

HİDROLİK SİSTEMLERDE KULLANILAN BİTKİ ESASLI HİDROLİK SIVILAR

H. Sevil ERGÜR

ÖZET

Petrol esaslı hidrolik sıvılar, iş makineleri, traktörler, orman makineleri, nakliye araçları ile makine ve kimya endüstrisinde çok kullanılırlar. Çevreye zarar vermeden toprakta çözünebilir ve eko-zehirlilik içermeyen bitki esaslı hidrolik sıvıların kullanım alanları da her geçen gün artmaktadır. Mükemmel tribolojik özellik gösteren, yüksek parlama noktaları ve yüksek viskozite indeksine sahip bitkisel yağlar, mineral yağlara göre buharlaşmayı %20 azaltmaktadır. Su kirlenme özellikleri oldukça düşüktür [1]. Bunların yanı sıra, oksidasyona ve yüksek sıcaklığa karşı düşük dirençli olup, düşük sıcaklıklarda akıcılıkları oldukça düşüktür. Bu özellikleri iyileştirmek için oksidasyon inhibitörleri ve düşük akma noktalı depresan kullanımı gibi farklı katkı maddelerinden yararlanılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bitki esaslı hidrolik sıvılar, yağ bitkileri, aşınma testleri, oksidasyon, sentetik esterler.

ABSTRACT

Petroleum-based hydraulic fluids are widely used in construction machines, tractors, forestry machines, transport vehicles, machine and chemical industry. The application field of hydraulic fluids is increasing rapidly without any damage to environment and also they can be decomposed without having toxicity. Vegetable based hydraulic fluids decrease evaporation percentage approximately %20 having high viscosity index, high flash point with excellent tribological characteristics. Their water contamination properties are rather low. Beside these they show high resistance to oxidation, low resistance to high temperature and fluidity is low at low temperatures. In order to enhance these characteristics, different kinds of additives are used such as oxidation inhibitors and depressants at low pour points.

Key Words: Vegetable based hydraulic fluids, vegetable oils, wear tests, oxidation, syntetic esters.

GİRİŞ

Avrupa' da 20 yıl önce kullanılmaya başlayan bitkisel esaslı yağların birkaç yıl içindeki kullanım oranı, uzmanlara göre %18'lere ulaşacaktır. Tüm bunlar dikkate alınarak, Avrupa'da birçok ülkede metal işleme ve endüstriyel yağlayıcılarda, greslerde ve hidrolik sıvılarda bitkisel sıvılar başarıyla kullanılmaktadır. Tüm dünya ülkelerinde yılda 41,8 milyon m³ yağlayıcı kullanılmaktadır. Birkaç yıl içinde bu değer %2 artması beklenmektedir. Dünya pazarındaki kullanımda motor yağları %48; üretimde kullanılan yağlar %15,3; hidrolik sıvılar %10,2 ve diğerleri %26,5 mertebesindedir. Kıtalar arası dağılım ise Asya/Pasifik %36,7, Kuzey Amerika %28, Batı Avrupa %12,5 ve diğer ülkeler %22,8 şeklindedir [1-4,7].

