

**T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**VİDALI POMPA İLETİM SİSTEMİ
KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

Levent BAŞ

Elazığ, 2006

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

VİDALI POMPA İLETİM SİSTEMİ **KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Levent BAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Bu tez, 09 / 10 /2006 tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği /oy çokluğu ile başarılı /başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. İsmail TÜRKBAY

Üye: Prof. Dr. Cengiz YILDIZ

Üye: Yrd. Doç. Dr. Celal SARSILMAZ

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında desteklerini esirgemeyen ve beni bu konuda çalışmaya teşvik eden hocam, Sayın Yrd. Doç. Dr. İsmail TÜRKBAY' a Őükranlarımı sunarım.

Çalışmalarım sırasında beni daima destekleyen ve görüşleriyle de yönlendiren Makine Eğitimi Bölüm Başkanı sayın Prof. Dr. Nazif DİNÇER' e, Sayın Prof. Dr. Cengiz YILDIZ 'a ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Celal SARSILMAZ' a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER	I
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	III
TABLolar LİSTESİ.....	V
SİMGELER LİSTESİ.....	VI
ÖZET.....	VII
ABSTRACT	VIII
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	4
3. POMPALAR.....	6
3.1. Santrifüj Pompalar	7
3.1.1. Pompanın Çalışması	8
3.2. Pervaneli ve Türbin Pompalar	10
3.2.1. Pervaneli ve Türbin Pompanın Çalışması	11
3.3. Pistonlu Pompalar	12
3.4. Özel Amaçlı Pompalar	14
3.5. Döner Pompalar	14
3.5.1. Dıştan Dişli Pompalar	15
3.5.2. İçten Dişli Pompalar.....	16
3.5.3. Paletli Pompalar	18
3.5.4. Kanatlı Pompalar.....	18
3.5.5. Esnek Elemanlı Pompalar	19
3.5.6. Vidalı Pompalar.....	20
4. VİDALI POMPALAR	21
5. YAĞLAR VE VİSKOZİTE.....	27
5.1. Viskozite ve Viskozite Endeksi	27
5.2. Dinamik Viskozite	28
5.3. Kinematik Viskozite	28
6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	30
6.1. Deney Düzenekinin Hazırlanması	30
6.2. Deneylerin Yapılması	32
6.3. Deneysel Sonuçlar	33

7. GENEL SONUÇLAR.....	46
KAYNAKLAR	47
ÖZGEÇMİŞ	48
EKLER	49

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1	Arşimet vidaları	1
Şekil 1.2	Serbest salınlımlı kovalarla su değirmeni	2
Şekil 1.3	Kovalı zincir sistemi	2
Şekil 1.4	İlk pozitif iletimli pompa	3
Şekil 3.1	Santrifüj pompa	9
Şekil 3.2	Türbin pompa çeşitleri	10
Şekil 3.3	Düşey milli türbin pompalama ünitesi	11
Şekil 3.4	Düşey milli türbin pompa	12
Şekil 3.5	Tipik pistonlu pompalar	13
Şekil 3.6	Diyaframli pompa çalışması	13
Şekil 3.7	Dıştan dişli pompanın çalışması	15
Şekil 3.8	İçten dişli pompanın konstrüksiyonu	17
Şekil 3.9	İçten dişli pompada akışkan akışı	17
Şekil 3.10	Paletli pompanın yapısı	18
Şekil 3.11	Kanatlı pompa	19
Şekil 3.12	Esnek elemanlı pompalar	20
Şekil 4.1	Tek vidalı pompa	22
Şekil 4.2	Eksantrik vidalı pompa	23
Şekil 4.3	Tek vidalı pompa	23
Şekil 4.4	İki vidalı zamanlamalı pompa	24
Şekil 4.5	Üç vidalı pompa	24
Şekil 4.6	Pompa Karakteristikleri	26
Şekil 6.1	Deney seti	30
Şekil 6.2	SAE 10W/30 numaralı yağın devir-basınç grafiği	33
Şekil 6.3	SAE 140 numaralı yağın devir-basınç grafiği	34
Şekil 6.4	SAE 10W/30 numaralı yağın devir-debi grafiği	35
Şekil 6.5	SAE 140 numaralı yağın devir-debi grafiği	35
Şekil 6.6	Millerin bir devirde ilettiği yağ (SAE 10W/30) miktarı grafiği	37
Şekil 6.7	Millerin bir devirde ilettiği yağ (SAE 140) miktarı grafiği	37
Şekil 6.8	SAE 10W/30 numaralı yağın basınç debi grafiği(1.mil)	39
Şekil 6.9	SAE 140 numaralı yağın basınç debi grafiği(1.mil)	40
Şekil 6.10	Yüksüz çalışan elektrik motoruna ait devir-güç grafiği	41
Şekil 6.11	SAE 10W/30 nolu yağa ait basınç-güç grafiği(1.mil)	43

Şekil 6.12 SAE 10W/30 nolu yağa ait debi-güç grafiği(1.mil).....	43
Şekil 6.13 SAE 140 nolu yağa ait basınç-güç grafiği(1.mil)	45
Şekil 6.14 SAE 140 nolu yağa ait debi-güç grafiği(1.mil).....	45

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1	Çeşitli tipteki pompaların verimleri	25
Tablo 5.1	Sıcaklıklara göre bazı viskozite dereceleri.....	27
Tablo 5.2	Bazı madeni yağların viskozite değerleri	29
Tablo 5.3	Bazı akışkanların viskozite değerleri	29
Tablo 6.1	SAE 10W/30 numaralı yağa ait devir-basınç değerleri	33
Tablo 6.2	SAE 140 numaralı yağa ait devir-basınç değerleri.....	34
Tablo 6.3	SAE 10W/30 numaralı yağa ait devir-debi değerleri	34
Tablo 6.4	SAE 140 numaralı yağa ait devir-debi değerleri	35
Tablo 6.5	Millerin bir devirde ilettiği yağ miktarı (SAE 10W/30)	36
Tablo 6.6	Millerin bir devirde ilettiği yağ miktarı (SAE 140)	37
Tablo 6.7	SAE 10W/30 numaralı yağa ait basınç-debi ve akım değerleri (1.mil)	38
Tablo 6.8	SAE 140 numaralı yağa ait basınç-debi ve akım değerleri (1.mil)	39
Tablo 6.9	Yüksüz çalışan elektrik motoruna ait devir-güç değerleri.....	41
Tablo 6.10	Birinci mile ait basınç-debi ve güç değerleri (SAE 10W/30)	42
Tablo 6.11	Birinci mile ait basınç-debi ve güç değerleri (SAE 140)	44

SİMGELER LİSTESİ

Simgeler	Anlamı
η_m	: Mekanik verim
η_k	: Kaçak verimi
η_h	: Hidrolik verim
η_g	: Genel verim
M_e	: Moment, Nm
ω	: Açısal hız
P_h	: Hidrolik güç, BG
P_e	: Efektif güç, BG
γ	: Sıvının özgül kütlesi, kg/m ³
H_{man}	: Manometrik yükseklik, m
h_m	: Manometrelerin takıldıkları yerlerin seviye farkları
C_s	: Girişteki akışkan hızı, m/sn
C_d	: Çıkıştaki akışkan hızı, m/sn
P	: Güç, BG
A	: Borunun iç kesit alanı, m ²
C	: Hız, m/sn
Q_p	: Pompadan çıkan yağın debisi, m ³ /sn
Q	: Pompaya giren yağın debisi, m ³ /sn
P_s	: Emme basıncı, kg/cm ²
P_d	: Çıkış basıncı, kg/cm ²
P_{hid}	: Hidrolik güç, watt
P_{ilet}	: Pompa miline iletilen güç, watt
p	: Basınç, bar
g	: Yer çekim ivmesi, m/s ²

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

VIDALI POMPA İLETİM SİSTEMİ KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Levent BAŞ

Fırat Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim Dalı

2006, Sayfa : 60

Döner pompa çeşitlerinden olan vidalı pompalar, bir gövde içine yerleştirilmiş olan bir ya da daha fazla vidadan meydana gelir. Pompalanan akışkan, vida dişleri arasında ya da vidayla gövde arasında, vidaların eksenleri doğrultusunda akar. Vidalı pompalar hemen hemen her viskozitedeki sıvıları iletebilir.

Bu tez çalışmasında, tek-vidalı pompa iletim sisteminin karakteristiklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Önce vidalı pompanın konstrüksiyonu ve sonra prototip imalatı yapılmıştır. Vidalı pompa; gövde, kare vidalı mil, yataklar ve sızdırmazlık elemanlarından meydana gelmektedir. Vidalı pompa mili bir elektrik motoru ile tahrik edilerek farklı devirlerde çalıştırılarak deneyler yapılmıştır. Farklı adımlardaki vidalı miller ve farklı viskozitedeki yağlar kullanılarak deneylere devam edilmiştir. Basınç ve debi ölçümleri için vidalı pompa çıkışına bir kısma vanası bağlanmış olup, basınç miktarı kısma vanasından önce bağlanan bir manometre ile ölçülmüştür. Yağın debisi ise bir debi ölçer vasıtasıyla tespit edilmiştir. Farklı devirlerde ölçülen basınç ve debiler tablo halinde verilmiştir. Aynı zamanda her defasında motor üzerinden gerilim ve akım ölçülerek tabloya işlenmiş ve daha sonra hidrolik güç ile elektriksel güç karşılaştırılmıştır.

Viskozite artışının debiyi, basıncı ve verimi arttırdığı görüldü. Ayrıca vida adımı arttıkça basıncın düştüğü, kayıp ve kaçakların arttığı tespit edildi. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlarla literatürde bulunan sonuçlar kabul edilebilir bir benzerlik gösterdi.

Anahtar Kelimeler : Pompa, vidalı pompa, kare vidalı mil, sızdırmazlık

ABSTRACT

Master Thesis

DETERMINING CHARACTERISTICS OF A SCREW PUMP CONDUCTION SYSTEM

Levent BAŞ

Firat University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Machine Education

2006, Page: 60

Screw pumps which are different types of revolving pumps are composed of one or more screws that are associated in a body. The pumped liquid is flown through the screw axis between the screw and body or between screw threads. Screw pumps can pump almost all of the liquids.

In this thesis, the characteristic of a single-screw pump conveying system is investigated. Firstly the screw pump is constructed then the prototype manufacturing is done. Screw pump is consisted of a body, square screw axle, bearing and not trickling components. The experimental studies are made with pump axle which is rotated by an electric motor. Various step screw axles and oils which have different viscosities are used for experimental studies. For measuring the pressure and flow a reduction valve is tied at the output of the pump and the pressure measurement is achieved with a monometer which is tied before the reduction valve. The flow of the oil is measured with a flow measurer. The results are given in the tables. Besides the pressure and flow, the voltage and the current of the engine is measured for all cycle for calculating the electrical power.

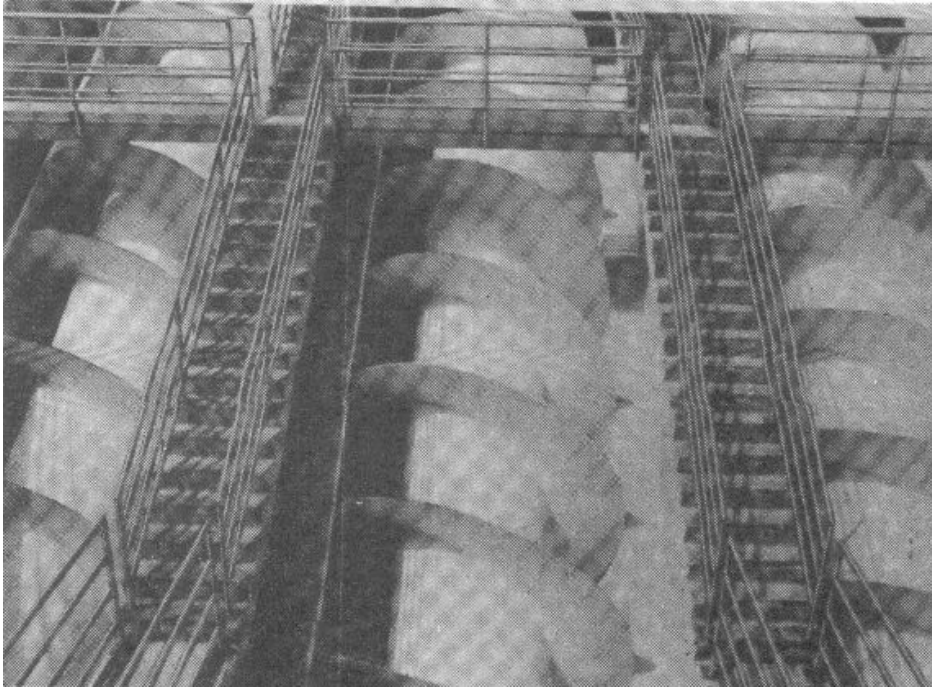
We observed that the increasing of viscosity is increased pressure, flow and efficiency. Moreover increasing on the step of screw caused reduction of the pressure and increasing of the losses and leakages. The results which are obtained from this thesis are similar to the results which are proposed at the literacy.

Key words: Pump, Screw pump, square screwed axle, non-trickling

1. GİRİŞ

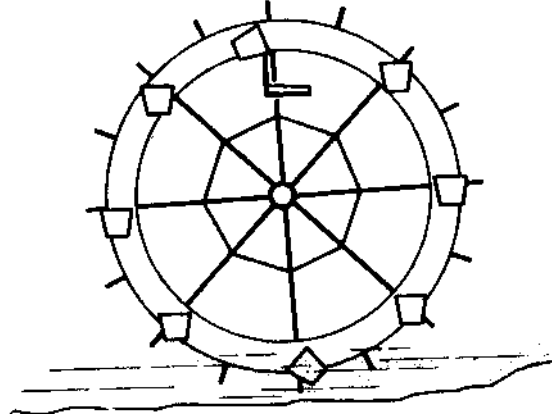
Gelişmekte olan ülkemiz endüstrisinin pompalara olan gereksinimi teknolojinin gelişmesiyle birlikte her geçen gün artmaktadır. Pompalar, genel olarak mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye çeviren su makineleridir [1]. Sistem, bir tahrik motorundan elde edilen mekanik enerjiyi pompa içinden geçen akışkana aktarır. Pompalar hemen hemen her sanayi tesisinde kullanılmaktadır. Akışkanların ve büyük su kütlelerinin bir ortamdan diğer bir ortama iletiminde, araçlarda benzinin basılması ve yağ iletiminde, radyatör suyunun devir daiminde, kalorifer tesisatındaki devir daimlerde, akarsuların iletiminde, kimyasal madde pompalama sistemlerinde ve atık madde pompalama sistemlerinde kullanılırlar. Su sistemleri endüstride en yaygın olan pompalama sistemleridir [2].

Tarihteki en eski pompalama aygıtlarından biri M.Ö. üçüncü yüzyılda Yunanistan'da geliştirilen Arşimet Vidasıdır [2]. Basit olarak aygıt, bir silindir yada bir oluklu kapakla kılıflanmış geniş dişli bir vidadan ibarettir. Vidanın üzerindeki bir operatör vidayı döndüren bir hareket kolunu çeviriyordu, böylece vidanın her dönüşü suyu biraz daha yükseltiyordu. Vida, sulama maksatları için ve maden ocaklarından, gemi ambarlarından ve diğer kapalı alanlardan su çekmek için kullanılmaktaydı. Şekil 1.1'de Arşimet Vidaları görülmektedir.



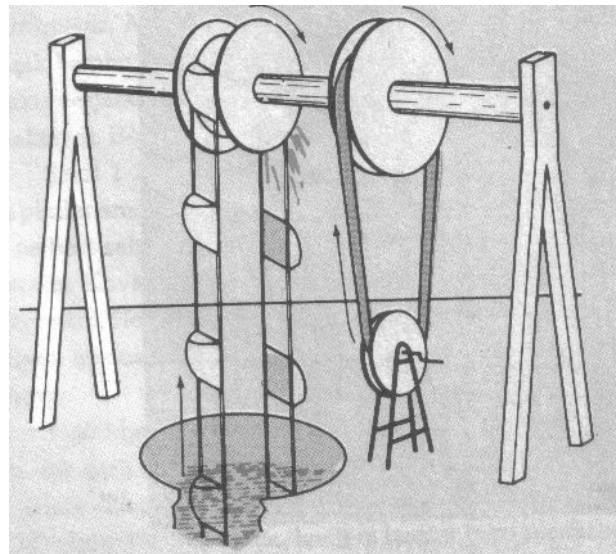
Şekil 1.1 Arşimet vidaları

Ne insan ne de hayvan gücünün kullanılmadığı ilk pompalama aygıtı Çin’de geliştirilmiştir [2]. Noria denilen bu aygıt, büyük bir çarkın çemberi çevresine takılmış çok sayıda ucu açık borulardan oluşmaktaydı. Şekil 1.2’de görüldüğü gibi nehrin akıntısı çarkı döndürdükçe her boru nehre dalmakta ve çarkın üstüne yakın bir konumda bulunan kanala suyu taşımaktaydı. Noria’nın maksimum su kaldırma yüksekliği 9 metre ile 12 metre olan çark çapıyla sınırlıydı. Kuyularda ya da diğer kapalı alanlarda çalışamaması nedeniyle Noria’nın kullanımı sınırlıdır.



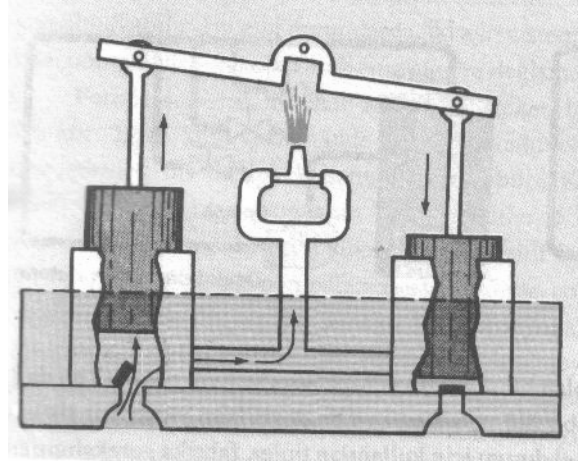
Şekil 1.2 Serbest salınlı kovalarla su değirmeni

Eski Mısırlılar derin kuyulardan su pompalamak için bir aygıtı bulmalarıyla ün yapmışlardır [2]. Aygıt, bir çark yerine sonsuz bir zincirin üzerine monte edilmiş bir dizi kova yada çanaktan oluşmaktadır. Zincire insanlar ya da hayvanlar tarafından hareket veriliyordu. Bu aygıt Şekil 1.3’de gösterilmiştir.



Şekil 1.3 Kovalı zincir sistemi

Şekil 1.4 bir eski pozitif yer değıştirmeli pompanın resmidir. Pozitif yer değıştirmeli bir pompa, bir strok mesafesi başından sonuna kadar olan piston hareketi süresinde bilinen bir miktar akışkan basar [2]. Bu pompa, onsekizinci yüzyıl sonlarında İngiltere’de gerçekleşen Sanayi Devrimi’nin başlangıcına kadar pek değışmeden kalmıştır. O tarihlerde buhar tahrikli, pozitif yer değıştirmeli bir pompa geliştirilmiştir. Santrifüj pompa ilk kez 1800’lerin ortalarında ortaya çıkmıştır.



Şekil 1.4 İlk pozitif iletimli pompa

2. LİTERATÜR TARAMASI

Akışkanlara enerji genellikle volumetrik veya santrifüj pompalarla yüklenir. Akışkanlara yüklenen enerjinin bir kısmı hareket enerjisi bir kısmı da basınç enerjisi şeklindedir. Motorun akışkana verdiği enerjinin ısıya dönüşen kısmı ve potansiyel enerjisi dikkate alınmadığında; akışkan üzerinde sadece hız ve basınç enerjisi kalır. Pompalar, sanayide örneğin güç hidroliği devreleri kapalı devre çalıştırıldığından, potansiyel enerji dikkate alınmaz. Hız enerjisi, basınç enerjisinin yanında çok küçük bir değer olacağından uygulamalarda sadece basınç enerjisi söz konusudur.

