



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Bitkisel Esaslı Bir Hidrolik Akışkanın Geliştirilmesi

Gürcan SAMTAŞ

Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE

** Sorumlu yazarın e-posta adresi: gureansamtas@duzce.edu.tr*

ÖZET

Günümüzdeki modern dünyada hidrolik; gün geçtikçe birçok alanda insanların yaşantısında çok önemli pay sahibi olmaktadır. Hidrolikte enerjiyi sağlayan temel unsur akışkandır ve akışkana yön veren ekipmanlar valfler olarak adlandırılır. Valflerin genel olarak doğrudan el ile ya da elektriksel sinyal vasıtasıyla kumanda edilmesi, hareketli hidrolik sistemin karakteristik bir özeliğidir. Bir hidrolik sistemde en önemli tek malzeme kendi kendine çalışan hidrolik akışkandır. Hidrolik yağın karakteristik özellikleri, ekipmanların performans ve ömürleri üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Dolayısıyla yüksek kalitede temiz bir akışkan kullanarak etkili bir hidrolik sistem oluşturulabilir. Ayrıca hidrolik sistemlerde bulunan sıvı akışkan, iş elemanı olarak silindirler içerisinde ne kadarlık bir güç üreteceğini de belirler. Diğer taraftan bir hidrolik akışkan; gücün iletimi, hareket elemanlarının yağlanması, eş parçalar arasında conta görevi ve sistemde ısı dağılımı gibi amaçlar için de kullanılır. Hidrolik bir sistemi harekete geçiren de odur. Bu çalışmada, doğada rahatça bulunabilen bitki ve bitki tohumları kullanılarak hidrolik yağ yerine geçebilecek hidrolik akışkan üretilmiştir. Üretilen akışkan viskozite değerleri ölçülmüş, ideal bitki karışım oranları belirlenmiştir. Akışkanın viskozite değerleri karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Hidrolik, Hidrolik Akışkan, Hidrolik Devreler*

Development of Vegetable Based a Hydraulic Fluid

ABSTRACT

Today's modern World hydraulic is having a very important role in people's life day by day. The main factor providing energy to hydraulics is fluid and the equipment which direct to the fluid are called as valves. The direct controlling with manual or electrical signal of valves are a characteristic feature of mobile hydraulic system. The best important material in a hydraulic system is self-powered hydraulic oil. Characteristic properties of hydraulic have a great effect on performance and life of its equipment's. Therefore, an effective hydraulic system can be created using the highest quality a clean fluid. Moreover, the liquid fluid contained in a hydraulic system determines how much power will produce as a work element into cylinders. On the other hand, hydraulic fluids are also used for purposes such as power transmission, lubrication of the movement-element, gasket between the mating parts and heat distribution system. It is also mobilized a hydraulic system. In this study, a hydraulic fluid was produced to replace hydraulic oil using plants and plant seeds which can be easily found in

nature. Viscosity values of the produced fluid were measured, and the ideal plant mix ratio is determined. Viscosity values of fluid were compared.

Keywords: Hydraulic, Hydraulic fluid, Hydraulic circuits

I. GİRİŞ

Hidrolik kelimesi ilk olarak Yunancadan ortaya çıkmış ve İngilizce kullanılmaya başlanmasıyla yaygınlaşmış bir kelimedir. Yunancada, "Aulos" boru iken "Hydra" kelimesi suyu ifade etmektedir. Dolayısıyla "hydraulics (hidrolik)" ifadesinin orijinali Yunancadan bu iki kelimenin birleştirilmesi ile oluşturulmuştur. Basit anlamda ise İngilizcede "borular içindeki su" anlamı taşımaktadır [1]. Her yıl litrelerce yağ kullanımdan ötürü doğaya bırakılmakta, bunun sonucunda da yer altı suları kirlenmekte, hayvanlar ve bitkiler zehirlenmektedir. Bunun en iyi örneğini ormanlarda ağaç kesmek için kullanılan hidrolik kesicileri verebiliriz. Dolayısıyla çevre dostu hidrolik yağların bu amaçlar için kullanımı, doğayı kirlenmesini önemli derecede azaltmaktadır. Genel olarak bakıldığında çevreyi kirlenmeyen bu yağların bazı istenmeyen özellikleri olduğunu görmekteyiz. En fazla göze çarpan özelliği düşük sıcaklıklarda çok yüksek viskozite değerine ulaşması, düşük oksidasyon kararlılığı, temizlenme sorunları, içindeki suyu ayırmada yaşanan sorunlar ve düşük sıcaklıklarda filtrelenebilirlik sorunlarıdır. Bu sorunları dikkate alarak çevre dostu yağ kullanımında araştırmayı bekleyen bazı sorular vardır. Bunların içerisinde en önemli olanları; yeni ürünlerle karıştırılıp karıştırılamayacağı, yüksek sıcaklık limitlerinin ne olacağı, kullanılan yağların çevre tarafından ne zaman emilebileceği ve çevre bakımından uygunluğunun ne olduğudur [2]. Diğer taraftan önceki yıllardan günümüze kadar uzanan çalışmalarda su hidroliğinin endüstriyel uygulamalarda yerini aldığını görmekteyiz. Su hidroliğinin tam olarak kullanılabilmesi için, pompadan başlayarak hemen hemen bütün devre elemanlarının suya uyumlu olması gerekmektedir. Günümüzde malzeme ve materyallerinin gelişmesi, özellikle anti korozyon malzemelerin üretilmesi buna mümkün olmaktadır. Suyun kullanımlarda en önemli dezavantajı düşük viskozite değeri nedeniyle sistemde su kaçaklarının meydana gelmesidir. Diğer ise, düşük viskozite değeri nedeniyle büyük yüklerde istenilen performansı verememesidir. Sanayi uygulamaları açısından değerlendirdiğimizde ise yağ hidroliğin uygulanabilirliği sudan daha fazladır [3]. Suyun hidrolikte düşük güç üretimi risklerinin dışında oldukça fazla avantaja sahiptir. Suyun çevre dostu oluşu, toksik madde içermemesi, alev almaması, maliyet açısından ucuz oluşu ve termal iletkenliği mineral yağdan 4-5 kat fazla oluşu onu göz önüne çıkarmaktadır. Ancak burada en önemli faktör güç üretebilmesidir. Saf su hidroliği düşük viskozite değerine sahiptir. Aynı koşullar ve iletim yolları altında, yağdan 30 kat daha fazla sızdırabilirliği mevcuttur. Yağın kinematik viskozite değeri 50 °C de (normal çalışma şartları) 23 cSt iken 40 °C de suyun viskozite değeri 0.66 cSt'dur [4]. Suyun düşük viskozitesi nedeniyle su hidroliği yağ hidroliğinden daha gürültülüdür [5]. Kaviteasyon (boşluk oluşumu) ve erozyondan kaçınmak için su hidroliğinde her zaman operasyon basıncı mineral yağlı hidrolik sistemden düşük tutulur [3]. Korozyona karşı dirençli malzemeler (paslanmaz çelik, alüminyum, bakır alaşımları, polimerler ve seramikler) operasyon sıcaklığı 5-50 °C ve suyun kalite kontrolü (viskozite, sertliği) su hidroliği için temel gereksinimlerdir.