Petrol kaynaklarındaki sınırlamalar ve petrol ürünlerinin çevreye verdikleri zararlardan dolayı, petrol esaslı yağlayıcılar, yağlar ve yakıtların yerine yenilebilir ve çevreye zarar vermeden çözünebilir ürünlerin kullanımına yönelik oldukça ciddi çalışmalar yapılmaktadır. Yeşil yağlayıcı diye adlandırılan bu ürünlerin özellikleri, çevresel yararlar ve risk analizleriyle birleştirildiğinde bitki esaslı yağlar ortaya çıkmıştır. [2-6] Almanya' da 1998 yılında kullanılan %2,5'u bitki esaslı olan yaklaşık 1.000.000 ton yağlayıcının 150.000 tonu hidrolik sıvı olarak, bunda 100.000 tonu sabit, 50.000 tonu ise mobil sistemlerde değerlendirilmiştir [8-10]. Alman Federal Çevre Kurumu, çevrede çözünebilir hidrolik sıvı ürünlerinin kullanımını artırmak amacıyla ödüllendirmeler yapmış olmasına rağmen, petrol esaslı hidrolik sıvı kullanımı bütün hızıyla devam etmektedir. Avrupa pazarında yaklaşık 4,5 ton yağ kullanılırken bunun 350.000 tonunun bitki esaslı sıvı şeklindedir [10,11]. Petrol esaslı hidrolik sıvıların denizdeki canlıları öldürdüğü ve toprağı kirlettiği de bilinmektedir. Bu nedenle, çevreye zarar vermeyen hidrolik sıvılar kullanılarak, söz konusu olumsuzluklardan kaçınmak mümkündür. Çevreyle emniyetli sıvı denildiği zaman ilk akla gelen, atmosferle temasının 28 günlük sürecinde % 80'i parçalanabilen hidrolik sıvıdır. Çevreyle temas halinde bitkilere, deniz canlılarına, hayvanlara ve insanlara zarar vermemeleri için bu sıvıların zehirsiz olmaları gerekmektedir. Yenilebilir çevrede çözünebilir bitki esaslı hidrolik sıvılar, çevresel ihtiyaçları karşılamakta ve petrol esaslı hidrolik sıvılardan istenen özellikleri de sağlamaktadırlar

Hidrolik sıvı olarak kullanılacak bitki esaslı yağların özellikleri çok önemlidir. Yağların içerdiği trigliseridlerdeki gliserinin poliollerle değiştirilmesi, bu özelliklerin geliştirilmelerinde kullanılan bir yöntemdir. Bu değişimle, mükemmel ısıl stabilite, toprakta çözünürlük, yüksek viskozite ve iyi kesme stabilitesi sağlanabilir. Toprakta çözünürlüğe sahip sıvıların dünya piyasasında ilk uygulandığı kıta Avrupa'dır. Avrupa' da çevre ile ilgili yasaların takibi ve uygulanması çok daha ciddi yapılmaktadır. Ancak bitki esaslı hidrolik sıvılar, mineral yağlara göre çok daha maliyetli olduğu için, günümüzde hidrolik sıvı kullanımında bitkisel yağlar çok tercih edilmemektedir. Söz konusu sıvıların tribolojik özelliklerinin de analizi yapılarak, kayma sırasında ortaya çıkan sürtünmenin yanı sıra, temas halindeki yüzeylerin aşınması da dikkate alınmalıdır. Bunlara ek olarak, yeni formüle edilmiş sıvının mevcut keçelere uyumluluğu da ayrı bir özen gerektirmektedir [11-14].

1. BİTKİ TOHURLARININ GENETİK TÜRLERİ VE YAĞLI ASİT ORANLARI

Günümüzde bitki esaslı hidrolik sıvı olarak kullanılan bitkisel yağ türleri ve biyolojik hidrolik sıvılar; doymamış esterler (kozla tohum yağı, ayçiçek tohum yağı, mısır, soya fasulyesi, kanola, hindistan cevizi vb.), doymuş ve doymamış sentetik esterler ve diğer temel sıvılar (petrol esaslı ürünler, polialfa-olefinler ve vb.) şeklinde ifade edilebilir.