Pompalarda çalışma basıncı ne kadar yüksek olursa aksamaların maliyeti de o derecede yüksek olup parçaların seçiminde kısıtlamalar ortaya çıkar [3]. Yüksek çalışma basıncının üstünlüğü belirli bir sistem gücü için akışkan akımının azaltılmış olmasıdır. Bunun sonucunda daha küçük elemanlardan oluşan daha küçük boru çaplı pompalar kullanılabilir. Mahzurları ise, yüksek çalışma basınçlarında kullanılan akışkanın sıkıştırılabilirliği geniş bir yük yelpazesinde hassas kontrolün gerektiği durumlarda önemli ölçüde ters etkiler yaratabilir.

Pompalar belirli viskozite değerleri sınırları içinde çalışacak şekilde tasarlanmıştır [3]. Mineral yağlar temiz oldukları sürece ve viskoziteleri uygun olduğu taktirde birçok pompada etkin bir şekilde görevlerini yerine getirir. Sentetik veya su esaslı akışkanlarla çalıştırılan pompaların ömrü kısalmış olur. Çünkü bu pompalarda hareket eden parçaların ve yatakların yağlanması bu hidrolik akışkanlar ile yapılmaktadır.

Döner pompa çeşitlerinden olan vidalı pompalar, bir gövde içine yerleştirilmiş olan bir, iki ya da üç vidadan meydana gelir. Pompalanan akışkan vida dişleri arasında ya da vidayla gövde arasında vidaların eksenleri boyunca ilerler. Vidalı pompalar hemen hemen her viskozitedeki akışkanları iletme özelliğine sahiptir. Bu özelliğinden dolayı vidalı pompalar birçok alanda geniş bir şekilde kullanılmaktadır. Vidalı pompaların geniş bir uygulama alanı olmasına rağmen bu konuda fazla çalışma yapılmamıştır.

Özgür, pompaların verimini genel olarak ele almıştır. Pompalarda genel verimin mekanik verime, hidrolik verime ve kaçak verimine bağlı olduğunu söylemiştir. Mil tarafından akışkana verilen enerjinin tam olarak faydalı güç haline geçemediğini çünkü akışkanın mil ile gövde arasında ilerlerken çeşitli sürtünme ve çalkantı kayıpları olduğundan bahsetmiştir ve bu çeşit kayıpları hidrolik verim ile tanımlamıştır. Ayrıca mil ile gövdedeki mekanik sürtünmelerle yatak ve salmastralardaki sürtünmelerin mekanik kayıplara neden olduğunu belirtmiştir. Bu

kayıpların dışında birde kaçak kayıpları olduğunu söylemiştir. Emme borusundan gelen Q debisinin aynen basma borusuna geçemeyeceğini yani akışkanın bir kısmının mil ile gövde arasındaki boşluktan tekrar emme tarafına kaçtığını ileri sürmüştür [1].

Pinches ve diğ., pompalarda en önemli konulardan birinin de verim olduğunu ve pistonlu pompaların veriminin döner pompalara göre daha yüksek olduğunu söylemişlerdir. Ayrıca gerçek verimin tasarıma, çalışma basıncına, hıza ve akışkanın viskozitesine bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte pompaların tiplerine göre verimlerinin farklı olduğundan bahsetmişlerdir [3].

Haik ve diğ., biyolojik akışkanların pompalanması için manyetik sürücülü vidalı pompanın tasarlanması ve üretilmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmalarında akışkan olarak kan kullanmışlardır. Çalışmalarında, güç ve tork hesabı yaparak üç farklı manyetik etki alanı simülasyonlarını sayısal olarak elde etmişlerdir. Ayrıca sıcaklığın artması ile kanda bir miktar çökelme olduğunu ve bu çökelmenin sıcaklığın artışı ile doğru orantılı olduğunu bulmuşlardır [4].

Ohbayashi ve diğ. , vidalı vakumlu pompanın pompa karakteristikleri üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında 120 mm çapında bir vidalı mil kullanarak debiyi ve en yüksek basıncı ölçmüşlerdir. Çalışmalarını hem deneysel hem de matematiksel modelleme yöntemi ile yapmışlardır. Bu iki yöntem sonucunda bulunan verilerin birbiri ile paralellik taşıdığını göstermişlerdir. Bu matematiksel modelleme yönteminin pratik uygulamalarda rahatlıkla kullanılabileceği sonucuna varmışlardır [5].

Rieger, vidalı milin pompalama verimini hesaplamıştır. Çalışmasında türbülanslı akış bölgesindeki sürtünmeden kaynaklanan Reynold sayılarını bularak vidalı pompanın pompalama veriminde Reynold sayısının etkisini göstermiştir [6]. Reynold sayısının artmasıyla birlikte verimin de arttığını bulmuştur. Ayrıca debi artışının da önce verimi arttırdığını fakat belli bir değerden sonra verimin tekrar düştüğü sonucuna varmıştır. Rieger, çalışmasında vidalı pompaların veriminin Reynold sayısına bağlı olarak % 1 ile %78 arasında değiştiğini tespit etmiştir [6].

3. POMPALAR

Pompaların birçoğu hareket ettirici olarak elektrik motoru veya içten yanmalı motor ile çalıştırılır [3]. Bu yüzden çalışma hızları bilinir. Pompaların çıkış hacmi dönme hızı ile orantılıdır. Her bir tasarım için en büyük ve en küçük çalışma hızı vardır. Pompa ne kadar hızlı çalıştırılırsa ömrü o denli kısa olur.

Akışkandaki en ufak kirlilik pompaya hasar verecektir. Parçalarındaki toleransların çok hassas olduğu pompalar bu hasara daha dayanıksızdır [3]. Eğer kirli akışkanın pompalanması söz konusu ise çok dikkatli olunmalıdır. Hangi tip pompa olursa olsun emiş hattında bir süzgeç olması gerekir.

Gürültü, çevresel olarak her geçen gün biraz daha önemli olmaktadır. Genelde ortaya çıkan gürültü hız ve basınç ile birlikte artar. Ama bazı pompaların özellikle içten dışlı pompaların gürültü düzeyi daha düşüktür.

Bugün endüstride pompalar, en yaygın kullanılan teçhizat arasında elektrik motorlarından sonra ikinci sırada bulunmaktadır [2]. Pompalar, tüm hidrolik sistemlerde akışkan akışı meydana getirirler [3]. Pompalar, akışkanların boru içerisinde nakledilmesine, daha yüksek irtifalara çıkarılmasına yada basınç altında depolanmasına olanak vermektedir. Hatta bazı pompalar çimento ve diğer katı maddeleri nakletmekte de kullanılmaktadır. Pompalar imal edilirken kullanım yerlerine göre veya bastıkları malzemelerin niteliklerine göre bazı kriterler göz önünde bulundurularak imal edilirler. Ayrıca açık kalp ameliyatlarında da pompalar zaman zaman kan pompalamakta kullanılmaktadır [4].

Gerek bakım, gerekse işletme personeli için pompa hidroliği önemlidir. Bir pompayı tahrik etmek için gereken güç, onun debisine (iletim kapasitesine) ve karşı koyarak bastığı yükseklığe bağlıdır. Bir pompanın karşı koyarak çalıştığı toplam manometrik yükseklik, emme ve basma koşullarını da içeren birkaç unsuru hesaba katar.

Pompaların emme ve çıkış taraflarına birer manometre bağlıdır. Bu manometrelerin gösterdikleri basınçları sırasıyla P_s ve P_d (kg/cm^2) ile gösterirsek

$$H_{\text{man}} = \frac{(P_d - P_s)10000}{\gamma} + h_m + \frac{C_d^2 - C_s^2}{2g} \quad (3.1)$$

olur [2].

Burada :

H_{man} = Manometrik yükseklik

γ = Sıvının özgül kütlesi (kg/m^3)

h_m = Manometrelerin takıldıkları yerlerin seviye farkları (m)

C_s ve C_d ise emme ve çıkış borularındaki akışkan hızlarıdır.

Ayrıca bir boru içindeki akışkan hızını hesaplamak için, akışkanın debisini (m^3/s) ve borunun iç kesit alanını yada borunun iç çapını bilmek gerekir. Akışkan hızını hesaplamak için aşağıdaki denklem kullanılır.

$$C = Q / A \quad (3.2)$$

Burada:

C = Hız (m/sn)

Q = Debi (m^3/sn)

A = Borunun iç kesit alanı (m^2)

Yerel ihtiyaçların özelliklerine göre çeşitli pompa türleri kullanılmaktadır. Bunları beş ana başlık altında toplamak mümkündür. Bunlar;

- Santrifüj pompalar
- Pervaneli ve türbin pompalar
- Pistonlu pompalar
- Özel amaçlı pompalar
- Döner pompalar

3.1. Santrifüj Pompalar

Santrifüj pompalar değişen debi ve basma yüksekliğine sahip pompalardır. Bu pompalar nispeten ucuz, güvenilir ve sessizdirler. Pompalar, tüm hidrolik sistemlerde akışkan akışı meydana getirirler [2]. Bunlar konstrüksiyon bakımından derli toplu ve basittir. Normalden fazla buhar içeren akışların pompalanmasında ise bunların debileri düşer. Santrifüj pompalar, çıkışı kapalı çalıştırıldığında basma yüksekliği ya da basınç üretimine devam etmez. Santrifüj pompalar, en iyi performansı düşük viskoziteli akışkanların pompalanmasında gösterir. Ağır yağlar ve diğer kalın yoğun akışkanları pompalamak için kullanıldığında bunların debileri büyük ölçüde düşer. Santrifüj pompalar çeşitli bakımlardan sınıflandırılabilir. Bunlar;

- Sahip oldukları çark türlerine göre
- Sahip oldukları kademe sayısına göre
- Dönüş eksenlerine göre
- Tahrik edilmelerinde kullanılan yöntemlere göre
- Düzenlerine ya da görünümüne göre

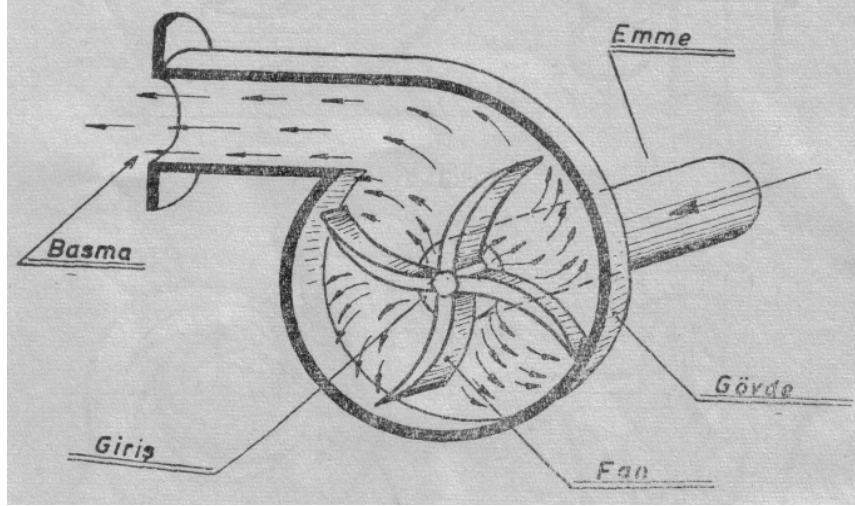
sınıflara ayrılabilir.

Endüstri tesislerinde kullanılan pompaların yaklaşık %80'i uygulama alanlarının çeşitliliği, düşük yatırım maliyetleri ve bakım kolaylıları nedeni ile santrifüj pompalarıdır. Bunlar genellikle suyun nakledilmesinde kullanılır. Bu santrifüj pompalar aynı zamanda şerbetleri, kağıt hamuru ve yongaları ve diğer ağır maddeleri pompalamak üzere adapte edilebilir. Bununla beraber bu maddeler pompalanacakları zaman pompalar özel malzemelerden imal edilirler ve özel olarak yapılmış çarkları gerektirirler.

3.1.1. Santrifüj Pompanın Çalışması

Bir santrifüj pompanın çalışması santrifüj kuvvet esasına dayanır. Şekil 3.1'de görüldüğü gibi fan döndürülürse fanın kanatları arasındaki akışkan harekete geçer ve oluşan kuvvet bu suyu kanatlardan dışarı doğru atar [7]. Bu suretle fanın iç tarafında bir boşluk (vakum) oluşur ve akışkanın emildiği kuyu v.b. üzerindeki basınç emme borusundaki suyu harekete geçirir. Bu su emme borusundan muayyen bir hız ve basınçla fana girer; buradan gövdeye geçerken yerine hemen yeni su gelir ve bu olay sürekli devam eder [7].

Gövdede akışkan öyle bir yol takip etmelidir ki su şeritlerinin istikamet değiştirmesinden ve türbülanslardan meydana gelen kayıplar mümkün olduğu kadar küçük olsun [7]. Bunun içinde gövdenin helezoni olması lazımdır. Gövde dâhilindeki su kütlesi üzerinde oluşan basınç çıkış borusundaki suyu harekete geçirir.



Şekil 3.1 Santrifüj pompa

Santrifüj pompalar basma irtifalarına göre üç gruba ayrılır:

- Alçak basınç pompaları (20 metreye kadar)
- Orta basınç pompaları (20-60 metreye kadar)
- Yüksek basınç pompaları (60 metreden fazla)

Santrifüj pompaların şu avantajları vardır:

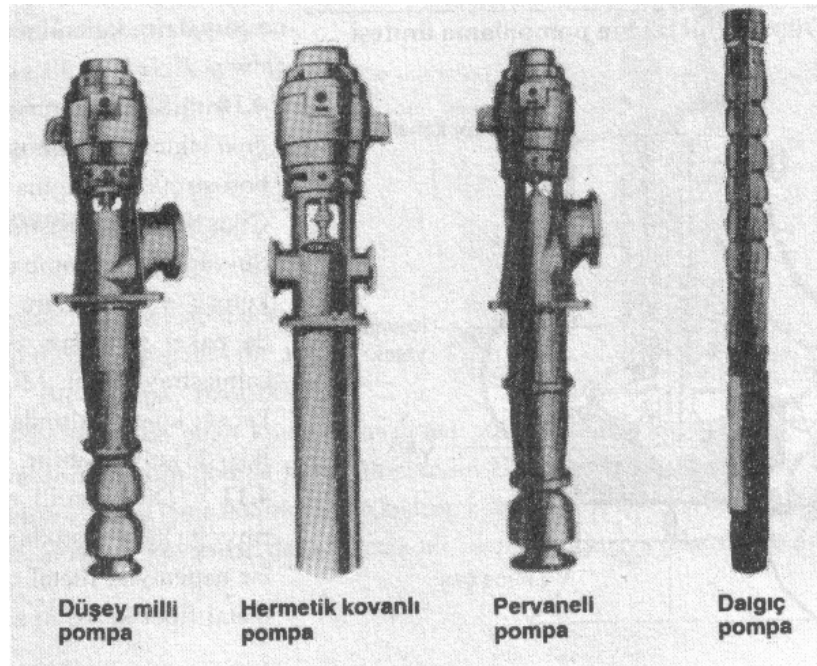
- Tesis masrafları düşüktür.
- Hafiftirler.
- Az yer işgal ederler.
- Yüksek devirli makinelere doğrudan bağlanabilirler.
- Emme ve basma ventilleri bulunmadığı için temiz olmayan (çamurlu) sıvıları sevk etmeye daha elverişlidirler.
- İşletme masrafları azdır.

Dezavantajları ise şunlardır:

- Bilhassa küçük debilerde verimleri çok düşüktür. Bir santrifüj pompa kullanılması için akışkanın en az saatte 1 m³ olması lazımdır. Bu küçük debi için fanın kanalları ancak 1-2 mm genişliğinde olur ve bu yüzden sürtünme kayıpları çok artar. Onun için santrifüj pompalar ancak saatte 5-6 m³ lük bir debiden sonra iktisadi olmaya başlarlar.
- Pompayı çalıştırmadan önce akışkan ile doldurmak lazımdır.

3.2. Pervaneli ve Türbin Pompalar

Her ne kadar sanayide santrifüj pompalar diğer pompalardan daha fazla kullanılıyorsa da bunların sınırlayıcı belirli koşulları vardır [2]. Ayrıca santrifüj pompalar sınırlayıcı kapasiteye ve verime sahiptir. Belirli uygulamalar için türbin pompaların muhtelif tiplerinden biri seçilebilir.



Şekil 3.2 Türbin pompa çeşitleri

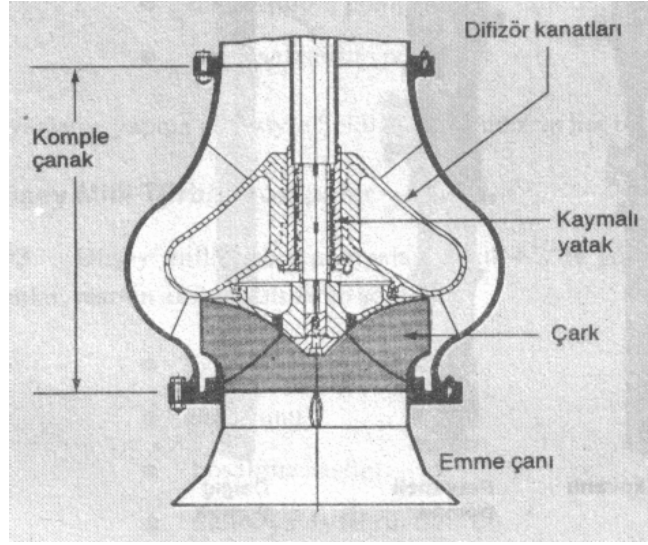
Türbin pompaları yaygın olarak şu şekilde sınıflandırabiliriz:

- Düşey milli türbin pompalar
- Hermetik kovanlı türbin pompalar
- Dalgıç türbin pompalar
- Pervaneli türbin pompalar

Kıyaslama yapma gayesiyle şekil 3.2’de bunların her birinden birer örnek gösterilmiştir.

3.2.1 Pervaneli ve Türbin Pompanın Çalışması

Pompalama ünitesi (Şekil 3.3) bir komple çanak ile bir emme çanından oluşur. Akışkan, pompalama ünitesine emme çanından girer. Sonra bir çark ile bir çanak yada gövdeden oluşan komple çanağa girer. Çanak, çarka yuva oluşturur ve santrifüj pompadaki salyangoz gövdenin gördüğü işlevi görür [2].

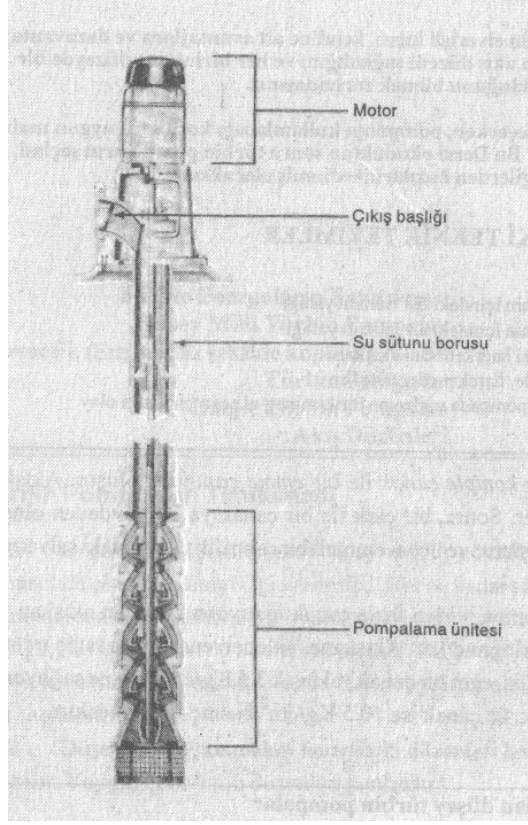


Şekil 3.3 Düşey milli türbin pompalama ünitesi

Akışkana, eklenen enerji ve basınç miktarı çanakların sayısı ile doğru orantılıdır. Örneğin bir çanak 3.5 kg/cm^2 basınç sağlıyorsa, buna göre iki çanak 7.0 kg/cm^2 basınç sağlayacaktır.