Bitkilerden elde edilen hidrolik yağlar günümüzde çevre kirliliğine karşı hidrolik sistemlerde kullanılan en iyi yöntemlerden biridir. Özellikle ormanlık alanlarda hidrolik ekipmanlarla yürütülen işlerde, madenlerde ve diğer çevre kirliliğine karşı duyarlı olunması istenilen dış ortamlarda bitkilerden elde edilen yağlar günümüzde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yağlar endüstriyel

olarak üretilmektedir. Fiyat olarak bakıldığında mineral bazlı hidrolik yağlardan (özellikle kanola bitkisinden üretilen yağlar) daha pahalı olduğu bilinmektedir. Bitkisel (sebze) içerikli yağlara rağmen mineral (petrol türevi) içerikli yağlar dikkat çekici bir şekilde düşük maliyetleri sebebiyle üstünlüğünü küresel anlamda sürdürmektedir. Sentetik içerikli yağlar doğaya verdiği kirlilik seviyesi çok az olduğu ve fiyat açısından mineral esaslı yağlara yaklaştığı için günümüzde ve sonraki yıllarda daha fazla kullanılacağı ön görülmektedir. [6]. Sebze türevi (bitkisel) yağlar yüksek viskozite indeksi, yüksek kayganlık diğer yağlar esas alındığında düşük buharlaşma ve yağlama özelliğine sahiptir. Yüksek sıcaklıklarda buharlaşabilme özelliklerine sahip oldukları için çalışma sıcaklıkları her zaman düşük tutulmalıdır. Yağların içerdiği trigliseridlerdeki gliserinin poliollerde değiştirilmesi, bu özelliklerin geliştirilmelerinde kullanılan bir yöntemdir. Bu değişimle, mükemmel ısı stabilite, toprakta çözünürlük, yüksek viskozite ve iyi kesme stabilitesi sağlanabilir. Günümüzde bitki esaslı hidrolik sıvı olarak kullanılan bitkisel yağ türleri ve biyolojik hidrolik sıvılar; doymamış esterler (kozla tohum yağı, ayçiçek tohum yağı, mısır, soya fasülyesi, kanola, Hindistan cevizi vb.), doymuş ve doymamış sentetik esterler ve diğer temel sıvılar (petrol esaslı ürünler, polialfaolefinler ve vb.) şeklinde ifade dileyebilir [7]. Xavier vd. yaptığı çalışmada, dört farklı bitkisel ve mineral bazlı hidrolik yağları yüksek basınçlarda sıcaklık ve basınç karşı viskozite indekslerindeki değişimleri incelemişlerdir. Yaptıkları ölçümlerden, basınç-viskozite katsayısını elde etmişlerdir. Elde ettikleri bu bilgi ile mineral yağların kullanımına karşı bitkisel yağların en yeni şekliyle nasıl formüle edeceklerini belirlemeye çalışmışlardır [8].

Acaroğlu yaptığı çalışmada, ormancılıkta ve tarım makinalarında biyolojik ayrışabilir yağların hidrolik yağı olarak kullanılmasını araştırmıştır. Bu çalışmada önemli nokta; çevre koruyucu yağlayıcılarla ilgili çalışmalarda hedef, bir yandan uygulama alanlarında çevresel tehlike potansiyellerinin belirlenmesi diğer yandan da somut olarak verimliliklerinin araştırılması gerektiğinin vurgulanmasıdır [9]. Kassfeldt ve Dave yaptıkları çalışmada, mineral bazlı hidrolik yağı, çevreye duyarlı yağlar ile karşılaştırmışlardır. Kullandıkları yağların iki tanesi yarı sentetiktir ve içeriğinde sentetik ester ve sebze karışımı bulunmaktadır. Üçüncü yağ ise sadece sentetik esterdir. Bu yağların çalışma esnasında viskozite değerlerini ve akma noktalarını karşılaştırmışlardır. Ayrıca bu yağların devre elemanlarının iç yüzeyleri üzerinde bıraktıkları yağ filmleri, korozyona karşı dirençleri, yine bu kapsam içerisinde ele alınmıştır. Çalışmada 40°C'de çevre dostu yağların mineral yağdan daha ince bir film oluşturduğu görülmüştür. Diğer taraftan 80°C'de farklı tipteki yağların kendi aralarında dikkate değer bir farklılık gözlemlenmemiştir. Seçilen bu yağlar için araştırmalar teknik, kimyasal ve atık durumları bakımından değerlendirilmiştir [2]. Endüstriyel yağların önemli bir kısmı, hidrolik sistemlerin temel elemanı olarak kullanılmaktadır. Bunların arasında petrol kökenli ve sentetik hidrolik yağlar, kullanılacakları hidrolik ortama göre çeşitli özellikleri taşıması gerekmektedir. Durak vd. yaptıkları çalışmalarda, günümüzde hidrolik sistemlerde kullanılan yağların karakteristik özelliklerini belirleyerek, bu özelliklerin bir ya da birkaçını katkı maddeleri ile hidrolik yağa nasıl kazandırılacağını detaylı bir şekilde ifade etmişlerdir. Katkı maddeleri arasında, viskozite indeksi geliştiricileri, yağda köpük oluşumunu önlemek, düşük sıcaklıklarda yağın akıcılığını sağlamak, sürtünme ve aşınmayı azaltmak ve yağlanmış yüzeylerin temizliğini sağlamak gibi performans artırıcı özellikler sağlanabileceğini vurgulamışlardır [10].