(a)

(b)

(c)

(d)



(e)



(f)

(g)

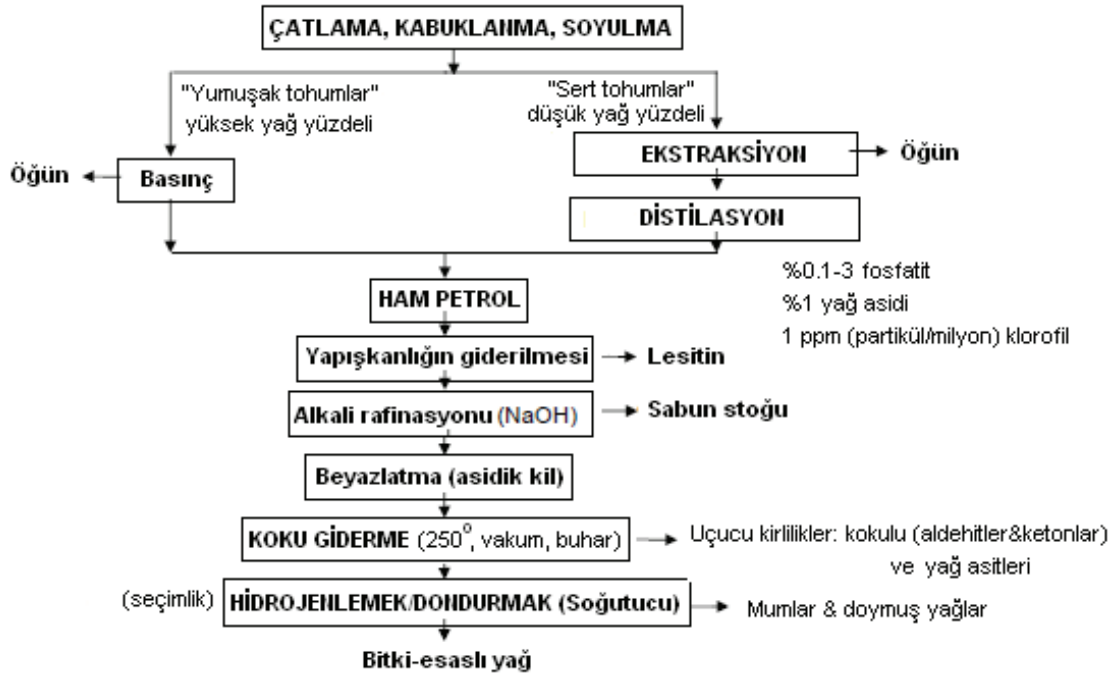
(h)

Şekil 1. Bitki Esaslı Hidrolik Sıvı Olarak Kullanılan Bitkisel Yağ Türleri [15]

Mısırın içerisinde % 4-5 oranında yağ mevcuttur. Genetik çalışmalarla yeni geliştirilen yüksek yağlı mısır türünde ise yağ oranı % 8' e kadar çıkmaktadır. Soya fasulyesindeki protein ve yağ yüzdesi % 60' lara ulaşır. Ayçiçek tohumunun içeriğindeki yağ yüzdesi, üretim bölgesine göre değişmekle birlikte, yağ oranı çok yüksektir. Yağ üretiminde kullanılan 30 tür pamuk vardır. Hasat kaldırılan pamukta % 70 oranındaki ürünün %18-20' si yağ içerir. Rafine edilmiş ve saflaştırılmış yağ renksiz ve kokusuz olup, yemek pişirmede başarıyla kullanılır. Kolza yağı, yabani hardal ailesine ait bir bitkidir. Yağ oranı kanolaya yakındır. Hindistan ve Uzakdoğu ülkelerinde yetişir. % 48-55 monogliserit ile %30-40 doymamış gliseritten oluşan yağ hurmasının yağ yüzdesi düşüktür. Hindistan cevizi yağı, tropik bölgelerde yetişir. Kurutulmuş 1kg hindistan cevizinden 650 gr hindistan cevizi yağı üretilebilir. Yağ yüzdesi yaklaşık % 63-70 arasında değişir. Fıstık yağı; %40-50 yağ, %24-35 protein içerir. Yemek pişirmede ve margarin üretiminde kullanılır. Şekil 1' de (a), (b), (c), (d), (e), (f), (g), (h) ile gösterilen bitkisel yağlar sırasıyla mısır, soya fasulyesi, ayçiçek tohumu, pamuk, kolza yağı, yağ hurması, hindistan cevizi ve fıstık yağıdır [15-17].

