Top = 269.800		Var.Katsayısı = % 19.34			

Ek 5.4. Parlama noktası değerlerine ait varyans analiz tablosu.

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Hata Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	4	380.00	95.000	2.19	0.131
Traktör	1	5.00	5.000	0.12	
Yağ	1	605.00	605.000	13.96	0.002**
TraktörxYağ	1	45.00	45.000	1.04	0.328
Hata	12	520.00	43.333		
Genel Ort = 213.500		Toplam Sayı = 20			
Genel Top = 4270.000		Var.Katsayısı = % 3.06			

Ek 5.5. Özgül kütle değerlerine ait varyans analiz tablosu.

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Hata Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	4	0.00	0.000	0.92	
Traktör	1	0.00	0.000	1.25	0.285
Yağ	1	0.00	0.000	2.33	0.152
TraktörxYağ	1	0.00	0.000	0.01	
Hata	12	0.00	0.000		
Genel Ort = 0.894		Toplam Sayı = 20			
Genel Top = 17.886		Var.Katsayısı = % 1.01			

Ek 5.6. Toplam baz numarası değerlerine ait varyans analiz tablosu.

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Hata Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	4	6.71	1.677	0.50	
Traktör	1	4.23	4.232	1.25	0.284
Yağ	1	7.20	7.200	2.13	0.169
TraktörxYağ	1	0.00	0.002	0.00	
Hata	12	40.50	3.375		
Genel Ort = 7.410		Toplam Sayı = 20			
Genel Top = 148.200		Var.Katsayısı = % 24.79			

Ek 5.7. Kurşun konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Hata Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	4	279.22	69.84	0.58	
Traktör	1	26.79	26.791	0.22	
Yağ	1	0.96	0.960	0.01	
TraktörxYağ	1	325.03	325.028	2.69	0.126
Hata	12	1448.59	120.716		
Genel Ort = 11.306		Toplam Sayı = 20			
Genel Top = 226.124		Var.Katsayısı = % 97.18			

Ek 5.8. Silisyum konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Hata Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	4	102.96	25.741	0.55	
Traktör	1	1.93	1.934	0.04	
Yağ	1	771.54	771.543	16.35	0.001**
TraktörxYağ	1	12.45	12.452	0.26	
Hata	12	566.20	47.184		
Genel Ort = 9.754		Toplam Sayı = 20			
Genel Top = 195.071		Var.Katsayısı = % 70.43			

Ek 5.9. Kalay konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Hata Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	4	0.84	0.211	0.48	
Traktör	1	0.01	0.014	0.03	
Yağ	1	0.19	0.187	0.43	
TraktörxYağ	1	0.71	0.705	1.61	0.228
Hata	12	5.26	0.438		
Genel Ort = 0.314		Toplam Sayı = 20			
Genel Top = 6.281		Var.Katsayısı = % 210.78			

Ek 5.10. Alüminyum konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Hata Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	4	22.80	5.700	0.39	
Traktör	1	22.14	22.145	1.52	0.241
Yağ	1	43.21	43.209	2.97	0.110
TraktörxYağ	1	6.10	6.102	0.42	
Hata	12	174.85	14.571		
Genel Ort = 11.033		Toplam Sayı = 20			
Genel Top = 220.667		Var.Katsayısı = % 34.60			

Ek 5.11. Nikel konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Hata Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	4	0.84	0.209	2.35	0.113
Traktör	1	0.13	0.126	1.41	0.257
Yağ	1	0.13	0.133	1.49	0.245
TraktörxYağ	1	0.00	0.003	0.03	
Hata	12	1.07	0.089		
Genel Ort = 0.252		Toplam Sayı = 20			
Genel Top = 5.043		Var.Katsayısı = % 118.42			

Ek 5.12. Fosfor konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Hata Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	4	146876.53	36719.134	0.52	
Traktör	1	76.64	76.635	0.00	
Yağ	1	421268.84	421268.840	6.00	0.030**
TraktörxYağ	1	67448.31	67448.307	0.96	
Hata	12	842511.90	70209.325		
Genel Ort = 1207.943		Toplam Sayı = 20			
Genel Top = 24158.850		Var.Katsayısı = % 21.94			