Hidrolik sistemlerde sıkça rastlanan sorunlardan bir tanesi de yağ içinde hava problemidir. Bunun nedeni sızdırmazlık elemanlarının deformasyonu ya da hidrolik sistemdeki yağın çeşitli nedenlerden dolayı viskozite değerinin düşmesidir. Yağ içindeki hava, sızdırmazlık elemanlarının ömrünü kısaltabileceğinden dikkat edilmesi gereken önemli bir faktördür. Demiralp, yaptığı çalışmada hidrolik silindir içindeki havanın yağ ile beraber oluşturabileceği olumsuz yönleri incelemiştir [11]. Kazuhisa vd. yaptıkları çalışmada, su hidroliği kullanarak basit bir servo silindir sisteminin performansını incelemişlerdir. Çalışmalarında referans uyarlanabilir kontrol ve basit uyarlanabilir kontrol kullanarak servo valfi test etmişlerdir. Su hidroliğinde tam bir kontrol için temel problem; atık akışları ve büyük

sürtünme torkları yüzünden aşırıya kaçınması ve durağan durum hatalarıdır. Ayrıca bu çalışmada, bu tip sistemlerde yüksek valf tepkileri nedeniyle, uygulanabilecek kontrol türlerinin iyi bir şekilde seçilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Çalışmalarında önerdikleri kontrol tipi, basit uyarlanabilir kontrol tipidir [12]. Uluslararası alanda hidrolik sistemler balıkçı teknelerinde (vinçler, kayar vinçler ve sürücü üniteleri), tarımsal operasyonlarda ve deniz mahsülleri işleme ünitelerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu kullanımlarda öne çıkan nokta kullanılan yağın çevreyi en az nitelikte kirletmesidir. Christensen vd. yaptıkları çalışmada balık yağını hidrolik yağ olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Çalışmalarının amacı; kullanılan balık yağının geleneksel olarak kullanılan hidrolik yağlardan çevresel, fiyat ve devre elemanlarının ömrü yönelik incelenmesidir. Ayrıca kullanılan yağın toksisite bakımından çevreyi kirletmemesi yönünden özellikle deniz taşımacılığına yönelik alanlarda kullanılabilirliğini göstermiştir. Deneylerini ilk olarak laboratuvar pres test sisteminde gerçekleştirmişlerdir. Aynı deneyleri mineral bazlı yağ ile tekrarlamışlardır. Çalışmalarının sonunda, kullandıkları bu balık yağı sistem sıcaklığına ulaştığında balık kokusu oluşturduğunu ve bu kokudan dolayı yağın sadece dış ortamlarda kullanılabilirliğine bakmak gerektiği ifade edilmiştir. Sızıntıların çokluğundan ötürü özellikle denizcilikte kullanılan düşük hız ve torka sahip vinçler için uygulanabilirliği yine bu çalışma kapsamında belirtilmiştir [13]. Son zamanlarda saf suyun hidrolik sistemlerde kullanılabilirliği artmış olup bunun iki önemli nedeni vardır. Bunlardan biri çevreyi kirletmemesi, düşük maliyetli oluşu ve alevlenme özelliğinin olmayışıdır. Majdic vd. yaptıkları çalışmada, hidrolik yağına alternatif olarak saf su (damıtılmış) kullanmışlardır. Çalışmalarında su ile çalışabilen hidrolik devre elemanları kullanılmıştır ve performans olarak paslanmaz çelikten üretilmiş 4/3 yon kontrol valfi test edilmiştir. Test sistemlerinin yapısı suya uygun olarak tasarlanmış ve 160 bar ve dakikada 30 litre kapasitesine sahip hidrolik pompa kullanılmıştır. Bu çalışmada, su esaslı 4/3 yön kontrol valfi 10 milyondan fazla iş turu yaptırılmış ve bunun sonunda valf kesilerek içyapısı SEM görüntüleri ile incelenmiştir. Çalışma sonunda uzun çalışma ömrüne rağmen aşınmalardan ötürü çeliğin bu tarz uygulamalar için uygun olmadığını, özellikle bu malzemenin korozyon aşınma ve sürtünmeye karşı hassas olduğunu belirtmişlerdir [14]. Suyun kullanıldığı bu tarz hidrolik sistemlerde yapı malzemesi olarak bazı seramik malzemelerinin kullanılması bu aşınmaların daha da azaltılmasını sağlayabilir [15-17]. Değişik yapıdaki hidrolik akışkanlar, günümüzde servo valf sistemlerinde de denenmektedir. Li ve Bao yaptıkları çalışmada manyetik özellikli hidrolik akışkanı, hidrolik servo tork motorun çalışma boşluğunun için doldurarak performansını test etmişlerdir. Dinamik olarak matematiksel modelini oluşturduktan sonra manyetik akışkanlı tork motor, analiz ve test edilmiştir.

Deneyssel analiz sonuçları, manyetik akışkanın uygulanmadığı motor sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır [18]. Manyetik akışkanlar, manyetik bir alana maruz kaldıklarında yüksek viskozite ve manyetik doyuma ulaşırlar. Eğer bu yağ servo motoru çalışma boşluğunu dolduruyorsa bu hidrolik servo valf tork motoru manyetik akışkan tarafından yüksek sönümleme ve dayanıma ulaşır. Li ve Song yaptığı çalışmada, manyetik akışkanlı bir hidrolik servo tork motorun dinamik yanıtını incelemişlerdir [19]. Gün geçtikçe kullanımı artan biyolojik açıdan parçalanabilen yağlar, eko toksisite özelliği oldukça düşüktür. Ancak çevre ile dost bu yağları mineral esaslı yağlar ile kıyaslayabilmek için bazı olumsuz yönlerini bilmek gereklidir. Bu olumsuz yönlerden özellikle sulu olanlarda en çok öne çıkan oksitlenme özelliğidir ve düşük sıcaklıklarda yapısını bozacak derecede hassasiyete ulaşması, bu yağların iyi bir şekilde incelenmesi gerektiğine işaretir [20]. Bu alanda yürütülen yenilikçi ve güncel araştırmalar günümüzde farklı tipte doğada çözünebilen yağları bizlere sunmaktadır. Kamalakkar vd. yaptıkları çalışmada, kauçuk tohumu yağının hidrolik yağ olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır [21]. Gerek doğada çözünebilen yağ gerekse su olsun son yıllarda çevreyi kirletmeyen özellikte hidrolik yağlara ilişkin çalışmalar hızla devam etmektedir. Ancak bu durum ülkemiz için belirsizdir. Yapılan literatür çalışmasından anlaşıldığı gibi doğada çözünebilen yani çevreyi kirletmeyen hidrolik yağ konusunda henüz bir çalışma başlatılmadığı görülmektedir. Laboratuvar ortamında kolay

üretilmesi açısından su kullanımı bu alanda yapılacak çalışmalar açısından en pratik olandır. Bu çalışmada çevreye karşı duyarlı hidrolik akışkanlardan bahsedilerek, hidrolik sistemlerde kullanılmak üzere bitkilerden üretilen bir hidrolik sıvı incelenmiştir.