2. BİTKİ ESASLI HİDROLİK SIVILARIN ÜRETİMİ

Bitki esaslı yağ üretiminde bitkinin üretim yeri çok daha önemli olmakla birlikte, üretim için tercih edilen genel akış şeması Şekil 2' de verilmiştir. Ortam şartları ve bitkinin özelliklerine göre, verilen akış şemasında değişikliklere ihtiyaç duyulabilir. Bitkisel esaslı hidrolik sıvılar bitkisel yağlar, sentetik esterler ve katkı maddeleriyle formüle edilirler. Özellikleri mineral yağlara çok benzeyen, zehirlilik yüzdeleri düşük olan bu sıvılar kolayca çözünebilirler. Bazıları, düşük sıcaklık karakteristiği gibi sınırlı çalışma kapasitesine ve oksidasyon kararlılığına sahiptirler. İmalatçı firmaların geliştirdikleri ürünlerle çevreye verilecek zararı en aza indirmek için gerekli çalışmalar devam etmektedir. Bu tür hidrolik sıvı kullanımının bir başka yararı da dışa bağımlılığı azaltmaktır [16,17]. Bitki esaslı hidrolik sıvı üretiminde yararlanılan bitkiler aşağıdaki şekilde özetlenebilir. İçerdikleri yağ oranına göre, üretim şeklinde değişiklik yapılabilir.



Şekil 2. Bitki Esaslı Yağ Üretimi [15]

Tükenecek fosil yakıtların yerine, farklı alternatif kaynaklar araştırılırken, bunların çevreye yönelik avantaj ve dezavantajlarının çok iyi analiz edilmesi gerekir. Buradan hareketle, bitki esaslı hidrolik sıvıların çok iyi tanınması, yararlarının ve özelliklerinin tam olarak bilinmesi çok önemlidir. İdeal hidrolik sıvılarda bulunması gereken özellikler, sıcaklıktan bağımsız sabit viskozite–düşük kaviteasyon–düşük zehirlilik–düşük kimyasal korozyon–düşük aşınma–ısı ve hidrolik kararlılık–kolayca çözünbilme–ateşe mukavemet özelliği, uzun ömür ve düşük maliyet şeklinde özetlenebilir. Ancak herhangi bir sıvının tek başına bu karakteristiklerin tümünü taşıyabilmesi oldukça zordur [18].

2.1. Bitkisel Hidrolik Sıvıların Avantajları

- Doğal geri dönüşümle oluşan zararlı atıklarda azalma,
- Çöplüklerdeki petrol hidrokarbon kirliliğinde azalma,
- Taban suyu ve toprağın korunması,
- Zararlı atıklardan kurtulma aşamasında maliyetin düşürülmesi,
- Yer altı suyu ve toprak temizleme maliyetinde düşme,
- Petrol kullanım oranının azalması,
- Alternatif yağlama kaynağı oluşturması şeklinde özetlenebilir.

2.2. Bitkisel Yağların Özellikleri

- Çok iyi yağlama özelliği,
- Zehir içermeme özelliği,
- Kolaylıkla çözünbilme özelliği,
- Kolza tohumu, ayçiçek, mısır, kanola, soya fasulyesi gibi bitkilerin yenilenebilir kaynaklardan çıkarılması özelliği,
- Çeşitli kimyasal ve fiziksel özellikler,
- Düşük sıcaklıkta zayıf akıcılık özelliği,
- Zayıf oksidasyon kararlılığı,
- Düşük maliyet olarak tanımlanmaktadır.

Ayrıca, bitki esaslı sıvılarla birlikte sentetik esterlerin özelliklerinin de yağ seçimindeki katkısı önemlidir.