Ek 5.13. Molibden konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Hata Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	4	121.45	30.361	0.62	
Traktör	1	87.83	87.831	1.78	0.206
Yağ	1	111.37	111.373	2.26	0.158
TraktörxYağ	1	100.87	100.872	2.05	0.178
Hata	12	591.35	49.280		
Genel Ort = 5.406		Toplam Sayı = 20			
Genel Top = 108.116		Var.Katsayısı = % 129.86			

Ek 5.14. Sodyum konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Hata Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	4	42044.54	10511.135	0.68	
Traktör	1	1118.72	1118.724	0.07	
Yağ	1	115233.35	115233.350	7.50	0.017**
TraktörxYağ	1	1934.49	1934.485	0.13	
Hata	12	184353.87	15362.823		
Genel Ort = 80.831		Toplam Sayı = 20			
Genel Top = 1616.629		Var.Katsayısı = % 153.34			

Ek 5.15. Potasyum konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Hata Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	4	129.90	32.476	1.31	0.321
Traktör	1	1.13	1.130	0.05	
Yağ	1	107.62	107.616	4.33	0.059
TraktörxYağ	1	1.93	1.934	0.08	
Hata	12	297.97	24.831		
Genel Ort = 2.973		Toplam Sayı = 20			
Genel Top = 59.465		Var.Katsayısı = % 167.60			

Ek 5.16. Bor konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Hata Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	4	940.66	235.165	0.81	
Traktör	1	402.83	402.834	1.39	0.260
Yağ	1	12820.38	12820.377	44.29	0.000**
TraktörxYağ	1	307.87	307.869	1.06	0.322
Hata	12	3473.56	289.463		
Genel Ort = 27.670		Toplam Sayı = 20			
Genel Top = 553.405		Var.Katsayısı = % 61.49			

Ek 5.17. Demir konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Hata Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	4	1023.97	255.993	0.41	
Traktör	1	2950.31	2950.312	4.71	0.050**
Yağ	1	5575.46	5575.462	8.89	0.011**
TraktörxYağ	1	187.76	187.762	0.30	
Hata	12	7521.84	626.820		
Genel Ort = 62.913		Toplam Sayı = 20			
Genel Top = 1258.254		Var.Katsayısı = % 39.80			

Ek 5.18. Gümüş konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Hata Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	4	0.00	0.000	0.49	
Traktör	1	0.00	0.001	3.45	0.087
Yağ	1	0.00	0.000	1.48	0.246
TraktörxYağ	1	0.00	0.001	3.01	0.108
Hata	12	0.00	0.000		
Genel Ort = 0.008		Toplam Sayı = 20			
Genel Top = 0.156		Var.Katsayısı = % 188.22			

Ek 5.19. Krom konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Hata Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	4	3.88	0.970	1.28	0.332
Traktör	1	1.23	1.225	1.61	0.228
Yağ	1	12.33	12.331	16.22	0.001**
TraktörxYağ	1	0.23	0.228	0.30	
Hata	12	9.12	0.760		
Genel Ort = 2.547		Toplam Sayı = 20			
Genel Top = 50.944		Var.Katsayısı = % 34.23			

Ek 5.20. Mangane konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Hata Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	4	1.71	0.428	0.36	
Traktör	1	0.02	0.024	0.02	
Yağ	1	2.46	2.461	2.08	0.174
TraktörxYağ	1	1.16	1.165	0.99	
Hata	12	14.16	1.180		
Genel Ort = 1.714		Toplam Sayı = 20			
Genel Top = 34.283		Var.Katsayısı = % 63.38			

Ek 5.21. Kalsiyum konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Hata Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	4	5553750.57	1388437.644	0.53	
Traktör	1	327646.69	327646.688	0.12	
Yağ	1	473079.60	473079.601	0.18	
TraktörxYağ	1	2220798.19	2220798.188	0.85	
Hata	12	31512806.23	2626067.186		
Genel Ort = 2982.518		Toplam Sayı = 20			
Genel Top = 59650.370		Var.Katsayısı = % 54.33			