II. ÇEVRE DOSTU AKIŞKANLAR

Yağlayıcıların üretimi, uygulaması ve atılması gibi her aşama doğanın ve çevrenin en iyi şekilde korunmasını gerektirecek şekilde olması gerekir. Bunlar genellikle insanoğlunun sağlığını doğrudan tehlikeye atmamakla birlikte genellikle dolaylı yoldan çevremizi tehdit etmektedirler. Her açıdan insan varlığıyla yağlayıcı maddelerin ve doğanın uyumluluğu kontrol edilmelidir. Çevreyle uyumluluk testlerinde elde edilmesi gereken neticeler, yağlayıcıların üretilmesi, uygulaması ve atılması gibi konularda çalışanlarca iyi anlaşılmalıdır. Yağlayıcı maddelerin büyük bir kısmı farklı birçok uygulamada kullanıldıktan sonra az veya çok şekilde değişerek çevreye geri döner [22,23].

Mineral kökenli yağlar, hidrolik yağı olarak 19. yy'dan bu yana sabit ve mobil hidrolik sistemlerinde yoğun olarak kullanılmaktadır. Günümüzde dış ortamlarda çalışan hidrolik sistemli ekipman ve makinalarda, çalışma sırasında hidrolik sistemde sızıntı, söküp takma kayıpları olabilmekte ve bunlar çevreye zarar verebilmektedirler. Son yıllarda Avrupa topluluğu ülkelerinde biyolojik çabuk ayrışabilir yağların hidrolik yağı olarak kullanımı, uygulamaya alınan programlarda elde edilen olumlu sonuçlarla artmaktadır [23]. Bazı genel noktalar dikkate alınarak biyolojik çabuk ayrışabilir yağlar yağlayıcı ve diğer genel görevlerinin yanı sıra dış ortamda kullanılan makinelerin hidrolik sistem ve düzenlerinde kullanılabilmektedir. Biyolojik çabuk ayrışabilir bitkisel yağların nitelikleriyle ilgili parametreler ise, sıcaklığın, materyal uygunluğu, diğer yağlarla karışım yapabilmesi, sulanma oranı, yağlayıcı özellikleri, biyolojik ayrışabilme vb. gibi özelliklerdir [24-28]. Doğada çözünebilen yağlar dört üretim sınıfında üretilmektedir. Burada H, hidrolik ve E ise çevresel demektir [25].

1. HETG: Bitkisel hayvansal yağlardır. Suda çözülmezler
2. HEES : Sentetik esterden üretilir. Suda çözülmez
3. HEPG : Poliglikol esaslıdır. Suda çözülür
4. HEPR : Polialfaolefinler ve temel akışkan olarak hidrokarbonlar ile ilgilidir.

Yağları ilgili standartlara göre tekrar sınıflandırılması Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Hidrolik akışkanlar

Konu	Hidrokarbonlar ile ilgili mineral esaslı hidrolik akışkanlar	Çevreyle uyumlu hidrolik akışkanlar	Yangın korumalı, su içermeyen hidrolik akışkanlar	Yangın korumalı, su içeren hidrolik akışkanlar
Standart	DIN51524	ISO 15380	ISO 12922	ISO 12922
Sınıflandırma	HL HLP HLPD HVLP HLPD ...	HETG HEES HEPG HEPR	HFDR HFDDU-Ester esaslı HFDDU-Glikol esaslı ...	HFC HFB HFAE HFAS

Yağlayıcı maddelerin ve kullanımına hazır akışkanların doğada zarar vermeden çözünmelerinde iki farklı baz yağ sınıflandırması vardır. Bunlar [22];

- Su ile karışabilen baz yağlar
- Su ile karışamayan baz yağlar

Su ile karışabilen baz yağlar poliglikollerini kapsamaktadır. Polietilen glikoller (PEG), sadece ekotoksolojik olarak zararsız olmakla kalmayıp, aynı zamanda hızlı toprakla doğaya zarar vermeden meloküler ağırlıklarının 21 gün içinde %90 dan fazlasını da kaybederek çözünürler. Su ile karışabilen baz yağların avantajları [22];

- İyi oksitasyon stabilitesi,
- İyi yüksek sıcaklık davranışı,
- İyi düşük sıcaklıkta akışkanlık davranışı
- Özellikle iyi karışık filmli yağlama bölgesinde yağlayıcılık özelliğidir

Dezavantajları ise, bazı sızdırmazlık malzemeleri ile uyum göstermezler [24]. Su ile karışmayan baz yağlar ise [24];

- Sentetik esterler
- Doymamış esterler
- Doymuş esterler
- Trigliseritlerin doğal esterleri

Sentetik esterler, çok geniş moleküler yapı ile karakterize edilmiş akışkanların büyük kısmını temsil etmektedirler. Beş ana grupta tanımlanmaktadır [22];

- Mono esterler
- Dibatik asit esterleri
- Polyol ester
- Gliserin esterler

Mineral yağlarla sınırsız oranda karışabilirlik, iyi soğuk akışkan akış özelliği ve iyi oksidasyon duraganlığı gibi avantajlara sahip esterler yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Esterlerin dezavantajları ise; limitli hidrolik duragan ve düşük korozyon korumasıdır. Sentetik ester yağların üretimi için, esas ham madde olarak ester yağlar kullanılabilir. Doğal yağlar veya doğal esterler, doğal katı yağların başlıca palmitik, stearik, oleik veya linoelik asitlerin trigliseritleridir. Hindistan cevizi yağı, zeytinyağı, ayçiçek yağı, soya yağı ve kolza yağı tipik yağlardır. Asitlerin bazıları doymamış yağlar açığa çıkarttığından sınırlı oksidasyon duraganlığına sahiptirler. Oysaki yüksek miktarlarda doymamış bileşikler, oksidasyon duraganlığını azaltır ve soğuk akışkan davranışı geliştirirler [22].

Bu çalışma kapsamında laboratuvar ortamında bir hidrolik sıvı elde edilmiştir. Hidrolik sıvı için farklı yapıda 4 bitki saf su ile karıştırılarak kullanılmıştır. Bitkilerden belli oranlarda karıştırılarak elde edilen sıvıların viskozite değerleri ölçülmüştür.