2.3. Sentetik Esterlerin Özellikleri

- Çok iyi yağlama,
- Çok iyi akıcılık,
- Düşük sıcaklık ve eskime kararlılığı,
- Zehirsiz olması,
- Kolaylıkla çözünebilir olması,
- Yenilenebilir kaynağa bağlı olarak elde edilen fiziksel ve kimyasal özellikler,
- Maliyetinin yüksek olmasıdır.

Tablo 1. Bitki Esaslı Sıvıların Petrol Esaslı Sıvılar ve Sentetik Esterlerle Karşılaştırılması [19]

	Mineral Yağlar	Bitkisel Yağlar	Sentetik Esterler
Çözünürlük ASTM D5864	%10~40	%40~80	%30~80
Viskozite, cSt	15~150	32~68	20~300
Akma noktası, Co	(-54)~(-15)	(-20)~(-10)	(-60)~(-20)
Mineral yağlarla uyumu	-	İyi	İyi
Oksidasyon kararlılığı	İyi	Zayıf- İyi	Zayıf- İyi
Çalışma ömrü	2 Yıl	6 Ay-1 Yıl	3 Yıl

Hidrolik sıvı seçiminde, farklı tip her bir ürün özelliklerinin temel standartlarla karşılaştırılması şarttır. Tablo 1' de verilen mineral, bitkisel ve sentetik esterlere ait özelliklerin karşılaştırılması hidrolik sıvı seçimini kolaylaştıracak gibi uygun yağ seçimini de sağlayacaktır.

2.4. Petrol-Bitki Esaslı Hidrolik Sıvılarda Kimyasal ve Fiziksel Özelliklerin Kontrolü

Petrol esaslı sıvılar için aşağıdaki testler yapılmaktadır.

a) Üniuersal Aşınma Testleri

- Abex-Dennison HFO

b) Aşınma Testleri

- Abex-Dennison HF'
- Vickers Inc.M 2952-S
- Vickers Inc I 286-SO
- MIL-L 17331-H
- C.M.P-68,P-69,P-70

c) Pas ve Oksidasyon testleri

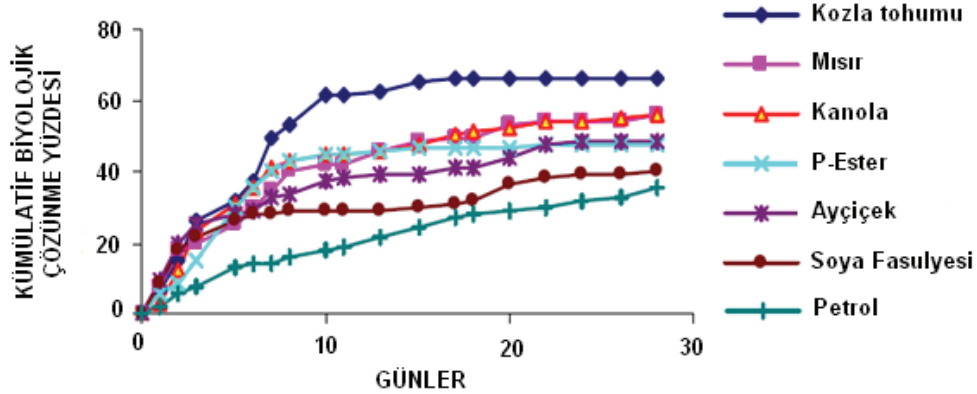
- Abex-Dennison HF1
- MIL-M 17672-D
- C.M.P-38,P-54,P-57
- GEK 32568

Üretim aşamasında sorun çıkmasını önlemek amacıyla, bitki esaslı hidrolik sıvılar için kimyasal ve fiziksel özelliklerin belirlenmesine yönelik aşağıda verilen testlerden yararlanılır [20].