Basılan akışkan miktarı pompa çanakları ilavesiyle değişmemektedir. Bir pompanın iletebileceği akışkanın miktarı çarkın kapasitesine bağlıdır [2]. Çanaklar ilavesiyle yüksek basınçların elde edilmesine imkan vermesi bu türden pompanın sanayide, sulamada ve belediyelerce derin kuyularda kullanılmasına geniş destek sağlamıştır.

Düşey milli bir türbin pompanın çoğu kez çanağı, bütünüyle akışkan içine daldırılmaktadır. Akışkan komple çanaktan itibaren su sütununda ilerleyerek yol alır. Sütun, tahrik mili ile kaymalı radyal yatakları içerir. Bu yataklar milin eksen çizgisinde ayarlı tutulmasına yardım eder. Bunlar bronzdan yada lastikten imal edilebilirler.

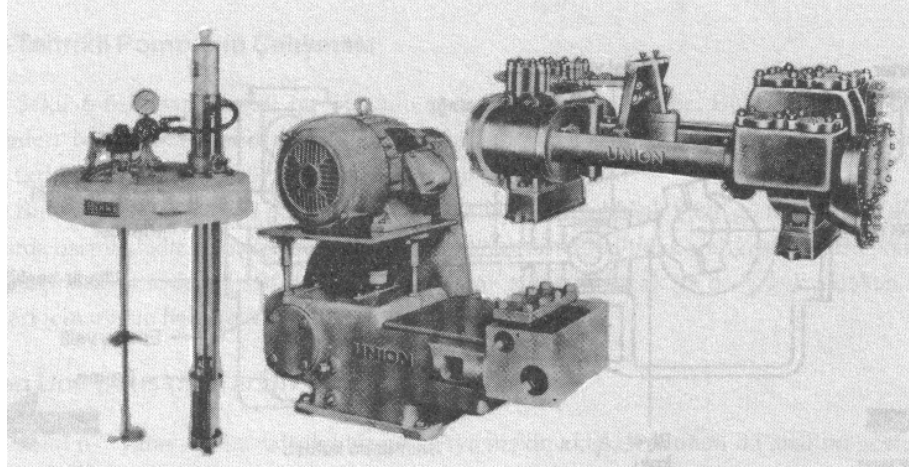


Şekil 3.4 Düşey milli türbin pompa

3.3. Pistonlu Pompalar

Pistonlu pompalar hidrolik sistemlerde akışkanları pompalamak için kullanılırlar [8]. Pistonlu pompa denince ilk akla gelen buhar tahrikli, pistonlu su pompalarıdır. Pistonlu pompaların en büyük özelliği yüksek basınçlarda yüksek verimli olmalarıdır. Her ne kadar bu pompaların kullanımı uzun yıllar içerisinde azalmış bulunuyorsa da birçok rafineri ve kimyasal madde fabrikası bu pompaları kullanmaktadır. Buhar tahrikli pompalar yanıcı içermemeleri, patlamaya karşı emniyetli olmaları nedeniyle kolay buharlaşan ve uçucu yada parlayıcı sıvılar için idealdir. Şekil 3.5'te tipik pistonlu pompalar görülmektedir.

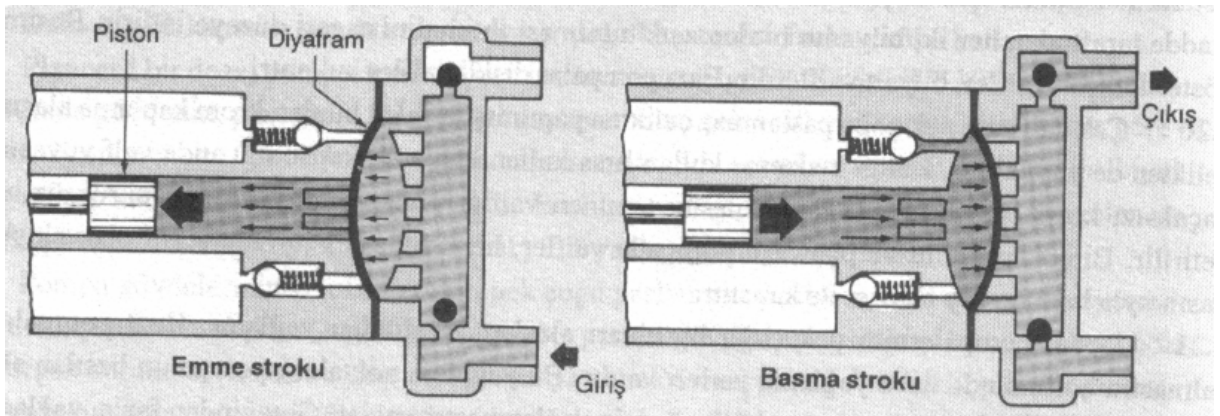
Sanayide kullanılan birçok pistonlu pompa hava basıncıyla tahriklidir. Bazen pnömatik pompalarda denilen bu pompalar çoğu kez akışkanların varillerden diğer tanklara ya da akışkana ihtiyacı olan makineye bunu doğrudan taşıyan boru şebekesine iletilmesinde kullanılır.



Şekil 3.5 Tipik pistonlu pompalar

Bazı pistonlu pompalar, bir elektrik motoru yada içten yanmalı bir motora kaplinle birleştirilmiş dönen bir krank mili tarafından tahrik edilir. Bu pompalara yaygın olarak motopomp denir. Motopomplar yüksek basınç gerektiren hizmetlere çok elverişlidir. Bunlar çoğu kez hidrolik preslerde, ham petrol işlenmesinde ve petrol boru hattı pompalama işlerinde kullanılır.

Pistonlu pompaların diğer bir çeşidi diyaframlı pompalardır. Bu pompaların pek çoğu diyaframa hareket vermek üzere bir piston tarafından sağlanan hidrolik basıncı kullanır. Şekil 3.6'da görüldüğü gibi pompa diyaframının her iki tarafında akışkan vardır. Pompalama hareketinin yapılmasını sağlayan tarafa tahrik tarafı, pompalamayı yapan tarafa ise akışkan tarafı denir.



Şekil 3.6 Diyaframlı pompa çalışması

Tahrik tarafına hidrolik akışkan kuvveti tarafından baskı yapıldığında diyafram esneme yapar. Bu hareket, diyaframın akışkan tarafındaki akışkanı basar. Bu basınç emme çek valfini kapatır. Pompa pistonu geriye çekilirken tahrik tarafındaki hidrolik akışkan da içeriye çekilir. Diyafram esneyerek akışkan tarafından uzaklaşır. Oyukta meydana gelen emiş, basma valfinin kapanmasını sağlar. Emme valfi, içeri giren akışkan tarafından zorlanarak açılır ve basılacak olan akışkan madde açık hacme çekilir.

3.4. Özel Amaçlı Pompalar

Bazı akışkan maddeler belirli koşullar altında sorun yaratabilir. İçerisinde yabancı maddelerin bulunması halinde akışkan pompalanırken daha çok yük kaybı doğar [9]. Örneğin petrolün ham petrol aşamalarında pompalanması zordur. Arıtılmasından sonra ise pompalamaya elverişli bir akışkan olur. Bazı sorunlu akışkanların pompalanabilmesi için özel amaçlı pompalar üretilmiştir [9]. Bu pompaları şu şekilde sınıflandırabiliriz:

- Kimyasal madde pompaları
- Çamur pompaları
- Kağıt hamuru pompaları
- Döküntü çöp ve kanalizasyon pompaları

3.5. Döner Pompalar

Döner pompalar, gemi yakıt servisinde yüksek viskoziteli akışkanların pompalanmasında, hidrolik güç iletimi uygulamalarında ve ham petrolle kimyasal maddelerin işlenmesinde geniş çapta kullanılır. Her ne kadar döner pompalar çoğu kez yoğun akışkan pompaları olarak düşünülse de bunlar tüm viskozitelerdeki akışkanları iletebilir.

Döner pompalar, bir bölüm akışkanı bir yada daha fazla hareketli elemanla sabit bir gövde arasına hapsederek akışkanı pompa girişinden pompa çıkışına ileten pozitif yer değiştirmeli makinelerdir. Hareketli elemanlar dişliler, kamlar vidalar, kanatlar yada benzer aygıtlar olabilir. Döner pompalar pompa milinin her turunda belirli bir miktar akışkan verdiklerinden bunlar dozaj uygulamaları için uyarlanabilir.

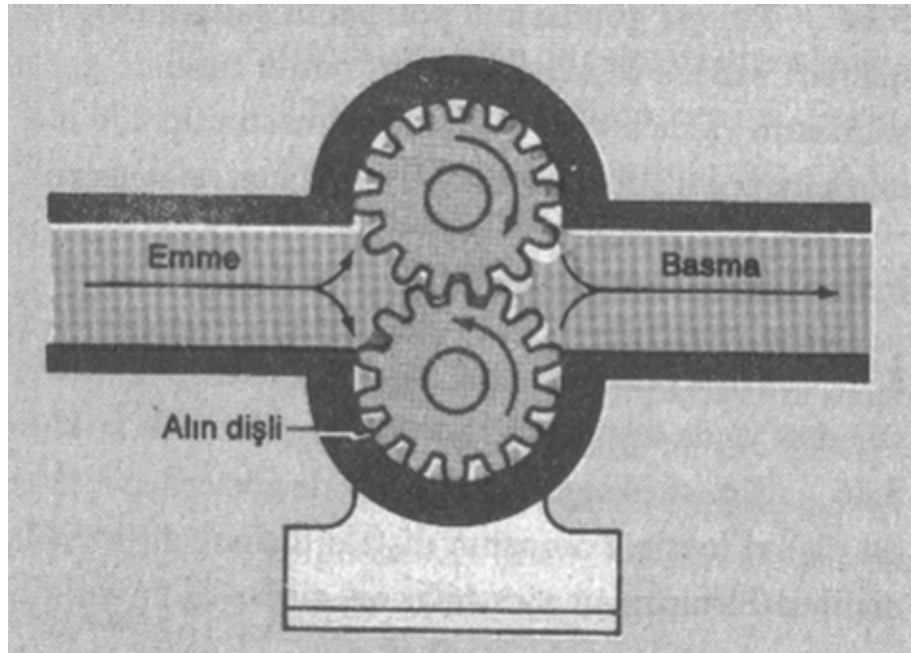
Bu pompalar, pistonlu pompalardan çok daha yüksek hızlarda çalışır ve hemen bütün aşındırıcı olmayan akışkanların pompalanması için elverişlidir. Döner pompalar çoğu kez basit, derli toplu ve hafif yapıdadır. Pistonlu pompaların tersine döner pompalar, aralıklı darbe

dalgalanmalarından arı bir akış sağlama imkânına sahiptirler. Döner pompaları kendi içinde şu şekilde sınıflandırabiliriz:

- Dıştan dişli pompalar
- İçten dişli pompalar
- Paletli pompalar
- Kanatlı pompalar
- Esnek elemanlı pompalar
- Vidalı pompalar

3.5.1. Dıştan Dişli Pompalar

Birçok takım tezgâhı, rulman ve yatak yağlaması için ve makinedeki muhtelif noktalara kesme yağı beslenmesinde dıştan dişli pompalar kullanılır. Birçok taşıt aracının motorundaki yağ pompaları dıştan dişli pompalardır. Ayrıca kimya sanayinde kullanılan birçok pompa dıştan dişli pompadır.



Şekil 3.7 Dıştan dişli pompanın çalışması

Dıştan dişli bir pompanın çalışması Şekil 3.7’de görülmektedir. Burada akışkan, diş aralıklarıyla gövde arasındaki boşluğa emilir ve çıkış ağzından dışarıya basılır. Birbirini kavrayan dişliler akışkanın pompanın emiş bölümüne geriye akışını önler.

Dıştan dişli bir pompanın konstrüksiyonu, bir santrifüj yada türbin pompaya kıyasla nispeten basittir [2]. Dişli pompa gövdesi, pompanın dış yuvasını oluşturur. Gövde, diğer metallerinde kullanılabilmesine rağmen genellikle demir dökümden ya da çelik dökümden yapılır.

Dıştan dişli pompaların normal olarak hidrolik yada yağlı akışkanlar iletilmesinden dolayı yataklar dışarıdan imkanlarla değil, basılan akışkan tarafından yağlanmaktadır. Eğer basılmakta olan maddenin yağlayıcı niteliği yoksa o zaman pompada salmastralarla birlikte dışarıdan bir yağlama yöntemi kullanılır.

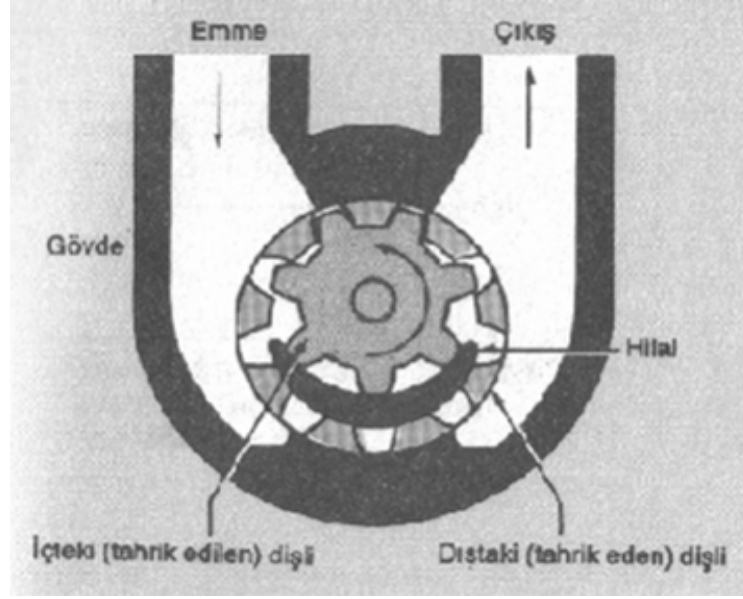
Pek çok döner pompada olduğu gibi dıştan dişli pompalar da çift yönlüdür. Bunların birçoğu pompanın iç parçalarında ya da gövde üzerinde herhangi bir değişiklik yapılmadan her iki yönde de çalışabilir.

Dıştan dişli pompalar bugün endüstride muhtemelen en geniş çapta kullanılan tipten bir döner pompadır. Hidrolik güç iletim sistemleri, dıştan dişli pompaları sık kullanan sistemlerdir. Bu pompalar ile gövdenin iç duvarı arasındaki boşluklar çok küçük olacak şekilde çalışan bir veya birkaç çift dıştan birbirine geçmiş dişliden oluşur. Dişli pompalar sağlamlıkları, yapımlarının kolaylığı, çok hızlı dönme yeteneğine sahip bulunmaları ve kütleli güçlerinin yüksek olması nedeniyle çok aranmaktadırlar [10].

3.5.2. İçten Dişli Pompalar

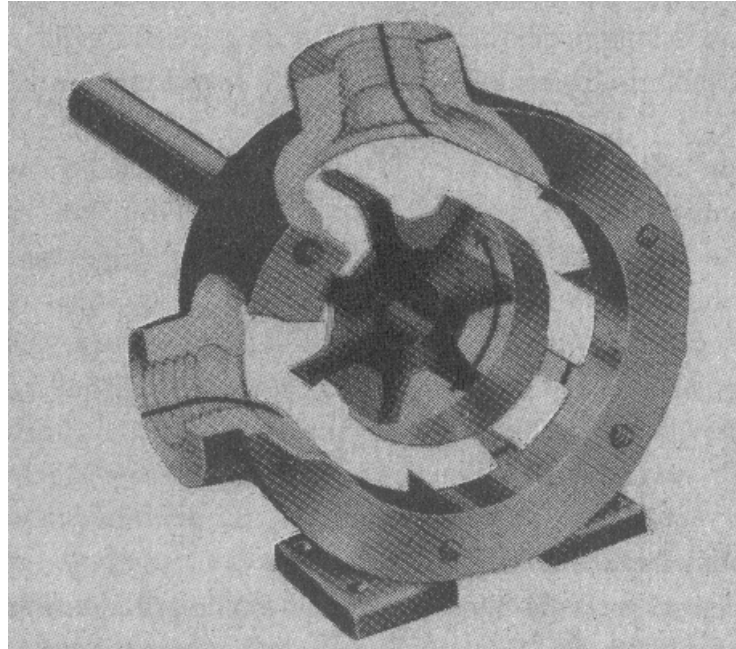
Dişli pompanın bir diğer tipi içten dişli pompadır. Bu pompaların pompalama odası birbirine geçmiş dişlilerden oluşur.

Konstrüksiyonu Şekil 3.8’de gösterilen içten dişli pompa birbirine geçen ve birbirini tarayan iki dişliyi içerir. Pompanın dıştaki dişlisi tahrik dişlisidir. İçteki dişli tahrik edilen dişlidir. Hilal, dişlileri birbirinden ayrı tutar ve girdap akımlarını azaltarak pompanın verimini yükseltir. Bazı modellerde hilal hareketli olup pompanın her iki yönde çalışmasını mümkün kılar.



Şekil 3.8 İçten dişli pompanın konstrüksiyonu

Çalışma sırasında dönen içteki dişli, giriş ağzı bölümünde bulunan her iki dişlinin dişleri arasındaki boşluğu açar. Akışkan giriş yolundan içeri çekilir ve Şekil 3.9’da gösterildiği üzere pompanın hilal bölgesi çevresinden geçer. Dişlilerin dişleri çıkış ağzına yakın tekrar birbirleriyle temasa geçtiklerinde akışkan dışarıya atılır.

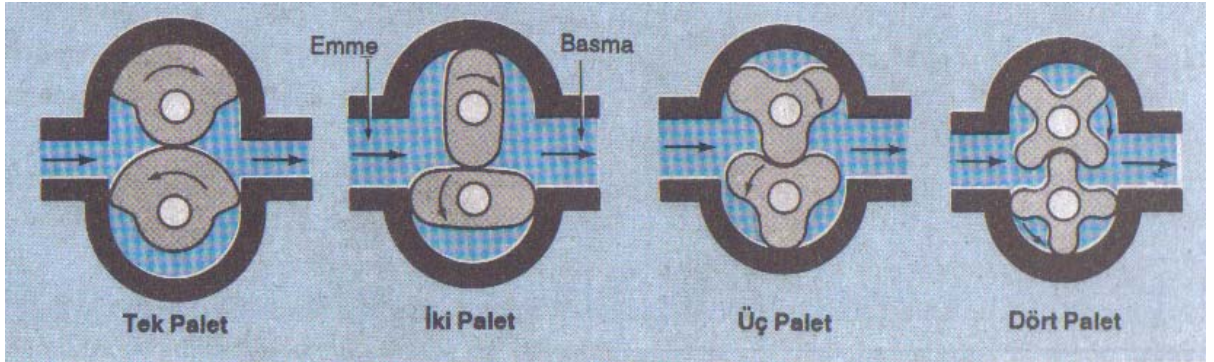


Şekil 3.9 İçten dişli pompada akışkan akışı

İçten dişli pompaların konstrüksiyonunda kullanılan malzemeler dıştan dişli pompalarda kullanılanlara benzer. Tahrik dişlisi çelikten yapılır. Pompa gövdesi genellikle demir döküm ya da çeliktir. Tahrik eden dişlinin tahrik edilen dişli çevresinde dönmesi ve onu içinde bulundurması nedeniyle pompa yuvası yuvarlak ve derli topludur.