Ek 5.22. Magnezyum konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Hata Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	4	217581.06	54395.265	0.85	
Traktör	1	71032.71	71032.713	1.11	0.313
Yağ	1	525044.59	525044.588	8.19	0.014**
TraktörxYağ	1	264.61	264.614	0.00	
Hata	12	769264.30	64105.358		
Genel Ort = 494.804		Toplam Sayı = 20			
Genel Top = 9896.072		Var.Katsayısı = % 51.17			

Ek 5.23. Çinko konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Hata Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	4	145247.29	36311.822	0.39	
Traktör	1	9256.61	9256.614	0.10	
Yağ	1	114859.77	114859.768	1.23	0.289
TraktörxYağ	1	122531.72	122531.716	1.31	0.274
Hata	12	1122626.23	93552.186		
Genel Ort = 1242.557		Toplam Sayı = 20			
Genel Top = 24851.130		Var.Katsayısı = % 24.62			

Ek 5.24. Bakır konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Hata Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	4	2057.93	514.483	0.48	
Traktör	1	523.68	523.684	0.49	
Yağ	1	1442.40	1442.400	1.35	0.267
TraktörxYağ	1	2497.99	2497.992	2.34	0.151
Hata	12	12805.27	1067.106		
Genel Ort = 22.816		Toplam Sayı = 20			
Genel Top = 456.327		Var.Katsayısı = % 143.17			

Ek 5.25. Kükürt konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz tablosu.

Kaynak	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Toplamı	Hata Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	4	55073809.56	13768452.389	1.69	0.217
Traktör	1	17558818.17	17558818.171	2.15	0.168
Yağ	1	2274144.64	2274144.636	0.28	
TraktörxYağ	1	1555871.44	1555871.436	0.19	
Hata	12	98033099.23	8169424.935		
Genel Ort = 11185.905 Toplam Sayı = 20					
Genel Top = 223718.101 Var.Katsayısı = % 25.55					

KAYNAKLAR

AKKURT, M., 1982. Makina Elemanları. İkinci Cilt. Birsön Kitapevi Yayınları. s. 1-50, İstanbul.

ANONYMOUS, 1980. Yakıtlar ve Yağlar. Petrol Ofisi Madeni Yağ Şube Müdürlüğü Yayınları. Sanem Matbaası. s. 231, Ankara.

ANONYMOUS, 1987. Petrol ve Petrol Ürünlerinden Elle Numune Alma Metodları. Türk Standartları. TS 900/Mart 1987, Ankara.

ANONYMOUS, 1991. Castrol Sanayi Yağları Katoloğu. Turcas Petrolcülük A.Ş., İstanbul.

ANONYMOUS, 1995. Yakıtlar Yağlar ve Yağlama, Shell Teknik servis Yayınları 8. Baskı, s. 48-69, İstanbul.

ANONYMOUS, 1996. Fiat 60-56 Traktörü Teknik Özellikleri Kataloğu, İzmir.

ANONYMOUS, 1996. MF-285 Traktörü Teknik Özellikleri Kataloğu, İstanbul.

ANONYMOUS, 1997. BP Madeni Yağlar Teknik Özellikler Kataloğu.

ANONYMOUS, 1997. Türk Otomotiv Sanayii Genel ve İstatistik Bilgiler Bülteni. Otomotiv Sanayii Derneği Yayınları:30 s. 23, İstanbul.

BEDNAR, M.S., 1997. Phase Transformation Through Shearing Under Pressure With and Without Oil Lubrication. (Copper, Silver, Alloying, Amorphous Alloys, Tribology). Engineering Materials Science. Journal CA section. Vol. 16, p. 83-89.

BİLGİNPERK, H., 1978. Dizel Motorları. Milli Eğitim Basımevi. s. 249-256, İstanbul.

CLAUSING, E.M., K. SCHRIEVER and S. KORCEL, 1995. Effects of Aging on Frictional Properties or Fuel Efficient Engine Oils. Journal CA section. Vol. 1116, p. 183-189.