- Viskozite testi
- Akma noktası testi
- Parlama noktası testi
- Oksidasyona karşı gösterilen kararlılık testi
- Korozyon koruma testi
- Düşük sıcaklıkta kararlılık testi
- Elastomer kararlılık testi
- Aşınma testi
- Su kararlılığı testi
- Isıl kararlılık testi
- Partikül kirlilik testi
- Çözünürlük testi
- Zehirlilik testi

Kullanılan petrol esaslı yağlarda en büyük sorun, bunların çevreye verecekleri zarardır. Günümüzde atık malzemelerin çoğunun çözünür olmaması, çevre için en büyük tehlikedir. Buradan hareketle, bitki esaslı sıvıların çözünürlüğünde etken faktörlerin çok iyi bilinmesi, sorunları kesinlikle azaltacaktır. Dolayısıyla bu tür sıvı kullanıcılarının bu faktörleri çok iyi değerlendirmeleri gerekir. Yağlayıcıların çözünürlüğüne etkileyen en önemli faktör, çözünürlüğün genelde yağlayıcıların moleküler yapılarına bağlı olmasıdır. Ayrıca, aromatik bileşiklerin genel yapılarından ve zehirli olmalarından dolayı düşük çözünürlüğe sahip olduğu ve bitkisel esaslı sıvıların çözünme kapasitelerinin petrol esaslı sıvılara göre çok daha yüksek olduğu bilinmelidir [16,17-19].

Günümüzde bitkisel esaslı hidrolik sıvı üretiminde kullanılan kozla tohumu, mısır, kanola, P-esterleri, ayçiçeği, soya fasulyesi ve petrol esaslıların çözünürlükleri farklılık gösterir. Şekil 3' de görüleceği üzere çözünürlük kozla tohumunda çok iyi iken petrol esaslılarda oldukça düşüktür.



Şekil 3. Bitki ve Petrol Esaslı Sıvılarda Çözünürlük [14,20]

Günümüz sanayinde bu tür sıvılar için farklı ülkelerde farklı çözünürlük testleri yapılmaktadır. En çok kullanılan testlerden birisi ASTM D 5864 biyolojik çözünme testidir. Bu test, OECD 301B testinin bir başka versiyonu olup, STUN TEST olarak da bilinir. Bu testin sonucunda elde edilen çözünürlük % 60 veya daha üst değerlerde ise, o yağ kolayca çözünülebilir olarak kabul edilir. İyi kontrol edilmiş şartlar altında yapılan testte, sıvının çözünürlüğü maksimum karbon dönüşümünün yüzdesi olarak belirtilmelidir [16-18].

Bitki esaslı hidrolik sıvıların kullanım yüzdesini artırmak için, uygulamada çok sayıda testler yapılmaktadır. Yapılan bu testlerde elde edilen sonuçların, kullanıcı hizmetine sunulmasında yarar vardır. Bitki esaslı hidrolik sıvılarla yapılan testlerden elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Herhangi bir sistemde kullanılan hidrolik sıvıda belirgin viskozite değişimi gözlenmemiştir.
- Tüm numunelerde belli derecede oksidasyon gözlenmesine rağmen, sıvı kalitesinin çok fazla etkilenmediği.
- 30°C' ye kadar ısıtılmış sıvılarda, işlem sırasında hiçbir sorun gözlenmemiştir.
- Bitki esaslı hidrolik sıvılar, suya karşı reaksiyon gösteren hidrolik kararlılığa sahiptirler.
- Sistemlerde kaçak sorunu gözlenmemiş ve sızdırmazlık elemanları bozulmamıştır.
- Bitki esaslı hidrolik sıvılar uçuculuk sorunu göstermişlerdir.
- Bitki esaslı hidrolik sıvıların kullanıldığı hidrolik sistemlerdeki yapısal elemanlar arasında uyumsuzluk gözlenmemiştir.
- Hidrolik sistemlerde biyolojik çözünme gözlenmemiştir.
- Çalışma sırasında sıvıların çevresel özellikleri (çözünürlük) değişiklik göstermemiştir.
- Bitki esaslı sıvılarla petrol esaslı sıvılar arasında uyumsuzluk gözlenmemiştir.
- Tüm bitki esaslı hidrolik sıvılar bir yıllık test süresince, ağır şartlarda kullanılmalarına rağmen uyumsuzluğa neden olabilecek davranışlar göstermemişlerdir.