3.5.3. Paletli Pompalar

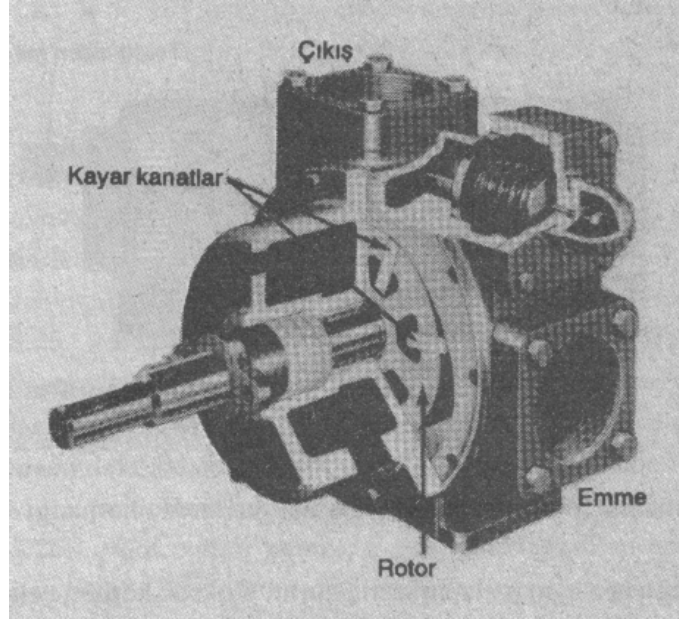
Paletli pompalar, hem konstrüksiyon hem de çalışma prensibinde dıştan dişli pompalara benzer. Fakat dişlilerin yerini her birinin tek, çift, üç yada dört paleti bulunan iki rotor almıştır. Bir rotor dışardan tahrik edilmektedir. Bir paletli pompanın akışkanı bir dişli pompaya göre daha büyük miktarları daha az sayıda vermesi nedeniyle akış da daha az süreklilik arz eder. Şekil 3.10 dört tip paletli pompayı göstermektedir. Paletli rotorların şekli bir rotorun diğerini tahrik etmesine imkân vermez bu nedenle paletli rotorların eş zamanlaması başka yollardan yapılmalıdır. Zamanlama dişlileri momentin tahrik eden rotordan tahrik edilen rotora iletiminde kullanılır.



Şekil 3.10 Paletli pompanın yapısı

3.5.4. Kanatlı Pompalar

Kanatlı pompa, sanayi tesislerinde yaygın olarak kullanılan döner pompanın diğer bir tipidir. Kanatlı (paletli) pompalar çoğu kez boya ile diğer ağır akışkanların ve aşındırıcı parçacıklar içeren diğer ağır akışkanlar için kullanılmaktadır. Aşındırıcı madde uygulamaları için kanatlar, pompa malzemesinden daha yumuşak bir malzemedir yapılır.



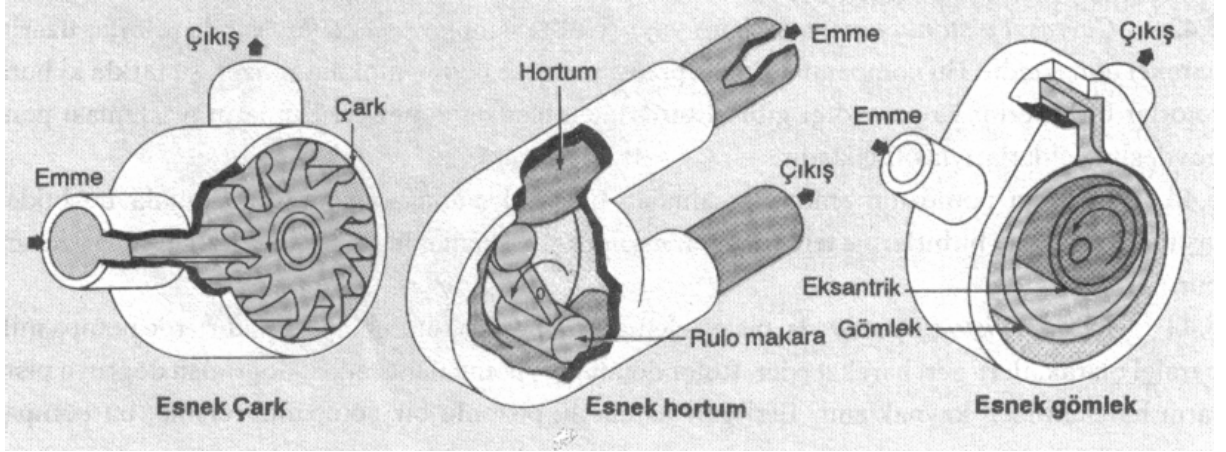
Şekil 3.11 Kanatlı pompa

Şekil 3.11’de gösterilen kanatlı pompanın basit bir çalışma prensibi vardır. Çark döndükçe pompa eksen hattından kaçık pozisyonundan dolayı kanatları dışarıya kayarak akışkanı giriş tarafına doğru çeker. Pompanın alt bölümünde kanatlar, rotor ve rotor yuvası arasındaki boş hacim ise akışkanın pompanın içinden taşınmasına imkan vermektedir. Rotor dönmeye devam ettikçe kanatlar pompanın tepe noktasına yaklaşırken rotor kanallarındaki yerlerine doğru itilir. Kullanılabilir hacimdeki bu daralma akışkanı çıkış ağzından dışarıya atar.

3.5.5. Esnek Elemanlı Pompalar

Esnek elemanlı pompalarda pompalama ve sızdırmazlık olayı pompanın parçalarından birinin esnekliğine bağlıdır. Bu parça çark, hortum yada gömlek olabilir. Pompalama elemanı genellikle lastik, sentetik yada bir plastik bileşiğinden yapılır. Şekil 3.12’de üç tip esnek elemanlı pompa görülmektedir.

Bir esnek çarklı pompanın pompalama hareketi kanatlı bir pompaninkine benzer. Fakat rotora kayarak girip çıkan kanatlar yerine buradaki kanatlar pompa gövdesine temas ederek bükülürler.



Şekil 3.12 Esnek elemanlı pompalar

3.5.6. Vidalı Pompalar

Vidalı pompalar, bir gövde içine sıkıca yerleştirilmiş olarak çalışan bir, iki veya üç vida ya da rotora sahiptir. Pompalanan akışkan vida dişleri arasından ya da vidayla gövde arasından vidaların eksenleri doğrultusunda akar. Vidalı pompalar hemen hemen her viskozitede sıvıları iletebilir ve diğer pek çok döner pompadan daha yüksek hızlarda çalıştırılabilir [2].

4. VİDALI POMPALAR

Vidalı pompalar, akışın pompa elemanı içerisinde tamamen eksensel olduğu, pozitif yönde dairesel yer değiştiren özel bir tür pompadır. Sıvı, vida yivleri arasında bir veya birden fazla rotor vasıtası ile taşınır ve rotorun veya çarkların hareketi eksensel yönde yer değiştirir. Diğer bütün döner tür pompalarda sıvı dairesel bir harekete zorlanır [11].

Vidalı pompa, kapalı bir tertibat içerisinde dönen tek bir vidalı ya da birden fazla vidalı milden ibarettir. Vidalı mil dışarıdan bir motor vasıtasıyla döndürülür. Vidalı milin dönmesiyle akışkan, mil ile gövde arasında eksensel olarak hareket eder ve basıncı artırır.

Bütün döner pompalar gibi vidalı pompalarda aşındırıcı maddeleri iyi iletmez. Aşındırıcı parçacıklar sıkışarak kilitlenmeye ya da akışkan rotorların eşleşmiş geçme yüzeyleri boyunca ilerledikçe rotorlar arasında hızlandırılmış bir aşınmaya yol açabilir. Aşındırıcı maddeler aynı zamanda gövde ile vidalar arasındaki küçük boşluklar nedeniyle gövdeye de hasar verebilir. Vidalı pompaların geniş ve farklı alanlarda birçok uygulaması mevcuttur. Donanma, yat limanları, benzin yağ servisleri, kargo, endüstriyel yağ brülörleri, yağlama servisleri, kimyasal işlemler, petrol ve ham yağ endüstrisi, donanma içi güç hidrolikleri, makine elemanları ve diğer birçok uygulamalarda vidalı pompalar kullanılır. Vidalı pompalar hemen hemen her viskozitede sıvıyı pompalayabilmektedirler. Pekmezden benzine, 350 barlık basınca kadar ve akış hızı 1135 m³/h olan sentetik sıvıların taşınmasında kullanılırlar [11].

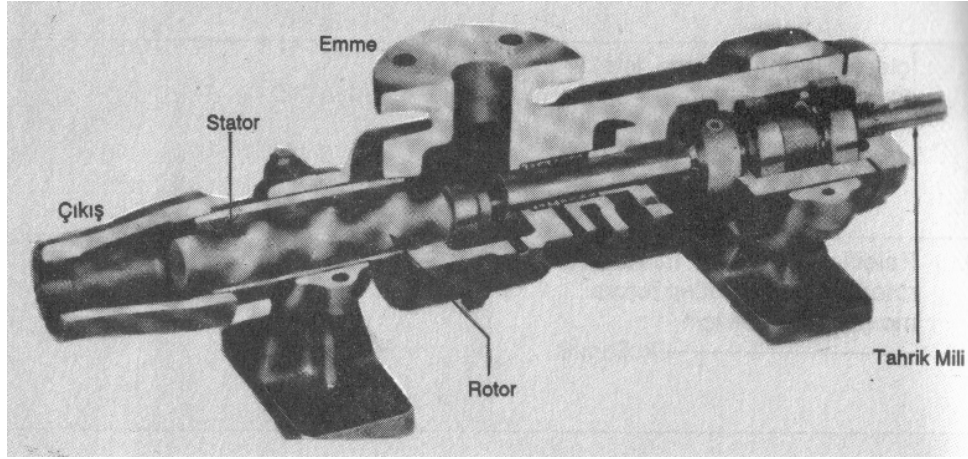
Döner parçalarının düşük bağıl momentleri sayesinde, vidalı pompalar diğer döner pompalara göre daha yüksek hızlarda çalışma yeteneğine sahiptirler. Bazı türbin yağlama pompaları dakikada 10000 devir ve daha fazla hızda çalışmaktadırlar. Vidalı pompanın avantajları aşağıdaki gibidir:

- Geniş aralıkta akış ve basınç
- Geniş aralıkta sıvılar ve viskozite
- Yüksek hız yeteneği ve sürücü seçim serbestliği
- Düşük iç moment
- Giren hava veya gazların tolere edilmesi
- Düşük çalkalama
- Düşük mekaniksel titreşim
- Kolay kurulum

- Diğer pompalara oranla kirlenmeyi tolere edebilen yapısı

Vidalı pompanın dezavantajları ise şunlardır:

- Yüksek maliyet
- Viskozite değişimine olan duyarlılık
- Yüksek basınç kapasitesine bağlı olarak uzun süre basınca dayanacak pompalama elemanına olan ihtiyaç [11].

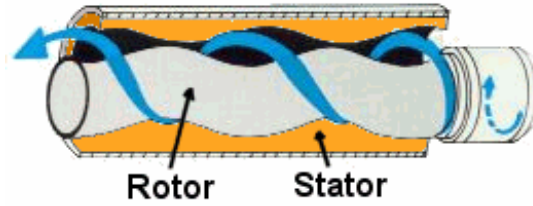


Şekil 4.1 Tek vidalı pompa

Hidrolik enstitüsü standartlarına göre vidalı pompalar tek rotorlu ve çok rotorlu olarak sınıflandırılırlar. En basit vidalı pompa tek vidalı pompadır. Bu pompa içten helis yollu bir gömlek içerisinde dönen helezoni şekillendirilmiş bir rotordan ibarettir. Rotor çoğu kez metaldendir. Gömlek ise lastiktendir. Şekil 4.1 tek vidalı bir pompayı göstermektedir. Vidanın dönmesi, gömlekle vida arasındaki akışkanı hapseder ve dışarı atılana kadar vida eksenini boyunca onu hareket ettirir.

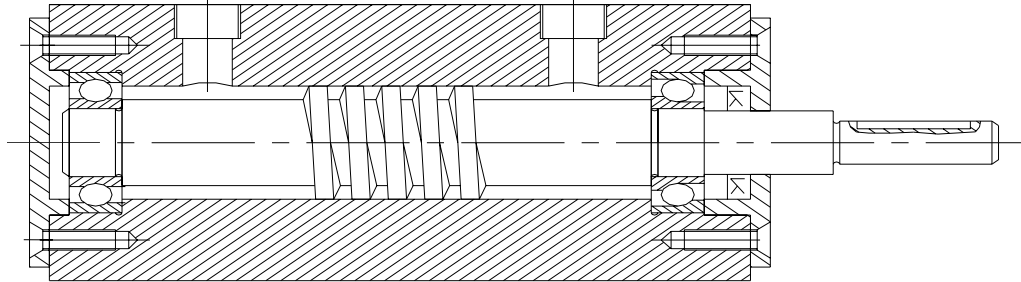
Monopomp adıyla da anılan bu vidalı pompaya eksantrik vidalı pompa da denir. Eksantrik vidalı pompalar, çeşitli endüstriyel uygulamalar için kullanılan yüksek verimli ve küçük hacimli pompalardır. Evsel ve endüstriyel atık suların taşınmasında yaygın olarak kullanılırlar. Diğer tip pompaların pompalamakta zorlandığı akışkanlığı az olan malzemelerin taşınmasında başarılı sonuçlar göstermektedirler. Bu nedenle kimya, petrokimya, gıda, kağıt, kağıt hamuru, inşaat, maden, kozmetik ve yüzey işlem alanlarında tercih edilen pompalardır.

[12]. Eksantrik vidalı pompa temel olarak rotor ve stator adında iki parçadan oluşur. Vida şeklinde çelik malzemeden yapılmış olan rotor, elastik bir malzemeden yapılan statorun içerisinde eksantrik olarak döner. Dönme hareketi sırasında rotor ve stator arasında bulunan boşluklar da dönme eksenini boyunca ilerler. Pompalanacak akışkan bu boşlukların içerisinde Şekil 4.2’de görüldüğü gibi hareket eder [12].



Şekil 4.2 Eksantrik vidalı pompa

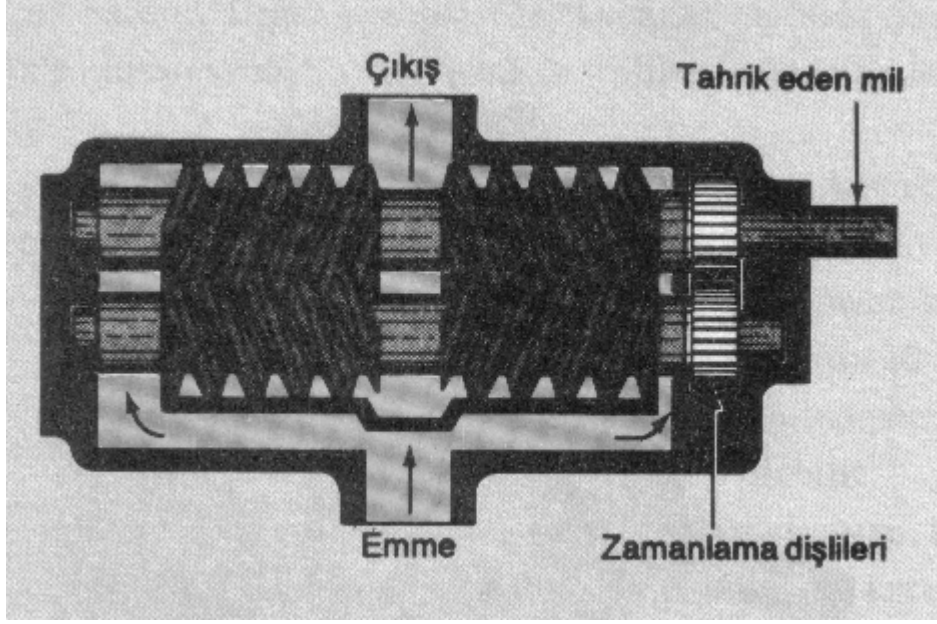
Şekil 4.3’te görülen pompa da tek vidalı pompadır. Bu pompa, gövde içerisinde dönen tek vidalı milden ibarettir. Akışkan emme kanalına girer ve vidalı milin sürekli dönmesine bağlı olarak basma kanalından dışarı çıkar [6].



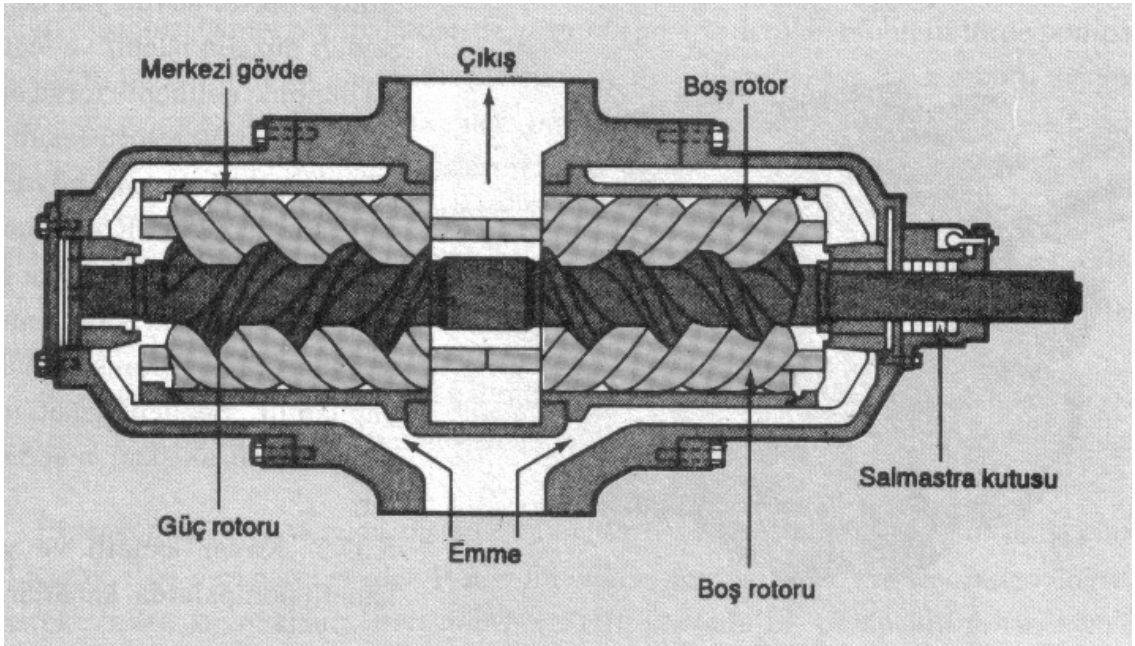
Şekil 4.3 Tek vidalı pompa

Çok vidalı pompalar güç rotoru denilen tek bir rotor tarafından tahrik edilir. İki vidalı pompalar, zamanlama dişlilerine ihtiyaç göstermeleri nedeniyle çoğu kez eş zamanlamalı vidalı pompalar adını alır. Eğer pompa temiz, yağlayıcı nitelikte akışkanlar basmada kullanılacaksa Şekil 4.4’te gösterildiği gibi zamanlama dişlileri ve rulmanlar çoğu kez pompa gövdesi içerisine yerleştirilmiştir. Bu düzenlemede basılan akışkan, dişlileri ve rulmanları yağlamaktadır. Birçok akışkanın yağlayıcı nitelikte olmaması ya da aşındırıcı olması nedeniyle çok sık olarak dıştan eş zamanlama dişlileri ve dıştan yağlama kullanılmaktadır. Vidalı pompalarda zamanlama dişlileri gücü, vida temasına gerek kalmadan tahrik milinden tahrik edilen mile iletmektedir. Zamanlama dişlileri, vida teması ihtiyacını ortadan kaldırarak uzun vida ömrü sağlarlar.