III. HİDROLİK SIVI ÜRETİMİ

Üretilen hidrolik sıvı için, saf su ve dört farklı türde bitki kullanılmıştır. Sıvı, bu bitkileri aynı hazne içerisinde kaynatılarak elde edilmiştir. Sıvı viskozitesinin ölçümü için viskozi metre kullanılmıştır. Ölçümler sık sık tekrarlanarak ideal değer bulunana kadar devam edilmiştir. İdeal viskozite değerine, ISO 4406 standardı dikkate alınarak ISO VG22 ile ISO VG 100 ya da diğer bir ifadeyle 20 cSt – 100 cSt (20 mm² /sn-100 mm² /sn) aralığına ulaşılmaya çalışılmıştır. Hidrolik sıvı için ilk olarak saf su cihazı kullanılarak su saflaştırılmış, ultra saf su haline getirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Ultra saf su cihazı (Ultra-pure water device)

Saf su, organik ve inorganik maddelerden arındırılmış damıtılmış sudur. Saf su içerisinde magnezyum, bikarbonat, kalsiyum, sülfat ve klorür gibi mineraller bulunmaz. Saf suyun ısı iletim katsayısı 40 °C’de ortalama 0.60 W/mK ‘dır. Tuzlu suda bu oran yoğunluğuna göre 0.8 W/mK’ya kadar çıkmaktadır [29]. Suyun içeriğinde katkı maddeleri arttıkça aşındırma, oksitleme ve yüksek sıcaklık eğilimi gibi birçok dez avantajı beraberinde getirmektedir. Dolayısıyla literatür araştırmasında belirtildiği gibi hidrolik sistemlerde yapılan yeni çalışmalarda, saf su kullanımı ön plana çıkmaktadır. Bunun en önemli nedeni ucuz olması, doğayı kirletmeyen bir yapıya sahip olması, saf su için korozif bir yapı içermemesi gibi etkenler sayılabilir. Çalışmada saf su elde etmek için, mikro işlemci kontrollü, şebeke suyundan doğrudan hem ters ozmoz hem de ultra saf su üretebilecek donanımına sahip bir cihaz kullanılmıştır. Ters ozmoz, bir membran teknolojisidir. Ters ozmos, osmotik basınç kullanılarak, mineralce zengin olan su için, yarı geçirgen bir membran’ın diğer tarafına mineralleri azaltılmış olarak geçirilme işlemidir. Ters ozmoz tekniğinde suda bir miktar da olsa mineral kalabilmektedir. Kullanılan saf su cihazı, ultra saf su üretecek yapıya sahiptir. Çalışmada kullanılan saf su tekniği, literatüre bağlı olarak seçilmiştir [30-35]. Literatürdeki çalışmalarda hidrolik sistemlerde akışkan olarak suyun kullanımında, su ile çalışmaya uygun valf ve pompa sistemleri kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan pompa ve hidrolik ekipmanlar, normal şartlar altında ISO VG 22 viskozite indeksine sahip yağ ile çalışan ekipmanlarıdır. Çalışmada elde edilecek sıvı için kullanılan saf su içerisine kaynama noktasında bitkiler eklenerek vizkozite indeksi yükseltilmeye çalışılmıştır. Bitki ilave işlemleri için dört farklı bitki türü kullanılmıştır. Bitkiler suyun kaynama noktasında sıvıya koyulup kazandırmaktadır. Kullanılan bitkiler, hatmi çiçeği, karahindiba, meyan kökü ve keten tohumudur. Bu bitkilerin her biri saf su içine Tablo 1’de belirtilen oranlarda karıştırılmıştır. Bitkilerle saf suyun

birleştirilmesi için bir adet küçük tüp ve kaynatma tenceresi temin edilmiştir. Kullanılacak bitkiler ve özellikleri Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Kullanılan bitki türleri miktar ve kullanım şekli

Adı	Kullanım Şekli	Karışım Oranı	Resim
Hatmi Çiçeği	Çiçek	%20	
Karahindiba	Gövde, yaprak ve kök	%20	
Meyan Kökü	Kök	%20	
Keten Tohumu	Tohum	%40	

Tablo 2’de proje kapsamında kullanılan bitkiler, karışım oranları ve resimleri verilmiştir. En yüksek karışım oranı keten tohumuna aittir. Keten tohumu, sıcak suyla karıştırıldığında jölemsi bir kıvam oluşturmaktadır. Karahindiba, elde edilen sıvının köpüklenmesini azaltmaktadır. Meyan kökü ve hatmi çiçeği, sıvıya ağdalı bir kıvam kazandırmaktadır.

Hidrolik yağların tanımlanmasında en önemli metotlardan bir tanesi viskozite sınıfının belirlenmesidir. ISO standardı ve DIN 51524’e göre 40 °C’de hidrolik yağların minimum ve maksimum viskozitesi Tablo 3’de açıklanmıştır.

Tablo 3. ISO viskozite sınıfları (ISO viscosity classes) [24]

ISO Viskozite sınıfları	40 °C’de kinematik viskozite (mm ² /sn)	
	Maksimum	Minimum
ISO VG 10	9	11
ISO VG 22	19.8	24.2
ISO VG 32	28.8	35.2
ISO VG 46	41.4	50.6
ISO VG 68	61.2	74.8
ISO VG 100	90	110

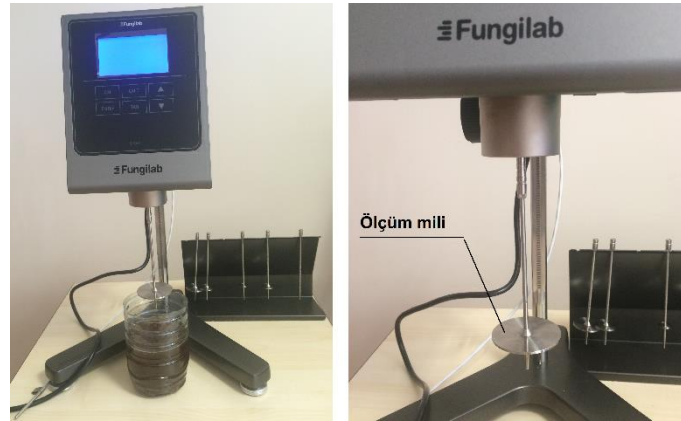
Pratikte viskozite sınırları önemli bir rol oynamaktadır. Viskozite değeri çok düşükse (çok sıvı hal) çok fazla sızıntılar ortaya çıkar. Yağlayıcı film incedir ve böylece aşınmaya karşı koruma da azalır. Basınç ve güç kayıpları düşük sürtünme nedeniyle küçük olduğu için zor akışlı yağ tercih

edilmektedir. Viskozite arttıkça sıvının iç sürtünmesi artar ve ısının artmasıyla basınç ve güç kaybı olur. Yüksek viskozite özellikle boğaz noktalarında aşırı ısı ve basınca yol açan sürtünmeyi arttırmaktadır. Bu durum hava kabarcıklarını ayırdığı için kavitasyona yol açar. Tablo 4’de ideal viskozite aralığı gösterilmiştir [24].

Tablo 4. Viskozite limitleri (Viscosity limits) [24]

Limitler	Kinematik viskozite
Alt limit	10 mm ² /sn
İdeal viskozite aralığı	15-100 mm ² /sn
Üst limit	750 mm ² /sn

Hidrolik akışkanlar kullanıldığında, hidrolik akışkanın sıcaklık değişimlerinde viskozitesi değiştiği için viskozite-sıcaklık özelliklerini göz önünde bulundurmak önemlidir. Bu proje kapsamında ideal viskozite aralığı 15-100 mm²/sn olarak alınmıştır. Viskozite ölçümleri Fungilab marka smart serisi viskozi metre ile yapılmıştır (Şekil 2).