2.5. Bitki Esaslı Hidrolik Sıvıların Pazar Araştırması

Bitki esaslı hidrolik sıvı pazarlarının en yüksek kullanım potansiyeline ulaşmaları, aşağıdaki şartların sağlanmasıyla mümkündür. Bu şartlar sırasıyla,

- Maliyet artırıcı kayıpların belirlenmesi,
- Düşük akma noktasının gerekmediği özel durumlar hariç, iç mekânlarda kolayca kullanılabilmesi,
- Bitki esaslı hidrolik sıvı kaçaklarının topraktaki çözünürlüğünün yüksek olması,
- Yasaların getirdiği satın alma şartının sağlanması şeklinde özetlenebilir.

Bitki esaslı hidrolik sıvıların pazar araştırmasına yönelik sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

- Çok sayıda imalatçı firma, mevcut hidrolik sıvılara göre daha az zehirli ve çok daha iyi çözünebilir bitki esaslı hidrolik sıvı geliştirmektedirler.
- Bitki esaslı hidrolik sıvı pazarının çevre yönetmelikleriyle daha çok artacağı tahmin edilmektedir.
- Ticari açıdan bitki ve sentetik ester esaslı olmak üzere, iki adet bitki esaslı hidrolik sıvı vardır.
- ABD' de isteğe bağlı olarak, 26 ayrı tür bitki esaslı hidrolik sıvı değerlendirmeye alınmıştır [21].

SONUÇ

- Şu anda hidrolik sıvı pazarında çok sayıda bitki esaslı hidrolik sıvı mevcut olup, ticari ve askeri ihtiyaçlara cevap verecek bitkisel içerikli yeni hidrolik sıvılar geliştirilmektedir.
- Bitki esaslı sıvılar, kolza tohumu, kanola, soya fasulyesi, hindistan cevizi gibi yenilenebilir kaynaklarla formüle edilmektedir.
- Yüksek çözünürlük ve düşük oksidasyona sahiptirler.
- Petrol esaslı hidrolik sıvılarla karşılaştırıldığında, aynı performans (verimlilik) değerlerini sağladıkları görülmüştür.
- Bitki esaslı hidrolik sıvılar, her tür sistemde başarıyla kullanılmaktadır.
- Biyolojik sıvıların kullanımında, (petrol esaslı sıvılara göre) ışınım veriminin belirgin oranda düştüğü gözlenmiştir.