Üç vidalı pompaların iki boş vidası vardır. Güç rotoruyla birbirine geçerek kavramak üzere avare vidalara diş çekilmiştir. Üç vidalı pompalar sık sık zamanlamasız vidalı pompalar olarak anılırlar. Çünkü tahrik gücü, zamanlama dişlileri tarafından değil rotorların kendileri tarafından iletilir. Üç vidalı bir pompada merkez vida tahrik motorudur. Çoğu zaman sıkı geçme gövde, boş rotorlar için tek desteği oluşturur.



Şekil 4.4 İki vidalı zamanlamalı pompa



Şekil 4.5 Üç vidalı pompa

Şekil 4.5 üç vidalı bir pompanın kesit görünüşünü göstermektedir. Güç rotoru döndükçe akışkan, pompanın içine çekilir. Güç rotoruna ait dişlerin boş vidalara ait dişlerle birbirlerine geçmesiyle akışkan, diş çekilmiş bölümdeki açıklıklar boyunca sıkışarak pompanın merkezindeki çıkış kısmına ilerler.

Çok vidalı bir pompa, demir döküm ya da çelik dökümden yapılmış içi dolu, tek parça bir gövdeden imal edilir. Gövdenin içi rotorları içine alacak şekilde hassas olarak işlenir. Güç rotorunun gövde uçlarından birinin dışında uzantısı vardır. Boş rotor millerinin çoğu kez uzantıları yoktur. Mil uzantısının pompa ucundan geçtiği yerlerde salmastra kullanılmaktadır.

Aynı içten dişli pompalar gibi vidalı pompalarında en önemli özelliği oldukça düşük gürültü düzeylerinde çalışabilmeleridir. Bu özelliklerinden dolayı vidalı pompalar tiyatro ve opera salonları gibi yerlerde uygulanan hidrolik düzeneklerde de tercih edilirler [13].

Vidalı pompalarda en önemli konulardan biride verimdir. Verim tasarımı, çalışma basıncına, hıza ve akışkanın viskozitesine bağlıdır. Bununla birlikte pompaların tiplerine göre verimlerinde farklılıklar vardır. Pistonlu pompaların verimi, döner pompaların veriminden daha yüksektir [3]. Tablo 4.1’de çeşitli tipteki pompaların verimleri görülmektedir.

Tablo 4.1 Çeşitli tipteki pompaların verimleri

Pompanın Tipi	Hacimsel Verim(%)	Toplam Verim(%)
Plancer pistonlu	$\leq 99\%$	$\leq 95\%$
Radyal pistonlu	$>95\%$	$>90\%$
Eksenel pistonlu	$>95\%$	$>90\%$
Hassas dişli pompalar	$\leq 95\%$	$>90\%$
Kanatlı pompalar	$\leq 90\%$	$\leq 80\%$
Vidalı pompalar	$\leq 90\%$	$\leq 80\%$

Vidalı pompalarda verim aşağıdaki formüllerle ifade edilir [1].

$$\eta_g = \eta_k \cdot \eta_h \cdot \eta_m \quad (4.1)$$

$$\eta_k = Q_p / Q \quad (4.2)$$

$$\eta_k = P_o / P_1 \quad (4.3)$$

$$\eta_h = P_1 / P_h \quad (4.4)$$

$$P_e = \omega \cdot M_e / 75 \quad (4.5)$$

$$P_h = \eta_m \cdot P_e \quad (4.6)$$

$$P_l = Q \cdot \gamma \cdot H_{man} / 75 \quad (4.7)$$

$$P_o = Q_p \cdot \gamma \cdot H_{man} / 75 \quad (4.8)$$

Q = Pompaya giren yağın debisi (m^3/sn)

Q_p = Pompadan çıkan yağın debisi (m^3/sn)

P_h = Hidrolik güç (BG)

P_e = Efektif güç (BG)

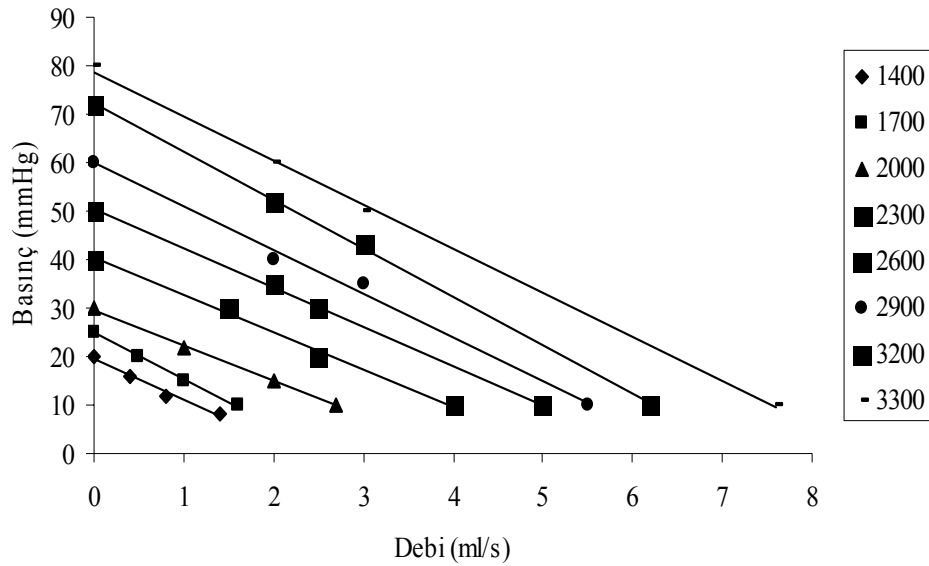
M_e = Moment (Nm)

ω = Açısal hız

γ = Sıvının özgül kütlesi (kg/m^3)

H_{man} = Manometrik yükseklik

Şekil 4.6’da tek vidalı pompadaki debi-basınç değişiminin grafiği görülmektedir. Tek vidalı pompada devir artışıyla birlikte basınç ve debi artar. Bununla birlikte sabit devirlerde basıncın artmasına paralel olarak debi de düşer [4].



Şekil 4.6 Pompa karakteristikleri

5.YAĞLAR VE VİSKOZİTE

Yağlar sürtünmeyi azaltır. Birbirine temas halinde çalışan parçaların arasında yağ filmi meydana getirerek, sürtünmeden dolayı aşınmayı ve sıcaklığı en aza indirir. Makine parçalarının soğumasına yardımcı olur. Yağlama sırasında parçaların üzerinden aldığı sıcaklığı üzerine alarak parçaları az da olsa soğutur. Makine parçalarını temizler. Makine yağı, yağladığı parçalar üzerinde aşınmadan dolayı meydana gelen talaşları ve yanma sonucu oluşan kurumları bünyesinde toplayarak motor parçalarının devamlı temiz kalmasını sağlar [14]. Langmiur teorisine göre küçük kürecikler halinde olan bir kısım yağ parçacıkları adhezyon kuvveti etkisiyle metal yüzeylerle direkt olarak temas ederler. Diğer bir kısım yağ parçacıkları ise kohezyon kuvveti etkisiyle birbirleriyle temas ederler. Yağlar bu iki kuvvet sayesinde temas eden yüzeyler arasında bir yağ filmi oluşturarak sürtünmeyi azaltırlar. Böylece yağlama görevi yaparlar. Yağlamanın en önemli işlevi sürtünmeyi azaltmasıdır.

Sürtünme, hareket halinde olan veya hareket ettirilmek istenen cismin hareket yönüne ters yönde olan bir kuvvettir. Hareket ancak bu kuvvetin yenilmesiyle olabilir. Bütün cisimlerin sürtünme sebebi kohezyon ve adhezyon kuvvetleridir. Moleküllerin birbirini çekmesi olayına kohezyon denir. Adhezyon ise kütlelerin birbirini çekmesi olayıdır.

5.1. Viskozite ve Viskozite Endeksi

Viskozite basit şekliyle bir yağın kalınlığının ölçüsüdür [15]. Ya da sıvıların akmaya karşı gösterdiği direnç olarak tarif edilir. Belirli bir sıcaklıkta yağın ne kadar akıcı olduğunu göstermek için de viskozite endeksi kullanılır. Genellikle bir yağ kalınsa viskozitesi yüksek, ince ise viskozitesi düşüktür. Artan sıcaklıkla yağların viskozite değerleri düşer. Viskozite endeksi ise bize bir yağın ısıya maruz kaldığında ne kadar inceleşeceğini gösterir. Rakam ne kadar yüksekse, ısıya maruz kaldığında yağ o kadar az incelir. Rakam düşükse yağın viskozitesi düşük, yüksekse viskozitesi yüksektir.

Tablo 5.1 Sıcaklıklara göre bazı viskozite dereceleri

Tahmin edilen en düşük hava sıcaklığı	Tavsiye edilen SAE viskozite derecesi
0 derece	5W-30 10W-30 10W-40 20W-50
-18 derece	5W-30 10W-30 10W-40
-18 derecenin altı	5W-30

5.2. Dinamik Viskozite

Dinamik viskozite, kayma gerilmesinin şekil değiştirme hızına oranıdır. Birimi Pa.s dir. Dinamik viskozite aşağıdaki formüller ile ifade edilir.

$$\text{Dinamik viskozite} = \text{Kayma gerilmesi} / \text{Şekil değiştirme hızı} \quad (5.1)$$

$$\tau = \mu \cdot dC / dy \quad (5.2)$$

$$\tau = F / A \quad (5.3)$$

$$V = C / y \quad (5.4)$$

Burada,

$$\tau = \text{Kayma gerilmesi (N / m }^2 \text{)}$$

$$\mu = \text{Dinamik viskozite (Pa.s)}$$

$$C = \text{Hız (m / sn)}$$

$$y = \text{Yağ filminin kalınlığı (m)}$$

$$F = \text{İtme kuvveti (N)}$$

$$A = \text{Islak alan (m }^2 \text{)}$$

$$V = \text{Şekil değiştirme hızı (1/sn)}$$

$$1 \text{ Pa.s} = 1000 \text{ cp}$$

$$1 \text{ cp} = 1 \text{ mPa.s}$$

5.3 Kinematik Viskozite

Kinematik viskozite, dinamik viskozitenin akışkanın yoğunluğuna oranıdır. Yani dinamik viskozite akışkanın yoğunluğuna bölünürse kinematik viskozite elde edilir.

Birimi m²/sn dir.

$$1 \text{ cSt} = 1 \text{ mm }^2/\text{sn}$$

Deneylerde kullandığımız SAE 10W/30 numaralı motor yağı ile SAE 140 numaralı dişli yağındaki SAE, yağları düşük ve yüksek ısılardaki viskozitelerine göre sınıflandırır. SAE sınıflandırmasında derece “W” harfi ile ayrılan iki rakamdan oluşur. W, winter yani kış anlamındadır ve yağın düşük sıcaklıktaki viskozitesini gösterir. Örneğin 10W-40’taki “10W” gibi. Bu, aynı zamanda yağın baz viskozitesidir, yani polimer eklenmeden önceki asıl viskozitesi. Bu rakam ne kadar düşük olursa yağ o kadar ince olacağından, bu bize aynı zamanda yağın düşük ısılarda ne kadar akıcı olacağını ve motorun ne kadar kolaylıkla çalışacağını da gösterir. İkinci rakam yağın yüksek ısı viskozitesini verir. (10W-40’taki “40”

gibi) Bu rakam ne kadar yüksekse, yağ sıcakken o kadar viskoziteli, yani kalın demektir [14]. SAE sınıflandırması yağları sadece viskozitelerine göre sınıflandırır. Bu sınıflandırma yağdaki fiziksel ve kimyasal özellikleri göz önüne almaz. Tablo 5.2’de bazı madeni yağların, Tablo 5.3’te ise bazı akışkanların viskozite değerleri verilmiştir.

Tablo 5.2 Bazı madeni yağların viskozite değerleri

	MADENİ YAĞLAR TİPİK ÖZELLİKLER				
	Kinematik Viskozite (cSt)		V.I.	Dinamik Viskozite (CP)	
	40 ⁰ C	100 ⁰ C		40 ⁰ C	100 ⁰ C
Süper Akra 10W/30	142	10.4	136	114	8.3
Keban 140	536	32.0	90	425	25.6

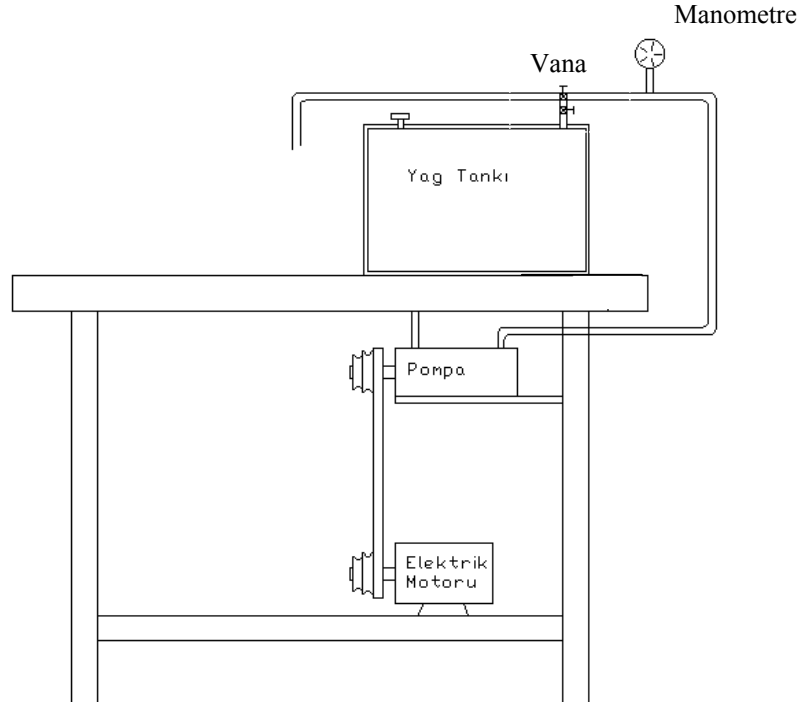
Tablo 5.3 Bazı akışkanların viskozite değerleri

Akışkan	Dinamik Viskozite (CP)	Sıcaklık (°C)
SAE 40	200	38
SAE 90	320	38
Fuel Oil-6 numara	660	50
Su	1	20

6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

6.1. Deney Düzenekinin Hazırlanması

Vidalı pompa iletim sistemi karakteristiklerinin belirlenmesi amacıyla Şekil 6.1’de görüldüğü gibi bir vidalı pompa tasarlandı ve deney seti imal edildi. Tasarlanan bu vidalı pompa Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Atölyesinde bulunan tezgâhlarda imal edilmiştir.



Şekil 6.1 Deney seti

Pompa; vidalı mil, gövde, kapaklar, rulmanlar, sızdırmazlık elemanları ve bağlama cıvatalarından oluşmaktadır. Gövde, hassas olarak işlenebilmesi için Fe 50 çelik malzemeden; vidalı mil ise Ç 1040 çeliğinden universal torna tezgâhında belirlenen tolerans sınırları içerisinde imal edilmiştir. Kapaklar da Ç 1040 çeliğinden yapılmıştır. Elektrik motorundan aldığı hareketi vidalı mile ileten ve milin devrini arttırmak yada azaltmak için kullanılan kademeli kasnak ile V kayışı ise hazır olarak alınmıştır. Pompanın sızdırmazlığını sağlamak için kapaklara conta takıldı ve akışkanın giriş tarafındaki kapağa yağ keçesi konuldu. Mil, gövde ve kapakların imalat resimleri ile pompanın montaj resmi ekteki şekillerde görülmektedir (Ek.1, Ek.2, Ek.3, Ek.4).

Gövde ile vidalı mil arasından akışkanın geri kaçışını önlemek için gövde ile vidalı mil, döner geçme toleransında imal edilmiştir. Vidalı milin rulmana geçen kısımları da toleranslı

olarak işlenmiştir. İmalatı yapılan ve bazı parçaları hazır olarak alınan vidalı pompa elemanlarının montajı aşağıda belirtilen sırada yapılmıştır.

Önce rulmanlardan biri akışkanın giriş tarafındaki yuvasına monte edildi. Daha sonra diğer rulman vidalı milin kamalı olmayan tarafındaki yerine takıldı ve vidalı mil gövdeye yerleştirildi. Kapağa yağ keçesi ve conta yerleştirilerek yuvasına takıldı ve cıvatalarla bağlandı. Aynı şekilde karşı taraftaki kapakta takılarak cıvatalarla sıkıldı. Vidalı pompanın çalışması esnasında yağ keçesinin olduğu kısımda basınç oluşmayacağı için buradan akışkanın sızmayacağı açıktır.

Deney seti elemanlarının üzerine bağlandığı Şekil 6.1 de görülen sehpanın imalatı, ayaklar ve sac tablanın kaynaklı birleştirme yapılmasıyla gerçekleştirildi. Vidalı pompa, sac tablanın altına kaynatılan bir sac levhaya cıvatalarla bağlandı. Sacdan kesilip kaynak edilerek yapılan 20 litrelik yağ tankı, sac tablanın üzerine kaynak edildi. Yağ tankının üst tarafına yağı tanka doldurmak için yağ doldurma deliği bırakıldı. Ayrıca yağ tankının alt tarafına bir delik açıldı ve bu deliğe takılan hortum vasıtası ile vidalı pompa giriş kısmına yağ iletilti. Vidalı pompadan alınan yağ 20 mm çapında bir tesisat borusu yardımıyla boş bir kaba nakledildi. Tesisat borusu üstüne 4 barlık bir manometre bağlandı ve manometreden sonraki bölüme bir kısma vanası monte edildi. Deney sehpası alt kısmına elektrik motorunun yatay ve dikey hareketini sağlayan bir mil ve borudan meydana gelen cıvatalı bir mekanizma yerleştirildi. Bu mekanizmaya elektrik motoru cıvatalarla bağlandı.

Kare vida açılmış milin kamalı tarafına ve elektrik motorunun miline birer adet üç kademeli V kayış kasnak cıvatalarla monte edildi. Bu kasnaklarla 7 farklı devir elde edildi. Elektrik motoru 1440 dev/dak ve 1,5 KW gücündedir.

6.2. Deneylerin Yapılması

Deneyler Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Atölyesinde yapılmıştır. Deneylerde 1,5 KW gücünde ve dakikada 1440 devir ile çalışan elektrik motoru kullanılmıştır. Deneyler 7 farklı devirde tekrarlanmıştır. Vidalı pompada SAE 10W/30 numaralı motor yağı ve SAE 140 numaralı dişli yağı kullanılmıştır. Deneylerde farklı diş boşluklarına sahip 50 mm çapında 3 adet kare vidalı mil kullanılmıştır.

Deneylerde farklı debi ve basınçlar elde etmek için kısma vanası tam açık, tam kapalı ve bunların arasında iki farklı değer daha alınarak tekrarlanmıştır. Elektrik motorunun çektiği akım amper cinsinden ölçülmüştür.