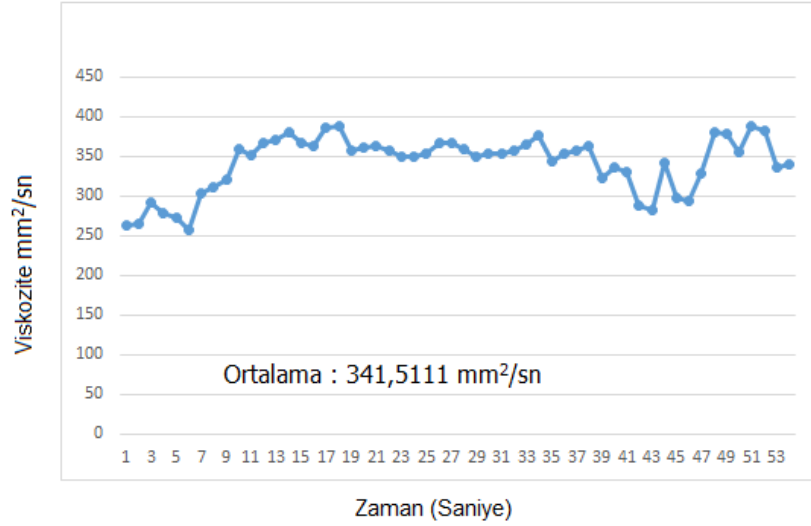
Şekil 2. Fungilab smart serisi viskozimetre ve ölçüm mili

Şekil 2’de üretilen sıvıların viskozite değerlerini ölçmek için kullanılan viskozi metre ve kullanılan R2 numaralı ölçüm mili gösterilmiştir. Çalışmada üretilen sıvıların yoğunlukları 50 ml piknometre kullanılarak ölçülmüştür. Çalışma kapsamında dört farklı viskozite değerine sahip sıvı üretilmiştir. Elde edilen sıvılar ilk olarak yoğunlukları ölçülmüş, daha sonra bu yoğunluk değerleri viskozi metreye girilerek viskozite değerleri (mm²/sn ya da cSt) ölçülmüştür. Tablo 5’de üretilen sıvılar ve yoğunlukları verilmiştir.

Tablo 5. Üretilen sıvıların yoğunlukları

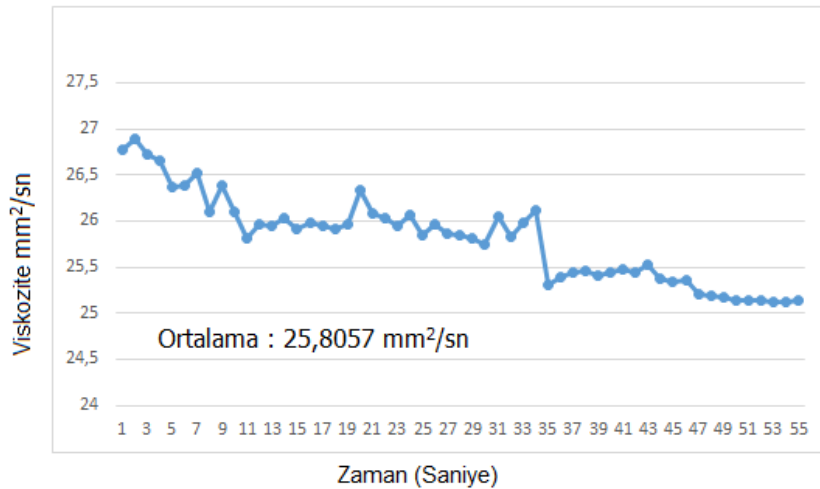
No	Toplam Ağırlık (gr)	Piknometre Dara (gr)	Piknometre Hacim (ml)	Sıvının Yoğunluğu (gr/cm ³)
1	80	28	50	1.04
2	81	28	50	1.06
3	81	28	50	1.06
4	81	28	50	1.06

Tablo 5’den de anlaşıldığı gibi 2, 3 ve 4 numaralı sıvıların yoğunlukları aynı çıkmıştır. 2, 3 ve 4 numaralı sıvılar laboratuvar ortamında su ve bitki karışımı ile üretilen sıvılardır. Sıvıların bitki karışım oranları Tablo 2’de gösterilmiştir. Bu sıvıların kaynama süresi birbirinden farklı olup sıvılardan alınan numunelerin toplam ağırlıkları birbirine eşittir. Viskozite ölçümleri, 5 saniye sonra başlayıp 55 saniye boyunca sürmüştür. Dönüş hızı (rpm) %100 olarak seçilmiştir. Ortam sıcaklığı ölçüm boyunca ortalama 25 °C olarak kalmıştır. İlk ölçümlerde ortalama viskozite değeri 341,5111 mm²/sn’dir (cSt) ve sıvı, 3 saat kaynatılmıştır. Bu ölçümün grafiği Şekil 3’de gösterilmektedir.



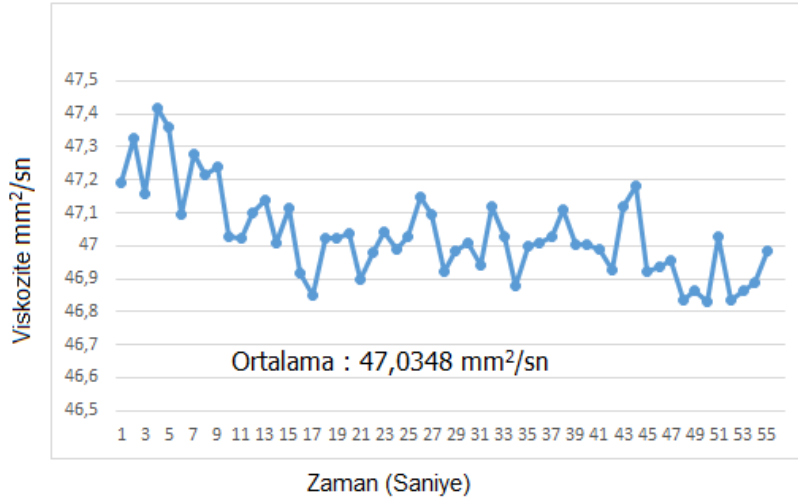
Şekil 3. Üretilen birinci sıvının viskozite ölçümleri

Şekil 3’de üretilen ilk sıvının viskozite değerleri verilmiştir. Burada zaman arttıkça viskozite değerinde bir artış gözlemlenmiştir. Üretilen sıvılarda yer yer ağimsı tabakalar oluşmuştur. Bu tabakalar viskozite değerlerini etkilemektedir. Sıvıdaki ağimsı tabakaya diğer bitkiler katkı verse de en fazla katkıyı veren keten tohumudur. Keten tohumu, sıcaklık arttıkça çatlamakta ve sıvıya ağimsı bir sıvı salgılamaktadır. Kaynama esnasında, bazı keten tohumlarının çatlama durumu ağimsı tabaka yoğunluğunu etkilemektedir. İlk sıvıdaki ağimsı tabaka yoğunluğunun fazla oluşu, viskozite değerini zamana göre arttırmıştır.