- Petrol üretimi olmayan ülkelerde bu tip hidrolik sıvıların kullanımı, dışa bağımlılığı azaltacak, çevre kalitesini artırarak, insan sağlığına yardımcı olacaktır.
- Sistemin yağlama özelliğini destekleyen bu tip sıvılar yardımıyla sistemin emniyetli çalışması da sağlanmaktadır.
- Bitki esaslı hidrolik sıvıların üretimi için gerekli olan bitkilerin yetiştirilmesi ziraat endüstrisine de ek fırsatlar sunmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Willing, A. Lubricants based on renewable resources - an environmentally compatible alternative to mineral oil products Chemosphere, 2001.
- [2] Paeglis T., Karabesko P., Mjerina I., Serzane R., Strele M., Tupureina V., Jure M., Composition of Hydraulic Fluids Based on Rapeseed-oil and Its Derivatives, Riga Tech.University, Engineering for Rural development, Jelgava, 171, 2009.
- [3] Vizintin J., Krzan B., Tribological Properties of vegetable Based Universal Tractor Transmission Oil, Rotrib'03 National Tribology Conference, ISSN 1221-4590, 24-26 September, 2003.
- [4] Boyde, S. Green lubricants. Environmental benefits and impacts of lubrication. Green Chemistry, 2002.
- [5] Ekman A., Börjesson, Life assessment of mineral oil-based and vegetable oil-based hydraulic fluids including comparison of biocatalytic and conventional production methods, Int.J.Life Cycle Assess 16:297-305, DoI 10.1007/s11367-011-0263-0, LCA of Chemicals, 2011.
- [6] Fox J.N., Stachowiak w.G., Vegetable oil-based lubricants, Elsevier, Tribology 40, 1035-1046, 2007.
- [7] Maleque, M.A.; Masjuki, H.H.; Sapuan, S.M. Vegetable-based biodegradable lubricating oil additives. Industr. Lubr. Tribol., 2003.
- [8] Functional Products Incorporated, A Solution Company, Additives for Biobases Products, Certified ISO 9001:2008, 8282 Bavaria Road, Macedonia, Ohio, 44056, 2011.
- [9] Lemke M., Fernandez R., Löhmansröben G.H., In-situ LIF Analysis of Biological and Petroleum-based Hydraulic Oils on soil, ISSN 1424-8220-5,1-2,p.61-69, Universtat Potsdam, 2005.
- [10] Heine, C., In Bioschmierstoffe in der kommunalen Praxis, Gülzower Fachgespräche, Hamm. Fachtagung lokale Agenda 21, Fachagentur nachwachsende Rohstoffe e.V., 26.Mai 1999.
- [11] Standardization of vegetable oils, Giovanni Riva¹, Marche Polytechnic University – Julio Calzoni², Italian Thermotechnical Committee (CTI).
- [12] Schaschke J.C., Allio S., Holmberg E., Viscosity measurement of vegetable oil at high pressure, Institute of Chemical Engineers, Trans. I Chemical Part C., Food and Bioproducts processing 84(C3):173-178, September 2006.
- [13] Biodegradable hydraulic fluids for construction machinery, JCMAS P 042, Japan Construction Mechanization Association, 2004.
- [14] Johnson G., Environmentally safe hydraulic oils, March, April 2008. www.InMotionOnline.com.au
- [15] Rhee S., US Army RDECOM-TARDEC 6501 E 11 Mile Rd Warren, MI 48397-5000.
- [16] Mendoza G., Igartuna A., Fernandez_Diaz B., Urgulola F., Vivanco S., Arguizoniz R., Vegetable oils as hydraulic fluids for agricultural applications, Grasas y aceites, 62(1), Enero-Marzo 29-38, ISSN:0017-3495, 2011.
- [17] Rose B., Rivera P., Replacement of Petroleum Based Hydraulic Fluids with a Soybean-Based Alternative, Sandia National Laboratory, P.O.Box:5800, MS 0950, Albuquerque, NM8785-0950, 1998.
- [18] Erhan Z.S., Sharma K.B., Perez M.J., Industrial Crops and Products, Elsevier, 292-29924/2006.
- [19] Wright B.R., Alvarez R.A., Phillips G., Field Demonstration of Biodegradable hydraulic Fluid in Military Tactical and Construction Equipment, Interim Report Tflrf No.339, US Army TARDEC Fuels and Lubricant Research Facility, San Antonio, TX.
- [20] Gawrilow I., Palm Oil Usage in Lubricants, 3rd., Global Oils and Fats Business Forum USA, October 8, 2003.
- [21] NLGI spokesman Vol.60, 1996.

ÖZGEÇMİŞ

Hayriye Sevil ERGÜR

Lise öğrenimini Eskişehir Tepebaşı Anadolu Lisesi'nde tamamladıktan sonra, 1997 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden "Makine Mühendisi"; 2000 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden "Makine Yüksek Mühendisi"; 2007 yılında "Doktor"; 2011 yılında ise Yrd. Doç. Dr unvanlarını almıştır. İlgili alanları; Kompresörler, Hidrolik-Pnömatik Transport, Hidrolik Makineler, Hidrolik Makineler Tasarımı, Hidrolik ve Pnömatik Devreler ile Akışkanlar Mekaniğidir.