Deney sehpası üstüne kaynak edilmiş yağ tankına SAE 10W/30 nolu motor yağından 16 litre dolduruldu. Elektrik motorunun bağlı olduğu mekanizma yatay olarak hareket ettirilerek elektrik motoru üzerindeki en küçük kademeli kasnak ile pompaya bağlı kademeli kasnağın en büyüğü dikey olarak aynı hizaya getirildi. Aynı hizaya getirilen kasnaklar arasına V kayışı takıldı ve daha sonra elektrik motorunun monte edildiği yatay ve dikey hareket edebilen mekanizmanın cıvatası sıkılarak sistem emniyete alındı. Kısma vanası tam açık konuma getirildi. 10 litrelik boş kap, pompanın çıkış kısmına yerleştirildi. Elektrik motoru çalıştırıldı ve kronometre sayacı açıldı. Depodaki yağ, vidalı pompa içerisinden geçerek 10 litrelik boş tahliye kabına iletmeye başlandı. Elektrik motorunun çektiği akım, ampermetreden okunup kaydedildi. Takometre ile devir sayısı ölçüldü. Ayrıca basınç, manometreden okunup kaydedildi. Boş tahliye kabına 10 litre yağ nakledildikten sonra kronometre ve elektrik motoru durduruldu. Geçen süre kaydedildi. Deneyler yaklaşık 20 °C ortam sıcaklığında yapıldı.

Bu deney sonucunda elektrik motorunun gücü, tahliye için geçen süre, debi, basınç ve pompa devir sayısı ölçüldü. Basıncın, pompanın ilk çalışması esnasında nominal basıncın iki katı kadar olduğu ve 15–20 sn sonra sabitlendiği görüldü.

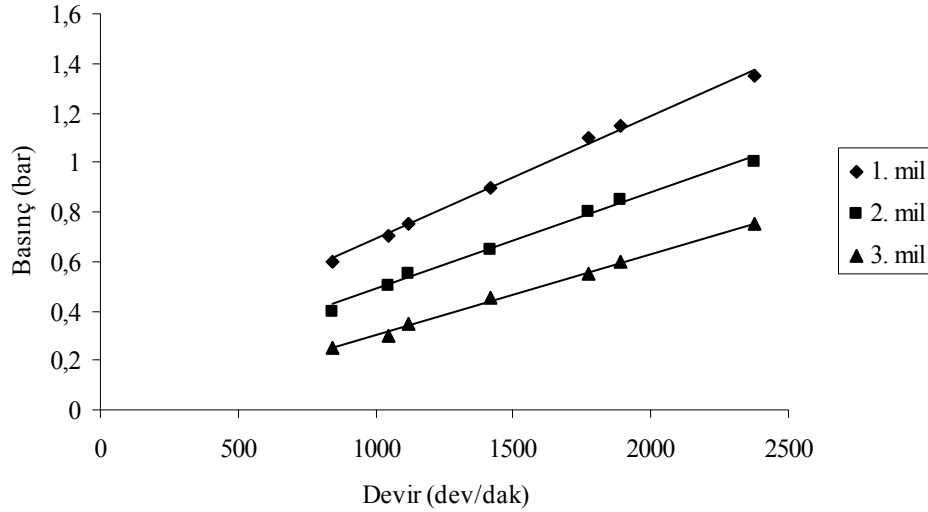
Kısma vanasının tam açık ve tam kapalı olduğu konumlar arasındaki açı 90 derecedir. Deneyler kısma vanası tam açık, tam kapalı ve bu ikisi arasında 2 farklı konumda olacak şekilde toplam 4 ayrı konumda iken aynı devir sayısı ve aynı yağ için tekrarlandı. Bu deneyler SAE 10W/30 numaralı yağ için 7 farklı devirde yapıldı. Kare vidalı pompa milleri; diş dibi çapları 38 mm olmakla beraber vida boşlukları 5.5 mm, 11 mm ve 16.5 mm olmak üzere üç çeşittir. Deneyler her bir mil değiştirilerek tekrarlanmıştır. Yaptığımız işlemler ayrıca SAE 140 numaralı dişli yağı içinde aynen tekrar edilmiştir.

6.3 Deneysel Sonuçlar

Şekil 6.2 ve Şekil 6.3'deki grafiklerde debi sıfır iken yani kısma vanası tam kapalı konumda iken, devir değişikliğinin basınca olan etkisi görülmektedir. Grafiklerden de anlaşılacağı gibi devir arttıkça basınçta artmaktadır. Ayrıca vida boşluğu arttıkça basıncın düştüğü görülmektedir. Bununla birlikte her iki grafiğe bakıldığında viskozitesi yüksek olan yağ ile yapılan deneylerde basınç daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Viskozitenin artışı yağın akışını zorlaştırmıştır ve basıncın artmasına sebep olmuştur.

Tablo 6.1 SAE 10W/30 numaralı yağa ait devir-basınç değerleri

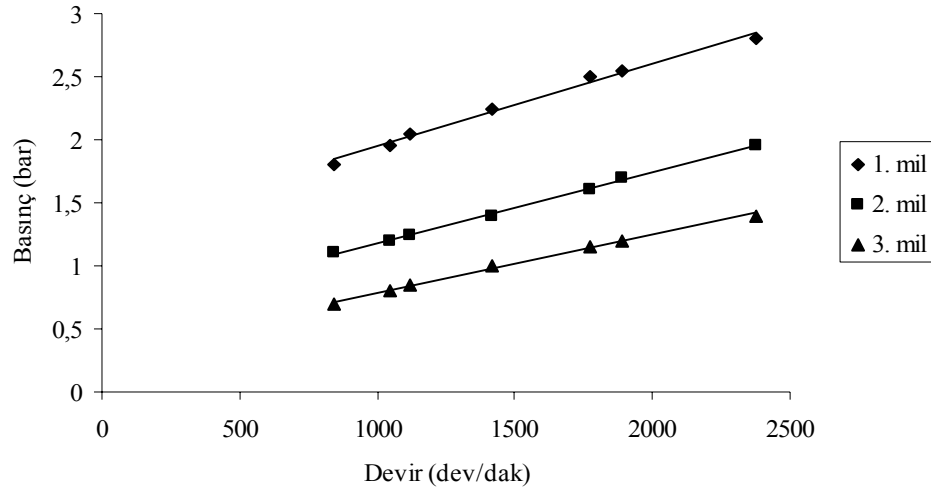
Devir (dev/dak)	Basınç (Bar)		
	1. Mil Vida boşluğu 5,5 mm	2. Mil Vida boşluğu 11 mm	3. Mil Vida boşluğu 16,5mm
844	0,60	0,4	0,25
1047	0,70	0,50	0,30
1118	0,75	0,55	0,35
1415	0,90	0,65	0,45
1770	1,10	0,80	0,55
1893	1,15	0,85	0,60
2380	1,35	1,00	0,75



Şekil 6.2 SAE 10W/30 numaralı yağın devir-basınç grafiği

Tablo 6.2 SAE 140 numaralı yağa ait devir-basınç değerleri

Devir (dev/dak)	Basınç (Bar)		
	1. Mil Vida boşluğu 5,5 mm	2. Mil Vida boşluğu 11 mm	3. Mil Vida boşluğu 16,5mm
844	1,80	1,10	0,70
1047	1,95	1,20	0,80
1118	2,05	1,25	0,85
1415	2,25	1,40	1,00
1770	2,50	1,60	1,15
1893	2,55	1,70	1,20
2380	2,80	1,95	1,40

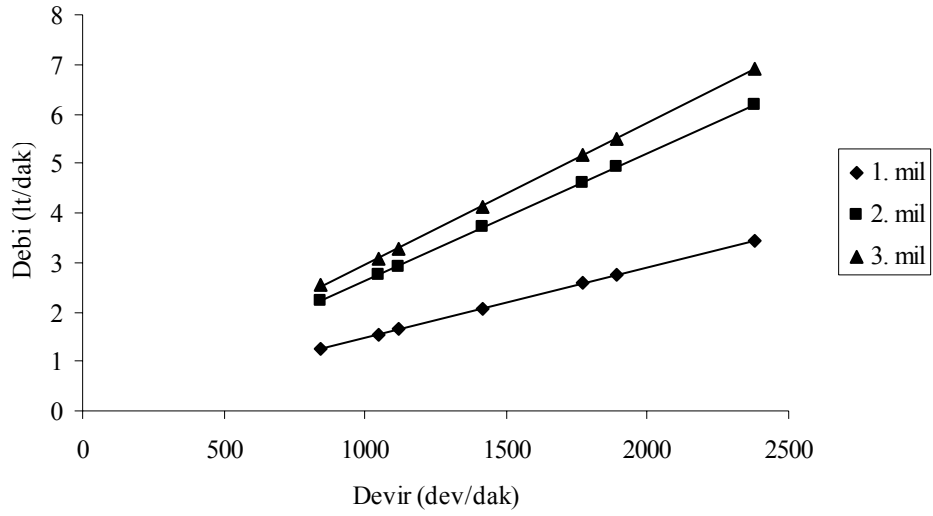


Şekil 6.3 SAE 140 numaralı yağın devir-basınç grafiği

Şekil 6.4 ve Şekil 6.5'deki grafikler, basınç sıfır iken yani kısma vanası tam açık konumdayken devir değişimi ile debi arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Grafiklerden de açıkça anlaşılabacağı gibi devir arttıkça pompanın bastığı yağ miktarı yani debi de o denli artmıştır. Çünkü stator (gövde) içerisindeki rotor(mil) ne kadar hızlı dönerse pompanın bastığı yağ miktarı da o kadar artar.

Tablo 6.3 SAE 10W/30 numaralı yağa ait devir-debi değerleri

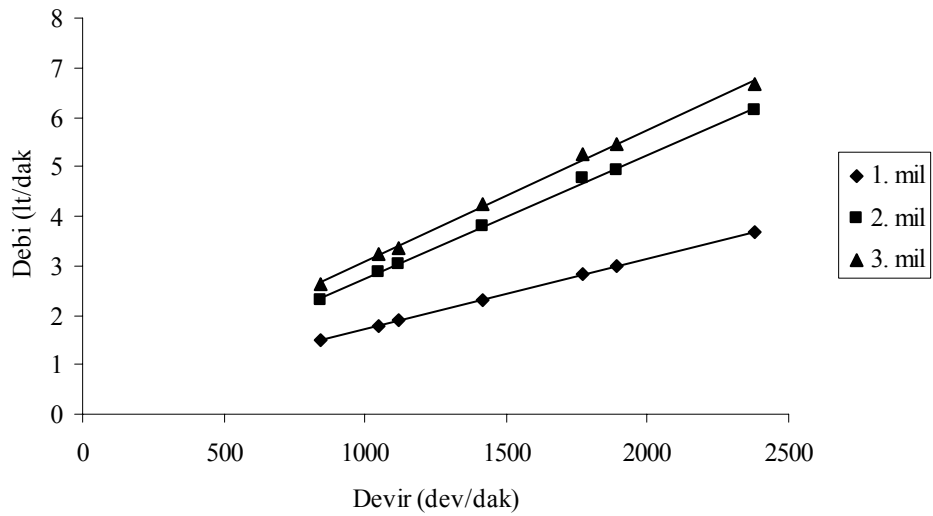
Devir (dev/dak)	Debi (litre/dak)		
	1. Mil Vida boşluğu 5,5 mm	2. Mil Vida boşluğu 11mm	3. Mil Vida boşluğu 16,5mm
844	1,253	2,222	2,532
1047	1,546	2,752	3,077
1118	1,648	2,927	3,279
1415	2,062	3,704	4,138
1770	2,575	4,615	5,172
1893	2,752	4,918	5,505
2380	3,429	6,186	6,897



Şekil 6.4 SAE 10W/30 numaralı yağın devir-debi grafiği

Tablo 6.4 SAE 140 numaralı yağın devir-debi değerleri

Devir (dev/dak)	Debi (litre/dak)		
	1. Mil Vida boşluğu 5,5 mm	2. Mil Vida boşluğu 11mm	3. Mil Vida boşluğu 16,5 mm
844	1,485	2,308	2,632
1047	1,775	2,857	3,226
1118	1,887	3,030	3,371
1415	2,308	3,797	4,225
1770	2,830	4,762	5,263
1893	2,970	4,918	5,455
2380	3,659	6,122	6,667



Şekil 6.5 SAE 140 numaralı yağın devir-debi grafiği

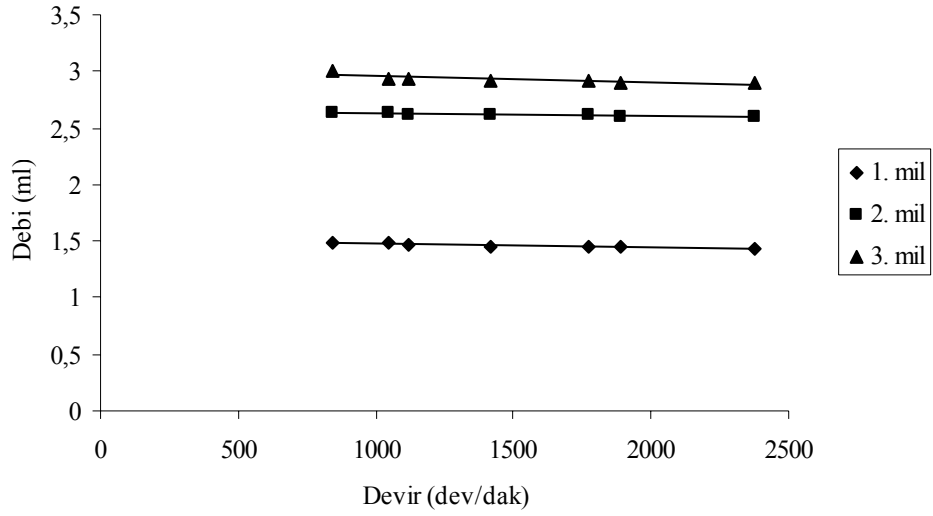
Ayrıca pompa değişik devirlerde çalışırken ve basınç yok iken yani kısma vanası tam açık konumdayken vidalı milin bir kez dönmesiyle pompanın bastığı yağ miktarı hesaplandı. Şekil 6.6’da SAE 10W/30 numaralı motor yağı ile yapılan, Şekil 6.7’de ise SAE 140 numaralı dişli yağı ile yapılan deneylerin sonuçları grafik halinde verilmiştir.

Her iki grafik incelendiğinde yağ pompasının devir sayısı arttıkça devir başına iletilen yağ miktarında çok azda olsa bir azalma görülmüştür. Bu da bize yağ pompasının kaçak veriminin düşük devirlerde daha fazla olduğunu göstermektedir. Verimdeki bu farklılıkta yağın viskozite değişiminden kaynaklanmaktadır. Çünkü vidalı pompa öncelikle düşük devirlerde daha sonra yüksek devirlerde çalıştırılmıştır. Düşük devirlerde deneyler yapılırken yağ bir miktar ısınmıştır. Bu ısınma sonucunda yağın viskozitesi düşmüş olup bu ısınma pompa devrinin artışına paralel olarak artmaya devam etmiştir. Viskozitenin çok azda olsa değişmesi debiyi bir miktar düşürmüştür. Dolayısıyla bu da vidalı pompa verimini düşürür. Zaten viskozitesi yüksek olan 140 numaralı dişli yağı ile yapılan deneylerde de 30 numaralı yağa oranla verim daha iyi çıkmıştır. Yani pompa viskozitesi yüksek olan 140 numaralı yağı daha iyi iletmıştır. Çünkü viskozitesi yüksek olan yağın mil ile gövde arasından geri kaçması daha zordur. Bununla birlikte üç farklı milin ilettiği yağ miktarlarına bakacak olursak vida boşluğu 5,5 mm olan mil ile yapılan deneylerde yağ daha iyi iletilmiştir. Yani kaçaklar daha azdır ve kaçak verimi yüksektir. Dolayısıyla genel verimde yüksek olur. Bundan dolayı eğer mildeki vida boşluğu artarsa verim düşer diyebiliriz.

SAE 10W/30 numaralı yağa ait veriler Tablo 6.5’te, SAE 140 numaralı yağa ait veriler ise Tablo 6.6’da verilmiştir.

Tablo 6.5 Millerin bir devirde ilettiği yağ miktarı (SAE 10W/30)

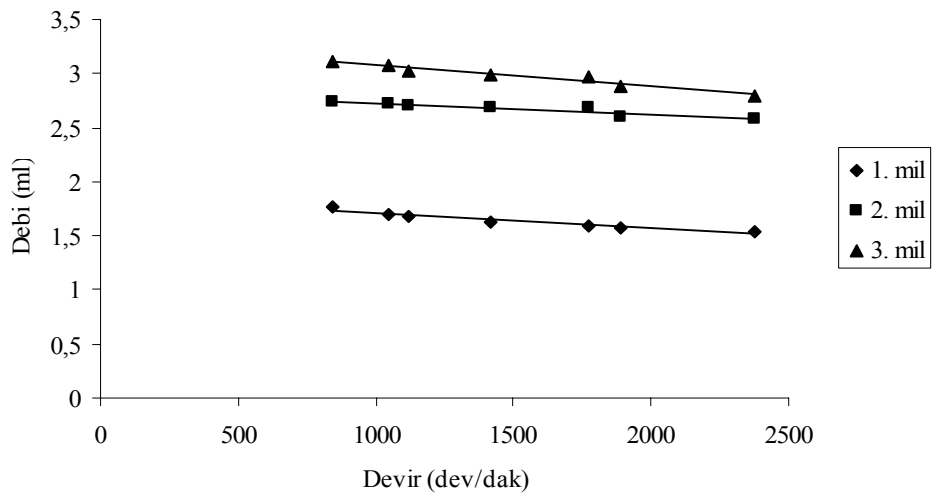
Devir (Dev/dak)	Milin bir devirde ilettiği yağ miktarı (ml)		
	1. Mil Vida boşluğu 5,5 mm	2. Mil Vida boşluğu 11 mm	3. Mil Vida boşluğu 16,5 mm
844	1,484	2,633	3,000
1047	1,477	2,628	2,939
1118	1,474	2,618	2,933
1415	1,457	2,617	2,925
1770	1,455	2,608	2,922
1893	1,454	2,598	2,907
2380	1,440	2,598	2,898



Şekil 6.6 Millerin bir devirde ilettiği yağ (SAE 10W/30) miktarı grafiği

Tablo 6.6. Millerin bir devirde ilettiği yağ miktarı (SAE 140)

Devir (dev/dak)	Milin bir devirde ilettiği yağ miktarı (ml)		
	1. Mil Vida boşluğu 5,5 mm	2. Mil Vida boşluğu 11 mm	3. Mil Vida boşluğu 16,5 mm
844	1,760	2,734	3,118
1047	1,695	2,729	3,081
1118	1,687	2,710	3,015
1415	1,631	2,683	2,986
1770	1,599	2,690	2,973
1893	1,569	2,598	2,881
2380	1,537	2,572	2,801



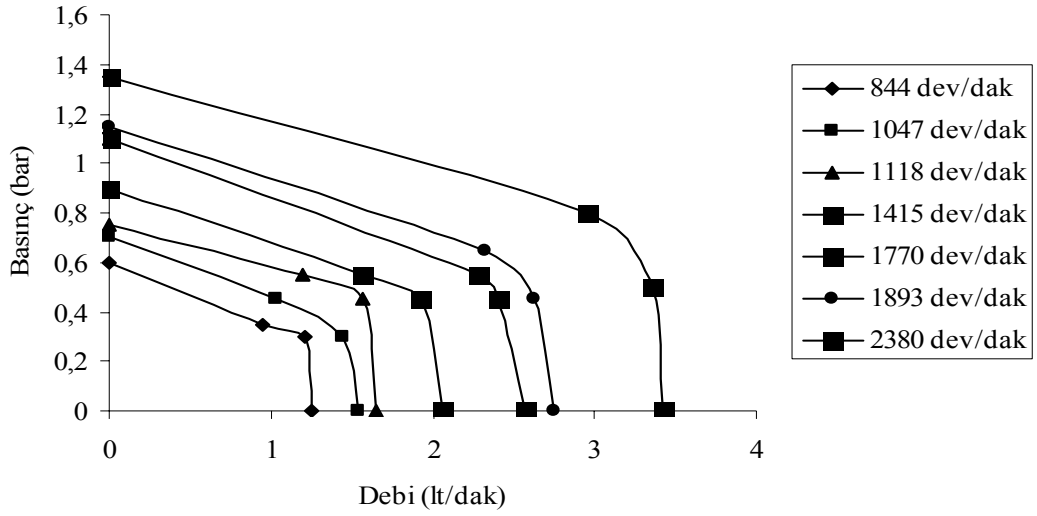
Şekil 6.7 Millerin bir devirde ilettiği yağ (SAE 140) miktarı grafiği

Şekil 6.8’de SAE 10W/30 numaralı motor yağının Şekil 6.9’da ise SAE 140 numaralı dişli yağının basınç-debi grafikleri verilmiştir. Grafikteki değerler vida boşluğu 5,5 mm olan mile aittir. Vida boşluğu 11mm ve 16,5 mm olan millere ait değerler ekteki tablolarda verilmiştir (Ek.5, Ek.6, Ek.7, Ek.8).