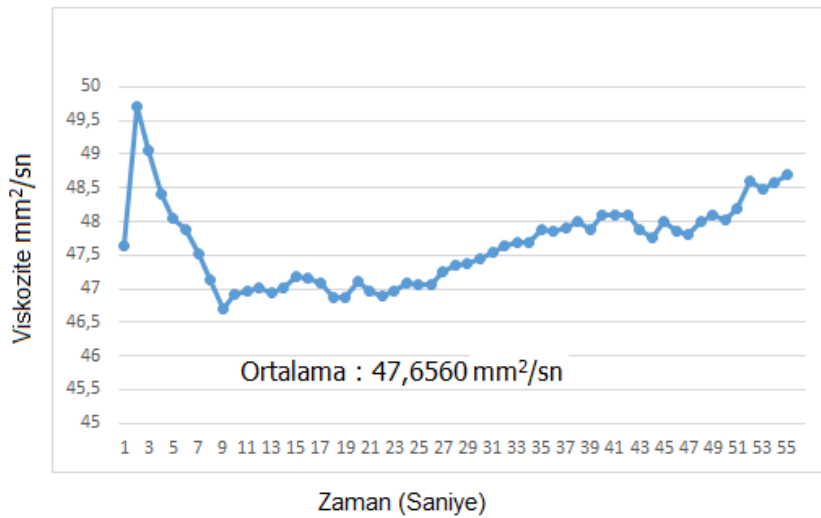
Şekil 4. Üretilen ikinci sıvının viskozite ölçümleri

Şekil 4’de ikinci sıvının viskozite ölçümleri görülmektedir. Bu ölçümlerde ortalama viskozite değeri 25,8057 mm²/sn’dir (cSt). Bu sıvı, 30 dakika kaynatılmıştır. Burada zaman arttıkça viskozite değerinde düşüş gözlemlenmiştir. Kaynama süresinin kısa oluşu (30 dakika), bazı keten tohumlarının çatlamalarını engellemiş, ağimsı tabakaların azalmasına neden olmuştur. Ağimsı tabakaların az oluşundan dolayı, zamana göre viskozite değerini düşürmüştür. Şekil 5’de üretilen üçüncü sıvının grafiği yer almaktadır.



Şekil 5. Üretilen üçüncü sıvının viskozite ölçümleri

Şekil 5’de görüldüğü gibi artan zamana göre viskozite değerlerinde düşüş gözlemlenmiştir. Üçüncü sıvıdaki ağimsı tabakanın az oluşu zamana göre viskozite değerinin düşmesine neden olmuştur. Kaynama tenceresindeki ısı dağılımındaki değişimler bitkilerin özellikle keten tohumunun suya ağimsı tabaka bırakmalarını etkilemektedir. Bu durum viskozite değerini değiştirmektedir. Bu sıvının ortalama viskozite değeri ise 47.0348 mm²/sn (cSt) olmuştur. Sıvı, 1,5 saat kaynatılmıştır. Şekil 6’da dördüncü ve üretilen son sıvının zamana göre viskozite değerleri verilmiştir.



Şekil 6. Üretilen dördüncü sıvının viskozite ölçümleri

Şekil 6’da görüldüğü gibi 3. saniyeden sonra ani bir düşüş 10. saniyeden sonra ise yükselme

görülmüştür. Bu değişim kaynama sıcaklığına bağlı olarak oluşan ağımsı tabakadaki dengesizliklerin sebebiyet verdiği düşünülmektedir. Ağımsı tabakadaki dengesizliğe, keten tohumlarının düzensiz bir şekilde çatlamalarının sebep olduğu düşünülmektedir. Bu sıvının ortalama viskozite değeri 47.6560 mm²/sn (cSt) olarak tespit edilmiş, sıvı 1,5 saat kaynatılmıştır.

IV. SONUÇ

Bu çalışmada çevre dostu yağlar hakkında bilgi verilmiş ve bitki esaslı bir hidrolik sıvının üretilmesi aşamalarından bahsedilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçları şu şekilde sıralamak mümkündür.

- Mineral kökenli yağlar uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. Dış ortamlarda kullanılanları çevreyi olumsuz düzeyde kirletmektedir. Bunun önüne geçmek için çevre dostu yağların kullanılması yaygınlaştırılmalıdır.
- Çalışmada 4 farklı viskozite değerine sahip hidrolik sıvı elde edilmiştir. Bunlardan üç tanesi 15-100 mm²/sn aralığına uymaktadır. Seçim için belirlenen kriter içerisinde en yüksek değere sahip viskozite değeri (47.6560 mm²/sn (cSt)) kullanım için seçilmesi uygundur.
- Kullanılan hatmi çiçeği ve meyan kökü suya ağdalı bir kıvam katmaktadır. Karahindiba elde edilen sıvının köpüklenmesini azaltmakta, keten tohumu ise jölemsi bir kıvam kazandırmaktadır.
- Elde edilen ilk sıvı uzun süre kaynatıldığından (3 saat) viskozite değeri yüksek çıkmıştır. İkinci sıvının kaynama zamanı (30 dakika) kısa tutulduğundan viskozitesi düşük çıkmıştır. Üçüncü ve dördüncü sıvılar kaynama zamanları aynı (1,5 saat) tutulduğu için viskozite değerleri birbirine çok yakın elde edilmiştir.
- Kaynayan suya belirlenen oranın üzerinde keten tohumu eklemek viskozite değerini arttırmaktadır.

Sonraki çalışmalarda, hidrolik sistemlerde kullanılması amacıyla üretilen sıvı, elektro-hidrolik devrelerle test edilecektir.

TEŞEKKÜR: Bu çalışma Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir (Proje no: 2016.06.06.439).

V. KAYNAKLAR

- [1] R. Doddannavar, A. Barnard, Hydraulic Systems, Operating and Troubleshooting for Engineers & Technicians, Elsevier Science, 2005.
- [2] E. Kassfeldt, G. Dave, “Environmentally adapted hydraulic oils”, *Wear*, c. 207, ss. 41-45, 1997.
- [3] G.H. Lim, P.S.K. Chua, Y.B. He, “Modern water hydraulics-the new energy transmission technology in fluid power”, *Applied Energy*, c. 76, ss. 239-246, 2003.
- [4] E. Urata, “Technological aspects of the new water hydraulics”, The Sixth Scandinavian International Conference on Fluid Power (SICFP’99), Tampere, Finland, 1999.