CUNNINGHAM, G., 1996. An Investigation Into the Lubrication of Crankcase Scavenged Two-stroke Cycle Engines. Engineering Mechanical Science. p. 117.

D.İ.E., 1995. Tarım İstatistikleri Özeti, T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü Yayın. No: 1889. s. 59. Ankara.

DİNER, R., 1991. Otomotiv ve Sanayide Kullanılan Sentetik Yağlayıcılar. Madeni Yağlar Sempozyumu Bildirileri. TMMOB Kimya Mühendisleri Odası. s. 61-64, Bursa.

DONG, J., G. CHEN, and F. LUO, 1992. Study of the Antiwear Action Mekhanism of Alkoxy Aluminium in Lubrication Oil. Lubrication Science, Vol: 4 (2), p. 62-255.

DÜZGÜNEŞ, O., T. KESİCİ., T. GÜRBÜZ. 1983. İstatistik Metodları-I. A.Ü Ziraat Fakültesi Yayınları: 861, Ders kitabı:229, Ankara.

FUCHS, M. and H. LENHARDT., 1992. The World Lubricant Market. Fuch Petrolub AG Oel+Chemie, Mannheim, Federal Republic of Germany. p. 1-23.

GOERING, C.E., 1989. Engine and Tractor Power. Amercan Society of Agricultural Engineers. Amercan Society of Agricultural Engineers. p. 258-280.

HUSSAIN, A., S. BISWAS. and K. ATHME., 1992. A New Viscosity-Tempareture Relationship for Liquid Lubricant. Wear, Vol. 156, p.1-18.

KADAYIFÇILAR, S., 1966. Motor Yakıtları ve Yağları. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 272, s. 171-202, Ankara.

KARACAN, İ., 1984. Endüstriyel Hidrolik, G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Matbaası, s. 244-256, Ankara.

KEMON, S., Z. YAN and Z. ZHU, 1993. Analysis of Calcium Petroleum Sulphanates Used as Detergent - Dispersant Additive for Lubricating Oil. Journal of East China University of Science and Technology, Vol. 19 (6), p. 753- 759.

KEMİK, O., 1995. BP Gemlik Laboratuvarı Test Metodları. Bursa.

KHORRAMIAN, B.A., G.R. IYER, S.KODALI and R.TUPIL, 1993). Review of Antiwear Additives for Crankcase Oils, Vol. 169, p.87-95.

KOŞAL, N., 1991. Atık Yağların Geri Kazanılması ile İlgili Teknik Özellikler. Madeni Yağlar Sempozyumu Bildirileri. TMMOB Kimya Mühendisleri Odası. s. 179-199. Bursa.

KÜÇÜKŞAHİN, F., 1990. Dizel Motorları. Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş. ISBN 975-486-139-0. s.296, İstanbul.

LASHKHI, V.L. and N.N. ZAKHAROVA, 1992. Ecological Aspects of Lubricating Oil Application. Teknologiya Topliu Masel , p. 37-40.

MİHARA, Y., M. KAJIWARA and T. FUKAMATSU, 1996. Study on the Measurement of Oil - Film Pressure of Engine Main Bearing by Thin-Film Sensor. Journal Ca Section . Vol. 51 . p. 47-48.

MILTON, J.D., R.K. JENSEN., K. SCHRIEVER and S. KORCEK, 1995. Effects of aging on frictional properties of fuel efficient engine oils. Journal CA Section. 1116:183-189.

ÖZDAMAR, İ., T. KARASU., Y. TAŞKAYA. and V. ARVUZ, 1970. Otomobil Motorları. Cilt 1. Erkek Teknik Öğretmen Okulu Matbaası. s. 450, Ankara.

SCHULZ, J. E., B.L. EVRIDGE, 1989. Diesel Mechanics, Third Edition McGraw-Hill Book Company. Automotive Technology Series. p.25-29, New York.