Şekiller incelendiğinde her iki şekilde de devir arttıkça debinin ve basıncın arttığı açıkça görülmektedir. Bununla birlikte pompa herhangi bir devirde çalışırken yani devir sabit iken basıncın azalmasıyla beraber debinin hızla arttığı verilerden kolaylıkla anlaşılmaktadır. Çünkü yağ pompası tam yük altında çalışırken basınç maksimumdur. Yani vana tamamen kapalıdır. Dolayısıyla debi de sıfırdır. Fakat pompa 1/3 ya da 1/2 oranında yüklendiğinde basıncın hemen düştüğü ve debinin de belli değerlere ulaştığı görülmektedir. Bu da bize basınç ne kadar artarsa akışkanın debisi o kadar düşer sonucunu verir.

Tablo 6.7 SAE 10W/30 numaralı yağa ait basınç-debi ve akım değerleri (1.mil)

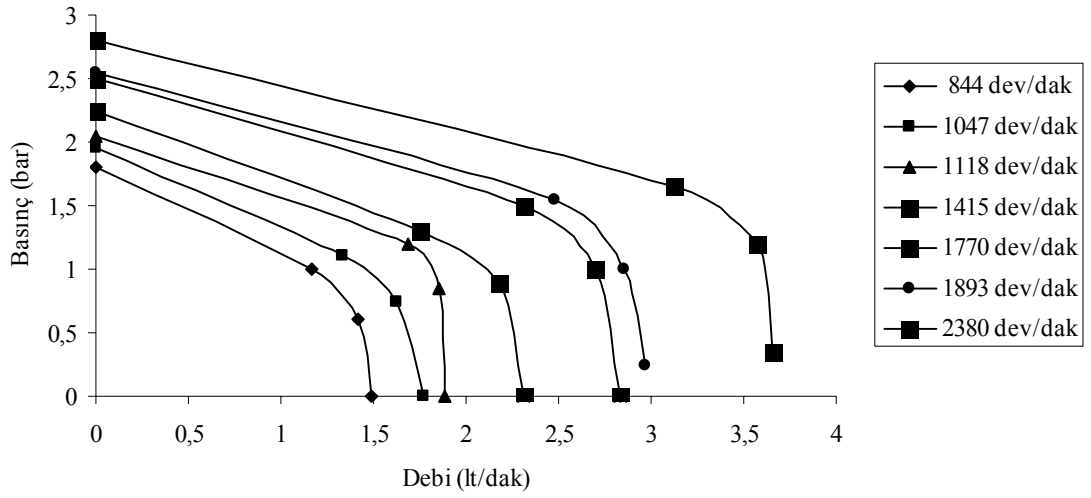
Devir (dev/dak)	Basınç (bar)	Debi (lt/dak)	Akım (amper)
844	0,6	0	1,05
844	0,35	0,952	1,04
844	0,30	1,210	1,04
844	0	1,253	1,03
1047	0,70	0	1,09
1047	0,35	1,026	1,08
1047	0,30	1,439	1,08
1047	0	1,546	1,07
1118	0,75	0	1,12
1118	0,55	1,200	1,10
1118	0,45	1,565	1,10
1118	0	1,648	1,09
1415	0,90	0	1,19
1415	0,55	1,570	1,17
1415	0,45	1,930	1,17
1415	0	2,062	1,16
1770	1,10	0	1,35
1770	0,65	2,281	1,33
1770	0,45	2,410	1,32
1770	0	2,575	1,29
1893	1,15	0	1,37
1893	0,65	2,326	1,34
1893	0,45	2,632	1,33
1893	0	2,752	1,30
2380	1,35	0	1,55
2380	0,80	2,956	1,51
2380	0,50	3,352	1,49
2380	0	3,429	1,46



Şekil 6.8 SAE 10W/30 numaralı yağın basınç-debi grafiği (1.mil)

Tablo 6.8 SAE 140 numaralı yağa ait basınç-debi ve akım değerleri (1.mil)

Devir (dev/dak)	Basınç (bar)	Debi (lt/dak)	Akım (amper)
844	1,80	0	1,08
844	1,00	1,163	1,06
844	0,60	1,415	1,05
844	0	1,485	1,04
1047	1,95	0	1,14
1047	1,10	1,333	1,11
1047	0,75	1,622	1,10
1047	0	1,775	1,09
1118	2,05	0	1,18
1118	1,20	1,685	1,13
1118	0,85	1,852	1,12
1118	0	1,887	1,11
1415	2,25	0	1,25
1415	1,35	1,754	1,21
1415	0,95	2,174	1,20
1415	0	2,308	1,18
1770	2,50	0	1,42
1770	1,50	2,308	1,38
1770	1,00	2,703	1,36
1770	0	2,830	1,31
1893	2,55	0	1,44
1893	1,55	2,479	1,40
1893	1,10	2,867	1,38
1893	0,25	2,970	1,32
2380	2,80	0	1,62
2380	1,65	3,125	1,58
2380	1,20	3,571	1,55
2380	0,40	3,659	1,49



Şekil 6.9 SAE 140 numaralı yağın basınç-debi grafiği (1.mil)

Bir deneysel çalışma da deneyleri yapmadan önce sistemin bazı değerlerinin kalibrasyonu yapılır. Vidalı pompa, içerisinde yağ mevcut durumda çalışırken elektrik motorunun sistemden çektiği enerjinin tümü yağ iletiminde kullanılmaz. Bu enerjinin bir kısmı pompa içerisindeki yatak ve salmastralardaki sürtünmelerde ve kayış kasnak mekanizmasındaki sürtünmelerden dolayı yok olur. Bu kayıplar mekanik kayıp olarak adlandırılır. Bu sürtünmeler nedeniyle momentte azalır. Bununla birlikte yağın çalkalanmasından ve sürtünmesinden dolayı oluşan hidrolik kayıplar ve yağın mil ile gövde arasından geri kaçmasından kaynaklanan kayıplarda mevcuttur.

Ayrıca bütün motorlar gibi elektrik motorları da kullandıkları enerjinin tamamını mekanik enerjiye çeviremezler. Motorun mekanik güç çıkışının, çekilen elektrik gücüne oranı motor verimi olarak adlandırılır. Motor verimi, motorun tipi ve büyüklüğüne göre %70 ile %96 arasında değişir [16]. Bu saydığımız tüm olumsuzluklar pompa verimini etkilemektedir.

Şekil 6.10'da yüksüz çalışan elektrik motorunun farklı devirlerde çektiği güç görülmektedir. Elektrik motorunun boşta ve yük altında iken çektiği güç aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanmıştır. Formüllerdeki “ I ” yerine deneyler yapılırken ampermetreden okunan değerler konulmuştur.

$$P_{\text{boş}} = 1,732 \times V \times I \times \cos\phi \quad (6.1)$$

$$P_{\text{yük}} = 1,732 \times V \times I \times \cos\phi \quad (6.2)$$

$$V = \text{Gerilim (380 volt)}$$

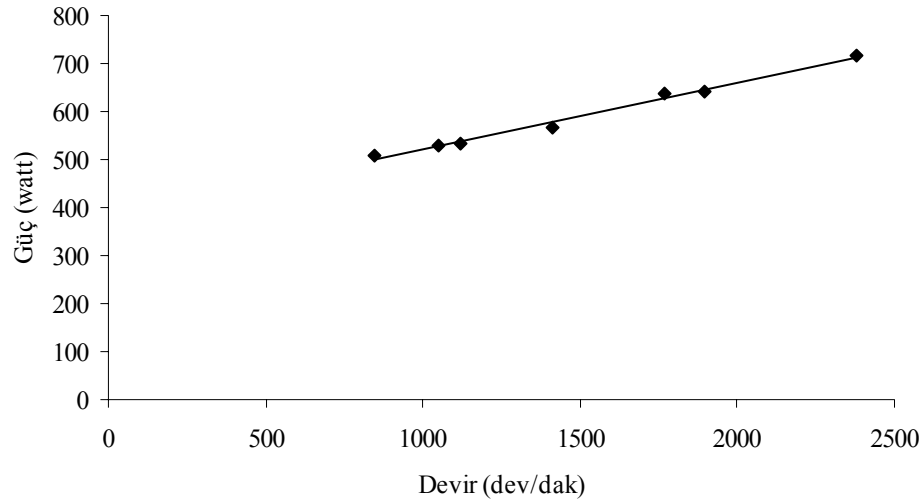
$$\cos\varphi = 0,75$$

$$P_{boş} = \text{Güç (watt)}$$

$$P_{yük} = \text{Güç (watt)}$$

Tablo 6.9 Yüksüz çalışan elektrik motoruna ait devir-güç değerleri

Devir (dev/dak)	Akım (amper)	Çekilen Güç (watt)
844	1,03	508,43
1047	1,07	528,17
1118	1,08	533,10
1415	1,15	567,66
1770	1,29	636,77
1893	1,30	641,70
2380	1,45	715,75



Şekil 6.10 Yüksüz çalışan elektrik motoruna ait devir-güç grafiği

Daha sonra deneylerde ölçülen basınç ve debi değerleri çarpılarak hidrolik güç elde edilmiştir. Pompanın verimi ise aşağıdaki formüller yardımıyla hesap edilmiştir.

$$\eta_g = P_{hid} / P_{ilet} \quad (6.3)$$

$$P_{hid} = p \cdot Q \quad (6.4)$$

$$P_{ilet} = P_{yük} - P_{boş} \quad (6.5)$$

$$\eta_g = \text{Pompa verimi}$$

$$P_{hid} = \text{Hidrolik güç (watt)}$$

$$P_{ilet} = \text{Pompa miline iletilen güç (watt)}$$

$$p = \text{Basınç (bar)}$$

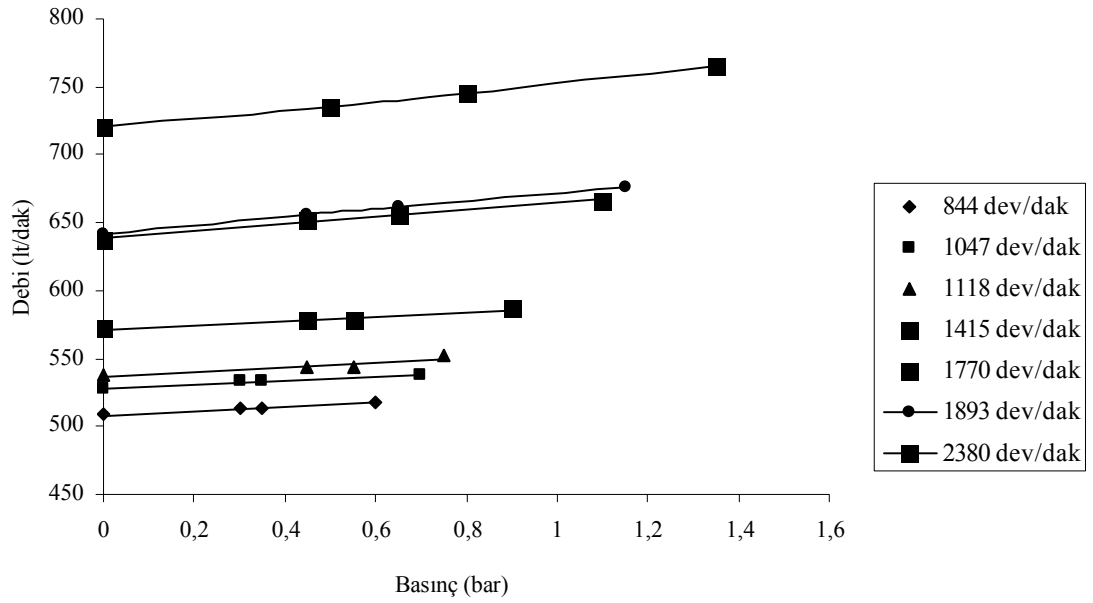
$$Q = \text{Debi (m}^3/\text{sn)}$$

Şekil 6.11 ve Şekil 6.12’de SAE 10W/30 numaralı yağa ait basınç-güç ve debi-güç grafikleri görülmektedir. Grafiklerden de açıkça anlaşılacağı gibi basınç arttıkça sistemden çekilen güçte artmıştır. Aynı zamanda debi azaldıkça da sistemden çekilen güç artmıştır. Yani buda bir kez daha göstermektedir ki herhangi bir devirde çalışan bir pompada devir sabit iken basınç arttırılırsa debi azalır ($P = Q.p$). Aynı şekilde devir sabit iken basınç azaltılırsa da debi artar.

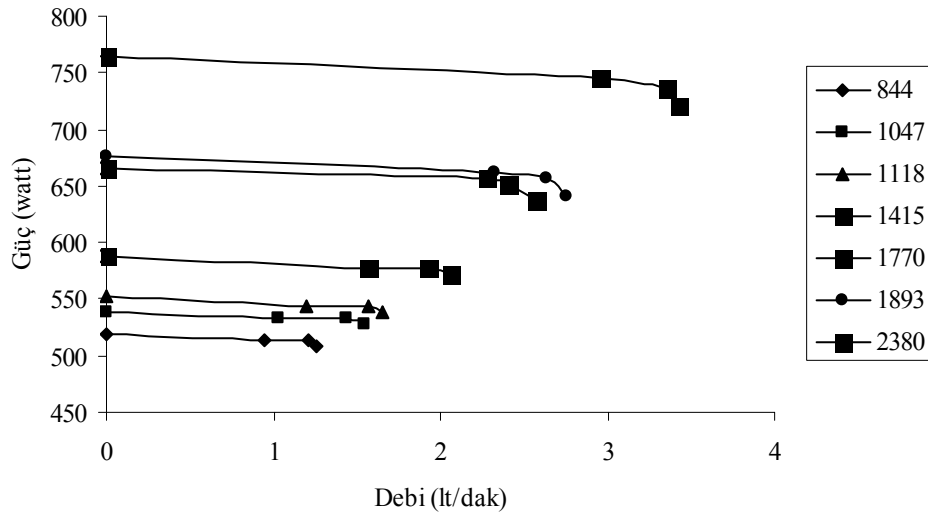
Tablo 6.10 ve Tablo 6.11’de birinci mile ait değerler verilmiştir. İkinci ve üçüncü mile ait değerler ise ekte gösterilmiştir (Ek.9, Ek.10, Ek..11, Ek.12).

Tablo 6.10 Birinci mile ait basınç-debi ve güç değerleri (SAE 10W/30)

Devir (dev/dak)	Basınç (bar)	Debi (lt/dak)	Hidrolik Güç(Watt)	Elk.Mot.Çek. Güç (Watt)	Verim
844	0,6	0		518,30	
844	0,35	0,952	0,555	513,36	0,112
844	0,30	1,210	0,605	513,36	0,122
844	0	1,253		508,42	
1047	0,70	0		538,04	
1047	0,35	1,026	0,598	533,10	0,121
1047	0,30	1,439	0,719	533,10	0,145
1047	0	1,546		528,17	
1118	0,75	0		552,85	
1118	0,55	1,200	1,100	542,98	0,111
1118	0,45	1,565	1,173	542,98	0,118
1118	0	1,648		538,04	
1415	0,90	0		587,40	
1415	0,55	1,570	1,439	577,53	0,145
1415	0,45	1,930	1,447	577,53	0,146
1415	0	2,062		572,59	
1770	1,10	0		666,38	
1770	0,65	2,281	2,471	656,51	0,125
1770	0,45	2,410	1,807	651,57	0,122
1770	0	2,575		636,76	
1893	1,15	0		676,25	
1893	0,65	2,326	2,519	661,45	0,127
1893	0,45	2,632	1,974	656,51	0,133
1893	0	2,752		641,70	
2380	1,35	0		765,11	
2380	0,80	2,956	3,941	745,36	0,133
2380	0,50	3,352	2,793	735,49	0,141
2380	0	3,429		720,68	



Şekil 6.11 SAE 10W/30 nolu yağa ait basınç-güç grafiği (1.mil)



Şekil 6.12 SAE 10W/30 nolu yağa ait debi-güç grafiği (1.mil)

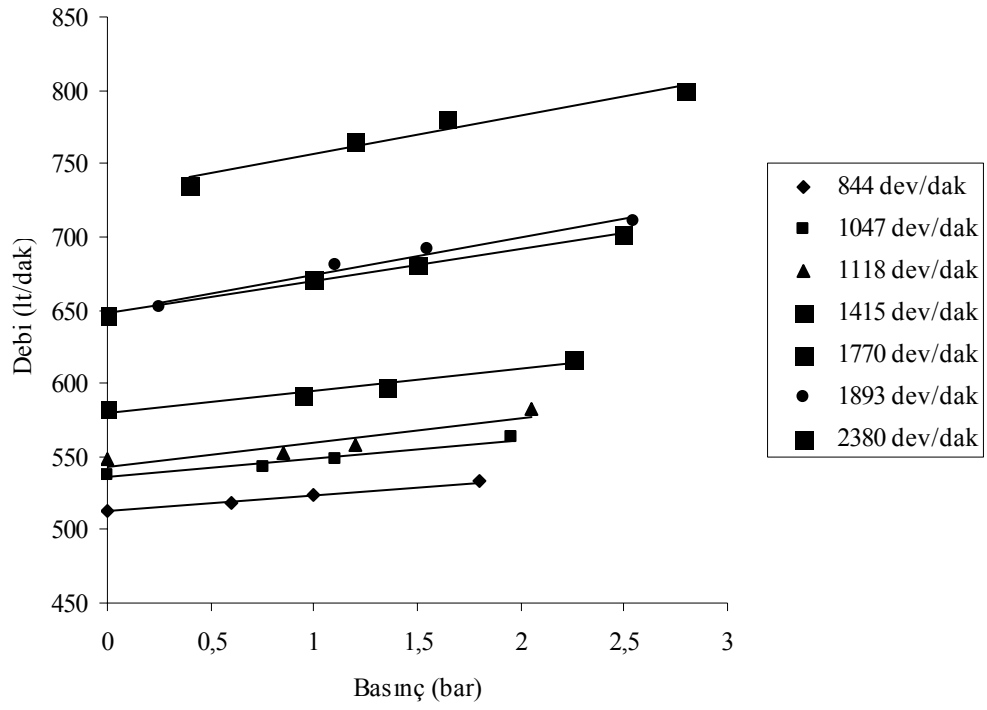
Şekil 6.13 ve Şekil 6.14'de ise SAE 140 numaralı yağın basınç-güç ve debi-güç grafikleri verilmiştir. Her iki yağın grafikleri karşılaştırıldığında viskozitesi yüksek olan yağda hem basınç hem de debi daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Bu da bize viskozite artışının basıncı ve debiyi arttırdığı sonucunu verir. Dolayısıyla kaçak veriminin de yüksek viskoziteli yağlarda daha iyi olduğunu söyleyebiliriz. Ayrıca Tablo 6.10 ve Tablo 6.11'deki genel verime bakıldığında SAE 140 numaralı yağın genel verimi daha yüksek çıkmıştır. Buda viskozite artışının genel verimi de arttırdığı sonucunu verir. Verimdeki bu artışın en büyük sebebi

viskozite artışının basınç ve debiyi arttırmasıdır. Verimin %12 civarında çıkmasının en büyük nedenlerinden birisi de Reynold sayısıdır. Reynold sayısı 100'den küçük çıktığı için verim belirlenen sınırlar içerisinde [6].