- [5] B. Wolfgang, “Water-or oil-hydraulics in the future”, The Sixth Scandinavian International Conference on Fluid Power (SICFP’99), Tampere, Finland, 1999.
- [6] J.E.G. Van Dam, B. de Klerk-Engels, P.C. Struik, R. Rabbinge, “Securing renew-able resource supplies for changing market demands in a bio-based economy” *Industrial Crops and Products*, c. 21, ss. 129–144, 2005.
- [7] S. Ergür, “Hidrolik sistemlerde kullanılan bitkisel esaslı hidrolik sıvılar”, 6. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi, 12-15 Ekim, İzmir, 2011.
- [8] X. Paredes, M. J.P. Comunas, A.S. Pensado, J-P. Bazile, C. Boned, J. Fernandez, “High pressure viscosity characterization of four vegetable and mineral hydraulic oils”, *Industrial Crops and Products*, c. 54, ss. 281-290, 2014.
- [9] M. Acapoğlu, “Tarım makinalarında biyolojik ayrışabilir yağların hidrolik yağı olarak kullanılması”, *Ekoloji Çevre Dergisi*, c. 20, ss. 9-13, 1996.
- [10] E. Durak, E. Çulcuoğlu, F. Karaosmanoğlu, “Hidrolik yağların katkıları”, 2. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi, İzmir, 2001, ss. 37-45.
- [11] M.B. Demiralp, “Hidrolik silindirlerde yağ içinde hava problemi”, 1. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi, Aralık, İzmir, 1999, ss. 361-363.
- [12] T. Kazuhisa, Y. Tsoyoshi, I. Shigeru, T. Koji, , “Application of simple adaptive control to water hydraulic servo cylinder system”, *Chinese journal of mechanical engineering*, c. 25, s. 5, ss. 882-888, 2012.
- [13] T.E. Christensen, A.P. Bimbo, “Fish oil for use as hydraulic oil”, *Bioresource Technology*, c. 56, ss. 49-54, 1996.
- [14] F. Majdic, J. Pezdirnik, M. Kalin, “Experimental validation of the lifetime performance of a proportional 4/3 hydraulic valve operating in water”, *Tribology International*, c. 44, ss. 2013-2021, 2012.
- [15] M. Kalin, S. Novak, J. Vizintin, “Surface charge as a new concept for boundary lubrication of ceramics with water”, *Journal of Physics D: Applied Physics* c.39, ss. 3138–3149, 2006.
- [16] P. Andersson, “Water-lubricated pin-on-disk tests with ceramics”, *Wear*, c. 154, ss. 37–47, 1992.
- [17] M. Kalin, S. Jahanmir, G. Drazic, “Wear mechanisms of glass-infiltrated alumina sliding against alumina in water”, *Journal of the American Ceramic Society*, c. 88, ss. 346–352, 2005.
- [18] S. Li, W. Bao, “Influence of magnetic fluids on the dynamic characteristics of a hydraulic servo-valve torque motor”, *Mechanical Systems and Signal Processing*, c. 22, ss.1008-1015, 2008.
- [19] S. Li, Y. Song, “Dynamic response of a hydraulic servo-valve torque motor with magnetic fluids”, *Mechatronics*, c. 17, ss. 442-447, 2007.
- [20] M.P. Schneider, “Review plant-oil based lubricants and hydraulic fluids”, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, c. 86, ss. 1769-1780, 2006.

- [21] K. Kamalakar, A.K. Rajak, R.B.N. Prasad, M.S.L. Karuna, “Rubber seed oil-based biolubricant base stock: A potential source for hydraulic oils”, *Industrial Crops and Products*, c. 51, ss. 249-257, 2013.
- [22] E. Durak, W.J. Bartz, “Çevre dostu hidrolik yağlar”, 3. Ulusal hidrolik pnömatik kongresi ve sergisi, İzmir, 2003.
- [23] E.J. Bartz, *Lubricants and the Environment, New Directions in Tribology*, Mech. Eng. Publ. Limited, ss. 103-119, 1997.
- [24] D. Merkle, B. Schrader, M. Thomes, *Hydraulisc – Basic Level*, Festo Didactic, 1998.
- [25] M. Acaroğlu, “Tarım makinalarında biyolojik ayrışabilir yağların hidrolik yağı olarak kullanılması”, *Ekoloji*, c. 20, ss. 9-13, 1996.
- [26] A. Römer, J. Lachmann, “Biologisch schnell abboubare”, *Hydrauliköle. Landtechnik*, c. 2, ss. 80-81, 1995.
- [27] A. Römer, *Venvendbarkeit von biologisch abbaubaren Ölen auf pflanzlicher Basis in Landmaschinen*, VDI-Tagung Landtechnik, Stuttgart-Hohenheim, 1994.
- [28] H. Hartmann, A. Strehler, *Die Stellung der Biomasse im Vergleich zu anderen erneubaren Energietragern aus ökologischer, Ökonomischer und technischer Sicht*. Landwirtschaftsverlag Münster, 1995.
- [29] M. Kayfeci, H. Kurt, “Sıvılar için ısı iletim katsayısı ölçüm cihazının tasarımı, imali ve test edilmesi”, *Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi*, c. 22, s. 4, ss. 907-915, 2007.
- [30] G.H. Lim, P.S.K. Chua, Y.B. He, . “Modern water hydraulics-the new energy transmission technology in fluid power”, *Applied Energy*, c. 76, ss. 239-246, 2003.
- [31] E. Urata, “Technological aspects of the new water hydraulics”, The Sixth Scandinavian International Conference on Fluid Power (SICFP’99), Tampere, Finland, 1999.
- [32] B. Wolfgang, “Water-or oil-hydraulics in the future”. The Sixth Scandinavian International Conference on Fluid Power (SICFP’99), Tampere, Finland, 1999.
- [33] Kazuhisa T., Tsoyoshi Y., Shigeru I., Koji Takahashi, “Application of simple adaptive control to water hydraulic servo cylinder system”, *Chinese journal of mechanical engineering* c. 25, s. 5, ss. 882-888, 2012.
- [34] F. Majdic, J. Pezdirnik, M. Kalin, “Experimental validation of the lifetime performance of a proportional 4/3 hydraulic valve operating in water”, *Tribology International*, c. 44, ss. 2013-2021, 2012.
- [35] L. Zhang, J. Luo, R-B Yuan, M. He, “The CFD analysis of twin flapper-nozzle valve in pure water hydraulic”, *Procedia Engineering*, c. 31, ss. 220-227, 2012.