- STUBINGTON, J.F., G.D. SERGEANT, P. BARRET and K.A. RAVAL, 1994.** Processing of Shale Oil for Potential Lubricating Oil Base Stocks. Fuel Processing Technology. Vol. 37 (3), p. 295-305.
- TAŞKIRAN, Y., 1991.** Taşıt Yağlarının Genel Özellikleri, Katıklar ve Özellikleri. Madeni Yağlar Sempozyumu Bildirileri. TMMOB Kimya Mühendisleri Odası. s. 8-57, Bursa.
- TEKİN, M. ve Y. ÇAVUŞOĞLU., 1997.** İçten Yanmalı Motorlarda Kirlenici Oluşumu ve Kontrolü. I. Uluslararası Katılımlı Otomotiv Teknolojisi Kongresi. 26-30 Mayıs, 1997. Ç.Ü. Adana, s. 157-160.
- TOMİZAMA, H., T. TSUKADA and M. YAMADA, 1996.** Lubricating Oil Composition, Patent CA Section 51, (Fossil Fuels, Derivates and Related Products), p. 19.
- WANG, W., 1997.** Processing and Properties of Ni / Sn Multilayer Composites. (Nikel, Tin, Fatigue, Cracking) Engineering Material Science, p. 2622-2624.
- WRIGHT, W.A., 1975.** Viscosity Index Tables for Celsius Temperatures, ASTM Data Series Publication DS 39B, Library of Congress Catalog Card Number: 75-10096.
- YUGONG, L., 1996.** The Microstructural Characteristics and Temperature Effects on the Wear Behaviors of the Electroless Nickel - Phosphorus Coatings. p. 1506.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın başlaması, yürütülmesi ve sonuçlanması aşamalarında değerli yardımlarıyla beni yönlendiren danışman hocam sayın Prof. Dr. Selçuk ARIN' a teşekkürlerimi sunarım.

Bu araştırma sırasında eleştiri ve önerileriyle beni yönlendiren, yardımlarını esirgemeyen Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünün değerli Öğretim üyesi Prof. Dr. Poyraz ÜLGER' e, Prof. Dr. Bülent EKER' e, Doç. Dr. Birol KAYIŞOĞLU' na, Doç. Dr. Bahattin AKDEMİR' e teşekkür ederim.

Yağların laboratuvar analizlerini gerçekleştirmemde ve sonuçların değerlendirilmesinde beni destekleyen B.P.A.Ş 'ye ait Gemlik/BURSA Laboratuvarlarında görevli Kimya Mühendisi Oya KEMİK' e, çalışmalarım süresince destek ve yardımlarını esirgemeyen, Total Madeni Yağlar Müdürü Kimya Mühendisi Yaşar TAŞKIRAN ve Kimya Mühendisi Yücel YILDIRIR' a teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin bilgisayarda yazılmasındaki katkılarından dolayı Tekniker Mustafa CAN' a, istatistik analizlerimin yapılmasında yardımcı olan Araştırma Görevlisi Habip KOCABİYİK' a teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca beni her türlü koşul ve şartlarda tereddütsüz destekleyen, sabırla yanımda yer alan sevgili eşim Nihal KILIÇ' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tekirdağ, 1998

Erdal KILIÇ

ÖZGEÇMİŞ

1967 yılında Sivas'ta doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimimi Sivas'ta tamamladım. 1984 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Makina Eğitimi Bölümü, Otomotiv Anabilim Dalında lisans öğrenimime başladım. Bu eğitimimi 1988 yılında tamamladıktan sonra Tekirdağ Teknik Lise ve Endüstri Meslek Lisesinde, Motor Atelyesi öğretmeni olarak göreve başladım.

1992 yılında Trakya Üniversitesi Tekirdağ Meslek Yüksek Okulu, Tarım Makinaları Bölümünde Öğretim Görevlisi olarak göreve başladım. 1993 yılında Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimimi tamamladıktan sonra aynı bölümde doktora öğrenimime başladım.

Halen Trakya Üniversitesi Tekirdağ Meslek Yüksek Okulu, Tarım Makinaları Bölümünde Öğretim Görevlisi olarak görev yapmaktayım.