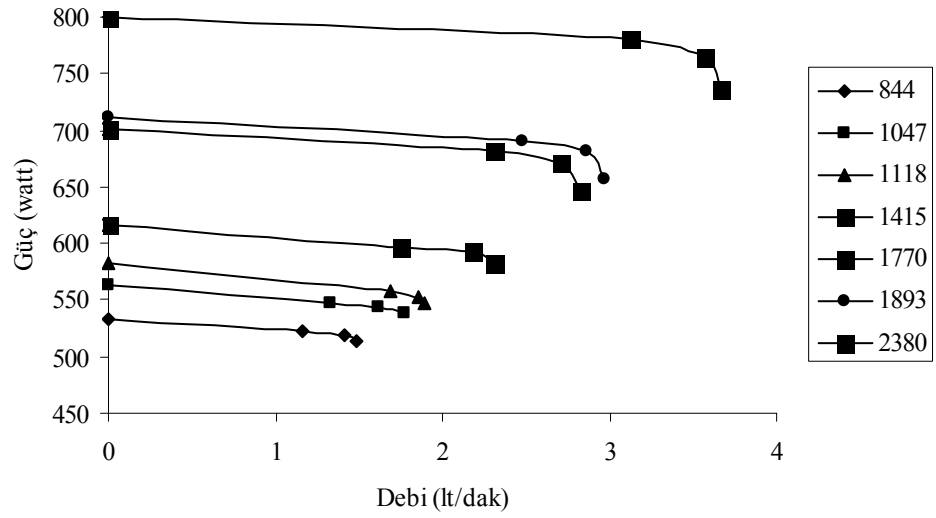
Tablo 6.11 Birinci mile ait basınç-debi ve güç değerleri (SAE 140)

Devir (dev/dak)	Basınç (bar)	Debi (lt/dak)	Hidrolik Güç (Watt)	Elk.Mot.Çek.Güç (Watt)	Verim
844	1,80	0		533,10	
844	1,00	1,163	1,938	523,23	0,136
844	0,60	1,415	1,426	518,30	0,143
844	0	1,485		513,36	
1047	1,95	0		562,72	
1047	1,10	1,333	2,443	547,91	0,124
1047	0,75	1,622	2,027	542,98	0,137
1047	0	1,775		538,04	
1118	2,05	0		582,47	
1118	1,20	1,685	3,370	557,79	0,136
1118	0,85	1,852	2,623	552,85	0,133
1118	0	1,887		547,91	
1415	2,25	0		617,02	
1415	1,35	1,754	3,946	597,28	0,133
1415	0,95	2,174	3,442	592,34	0,140
1415	0	2,308		582,47	
1770	2,50	0		700,94	
1770	1,50	2,308	5,770	681,19	0,130
1770	1,00	2,703	4,505	671,32	0,130
1770	0	2,830		646,64	
1893	2,55	0		710,81	
1893	1,55	2,479	6,404	691,06	0,130
1893	1,10	2,867	5,256	681,19	0,133
1893	0,25	2,970		651,57	0,125
2380	2,80	0		799,66	
2380	1,65	3,125	8,593	779,91	0,141
2380	1,20	3,571	7,142	765,11	0,145
2380	0,40	3,659	2,439	735,49	0,124

Vida helisi vasıtasıyla milin her dönüşünde yağ bir miktar daha ileri nakledilir. Vida boşluğu az olan milin helis açısı az, çok olan milin helis açısı fazladır. Yapılan hesaplamalar sonucu (denklem 6.3) vida boşluğu az olan vidalı mildeki verim, diğer millere göre daha yüksek çıkmıştır. Sonuç olarak verimin helis açısına bağlı olarak değiştiği söylenebilir.



Şekil 6.13 SAE 140 nolu yağa ait basınç-güç grafiği (1.mil)



Şekil 6.14 SAE 140 nolu yağa ait debi-güç grafiği (1.mil)

7. GENEL SONUÇLAR

Bu çalışmada, tek vidalı pompa iletim sisteminin karakteristiklerinin belirlenmesi amacıyla deneysel bir çalışma yapılmıştır.

Bu deneysel çalışma ile elde edilen sonuçlar ana hatlarıyla aşağıda verilmiştir;

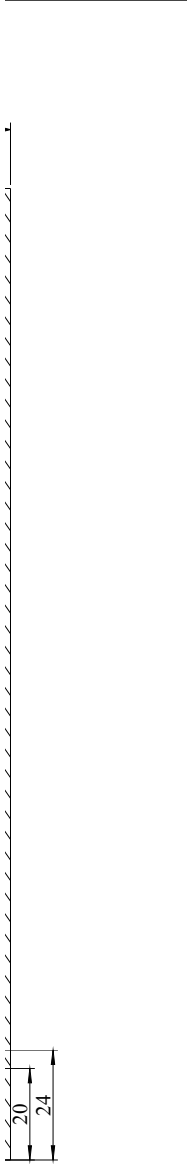
1. Yapılan ölçümler sonucunda, yağ pompasının devir sayısının artmasıyla birlikte basıncın yükseldiği tespit edildi.
2. Bu çalışmada pompa devrinin artmasıyla birlikte pompa içerisine giren yağ miktarı arttığından dolayı debinin de arttığı görüldü.
3. Yağ viskozitesinin artması ile yağın akışkanlığı azaldığı için basıncın arttığı ve yine aynı şekilde viskozitenin artışıyla yağın gövde ile mil arasından geri kaçışının önlendiği ve bununla debiyi ve verimi arttırdığı tespit edildi.
4. Devir sayısının artışıyla birlikte pompanın çalışma süresi uzadıkça sıcaklığın yağ viskozitesini etkilemesinden dolayı pompa veriminin çok azda olsa düştüğü tespit edildi.
5. Yapılan deney sonuçlarına göre en yüksek basınç değeri, 2380 devirde vida boşluğu 5.5 mm olan mil ile 140 numaralı dişli yağıyla, en düşük basınç ise 844 devirde vida boşluğu 16.5 mm olan mil ile 30 numaralı motor yağıyla elde edildi.
6. Bütün devirlerde basıncın düşmesiyle birlikte debinin arttığı görüldü.
7. Vida boşluğunun artması ile basınçta orantılı olarak azalmış ve yine vida boşluğunun artmasıyla kayıp ve kaçaklar artmıştır. Bununla verimin azalmasına sebep olduğu görüldü.
8. Devir ve basıncın artması elektrik motorundan çekilen akımı arttırmıştır. Dolayısıyla akım artınca harcanan güçte artmıştır.
9. Pompa verimi, SAE 10W/30 numaralı yağ kullanıldığında devir değişikliği ile birlikte değişerek %11 ile %13 arasında ölçülmüş ve ortalama %12 çıkmıştır. Viskozitesi daha yüksek olan SAE 140 numaralı yağda ise verim %2 oranında artmış ve ortalama %14 çıkmıştır. Bu veriler sonucunda viskozite artışının verimi arttırdığı tespit edildi.
10. Vidalı pompa millerinden helis açısı az olanların veriminin, helis açısı fazla olanlara göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1]Özgür, C., 1988, “Su Makineleri Dersleri”, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, Gümüşsuyu, 350s.
- [2] Seyhan, N., 1994, “Pompalar”, Evren Ofset, Ankara, 174s.
- [3] Pinches, Michael J., Ashby, John G., 1994, Güç Hidroliği, Evren Ofset, Ankara, 492s.
- [4] Haik, Y., Zheng, P., Kilani, M. and Ghen, C., 2001, “Force and torque characteristic for magnetically driven blood pump”, Journal of Magnetism and Magnetic Materials vol. 241, pp.292-302, 11s.
- [5]Ohbayashi, T., Sawada, T., Hamaguchi, M., Miyamura, H., 1999, “Study on the Performance Prediction of Screw Vacuum Pump”, Applied surface Science 169-170 (2001) 768-771.
- [6] Rieger, F., 2002, “Pumping efficiency of screw agitators in a tube”, Chemical Engineering Journal 89 (2002) 47-52.
- [7] Sönmez, F., 1961, “Santrifüj Pompalar”, Ankara Matbaası, İstanbul, 132s.
- [8] Sever, E., 1994, “Temel Hidrolik”, Evren Ofset, Ankara, 170s.
- [9] Gökelim, Ahmet T., 1976, “Pompalar”, Arpaz Matbaacılık, İstanbul, 217s.
- [10] Karacan, İ., 1987, “Endüstriyel Hidrolik”, 4. Baskı, Ankara.
- [11] Karassik, I. J., 1985, “Pump Handbook”, Mc Graw-Hill Book Company.
- [12] www.polimakltd.com
- [13] Altunok, N., G., 2005, “Endüstriyel Hidrolik”, Ege Basım, İstanbul, 220s.
- [14] www.ikiteker.org.tr
- [15] www.araconline.com
- [16] Kaya, D., Güngör, C., 2002, “Sanayide Enerji Tasarruf Potansiyeli”, Mühendislik ve Makine 514.
- [17] Petrol Ofisi Ürünleri ve Karşılıkları, 2005.

ÖZGEÇMİŞ

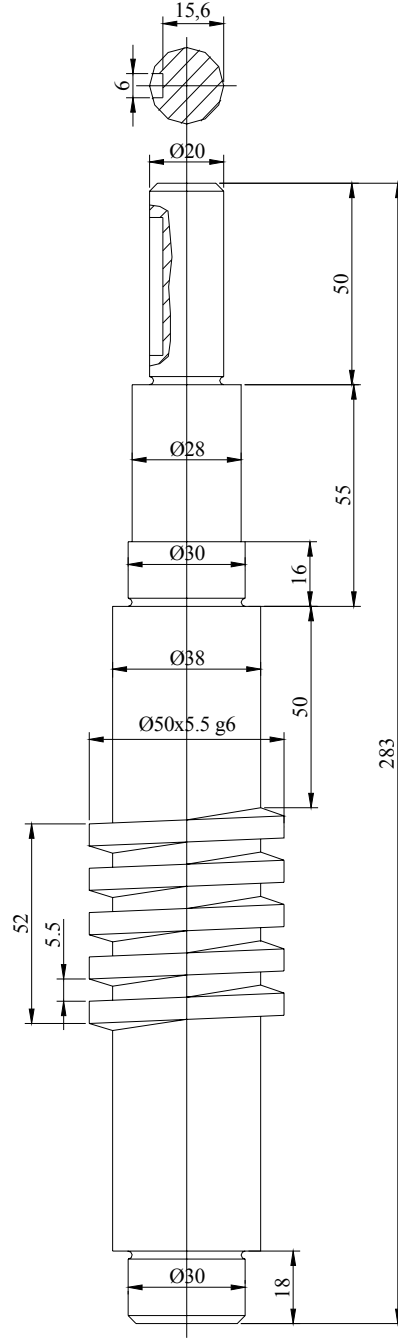
Levent BAŞ, 27.11.1977 tarihinde Elazığ'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Elazığ'da tamamladı. 1998 yılında Fırat Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Makine Programında yükseköğrenimine başladı ve 2000 yılında mezun oldu. Aynı yıl yapılan DGS sınavı ile Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Otomotiv Öğretmenliğini kazandı ve 2003 yılında mezun oldu. Mezuniyetini izleyen dönemde Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Bölümünde Yüksek Lisans'a başladı.



Çevre: 5 adet

	50
	62
ÖLÇÜ	ENKÜÇÜK ÖLÇÜ
BAS	01-01
	RESİM NO

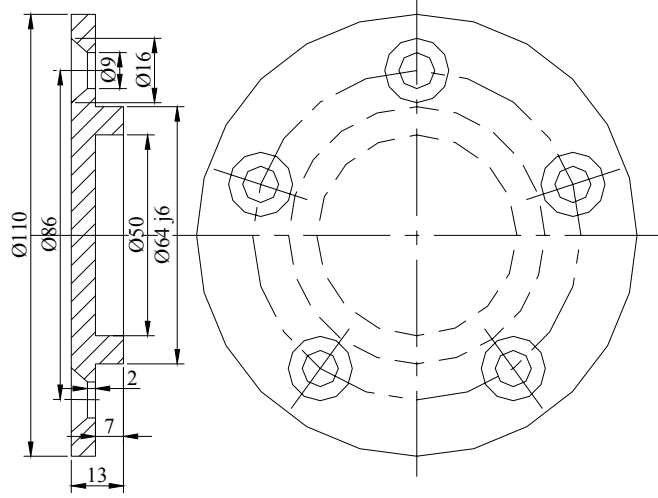
EK 2



Ø50	g6	49,991	49,975
ÖLÇÜ	iSARET	EN BÜY.ÖLÇÜ	EN KÜÇ.ÖLÇÜ

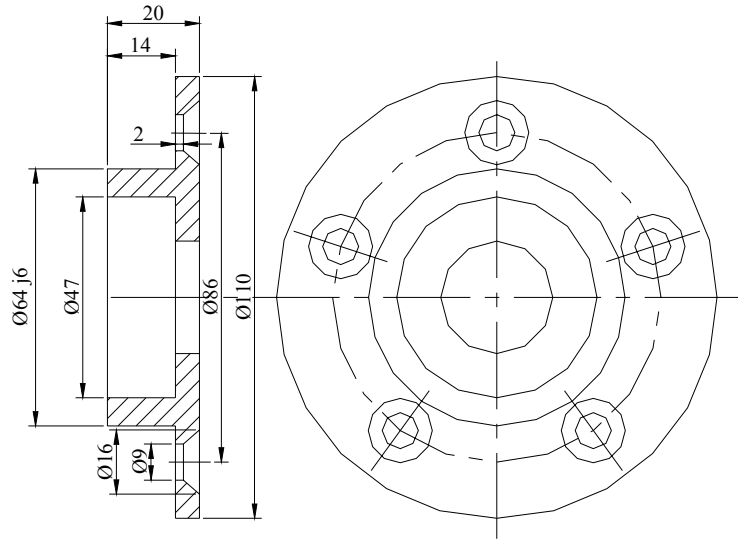
Ç 1040	1:1	1	ViDALI MiL	LEVENT BAS	01-02
MALZEME	ÖLÇEK	SAYI	PARÇANIN ADI	ÇİZEN	RESİM NO

EK 3



Ø64	j6	64,012	63,993
ÖLÇÜ	iSARET	EN BÜY.ÖLÇÜ	EN KÜÇ.ÖLÇÜ

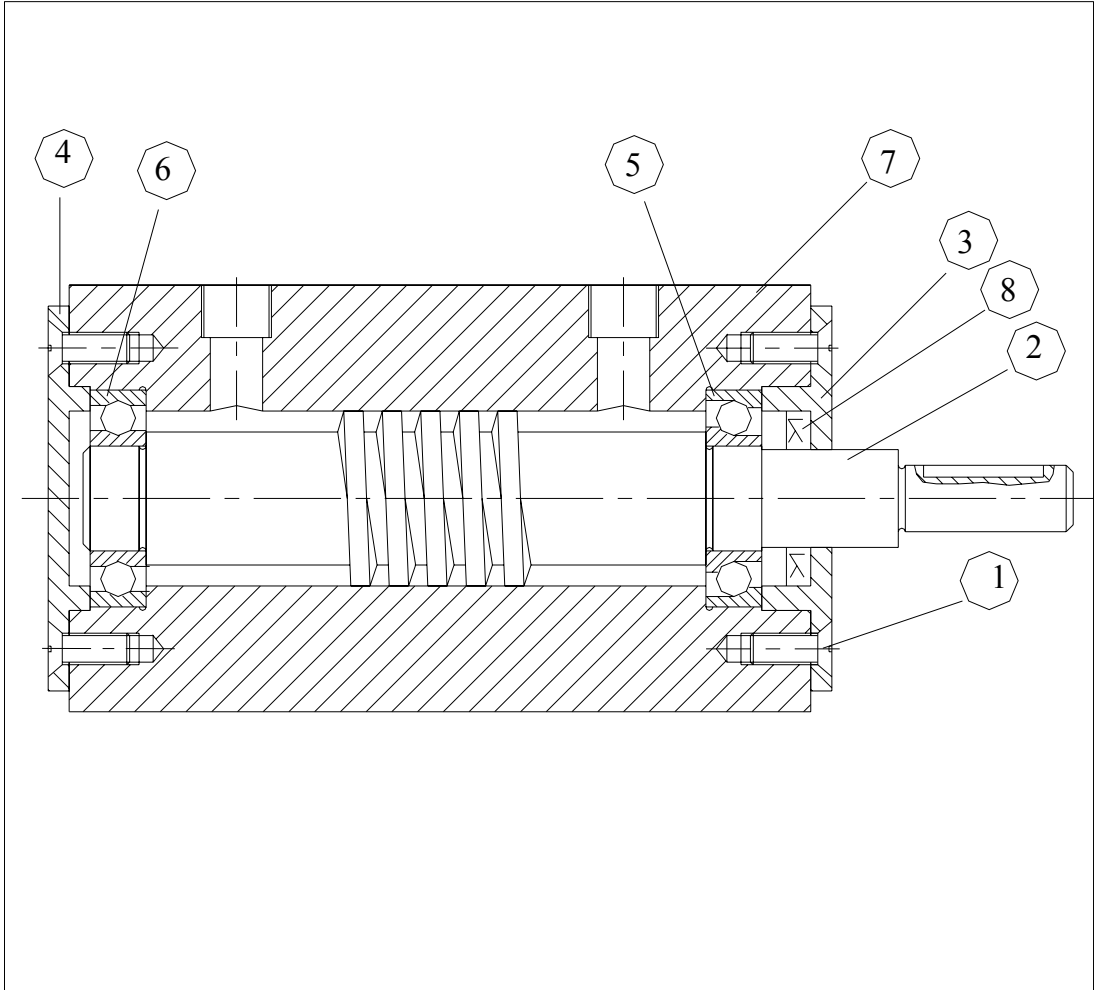
Ç 1040	1:1	1	KAPAK	LEVENT BAS	01-04
MALZEME	ÖLÇEK	SAYI	PARÇANIN ADI	ÇİZEN	RESİM NO



Ø64	j6	64,012	63,993
ÖLÇÜ	iSARET	EN BÜY.ÖLÇÜ	EN KÜÇ.ÖLÇÜ

Ç 1040	1:1	1	KAPAK	LEVENT BAS	01-03
MALZEME	ÖLÇEK	SAYI	PARÇANIN ADI	ÇİZEN	RESİM NO

EK 4



10	HAVSA BASLI CİVATA M6 x 25	8		FE 42	
1	YAG KEÇESİ 28 x 47 x 12	7		HAZIR	
1	RULMAN SKF 3306x	6		HAZIR	
1	RULMAN SKF 30206	5		HAZIR	
1	KAPAK	4	01-04	Ç 1040	
1	KAPAK	3	01-03	Ç 1040	
1	MİL	2	01-02	Ç 1040	
1	GÖVDE	1	01-01	FE 50	
SAYI	PARÇANIN ADI-STANDART BOYUTLAR	MON.NR	RESİM NR	MALZEME	AÇIKLAMA
	TARİH	ADI SOYADI	FIRAT ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MAKİNE EĞİTİMİ A.B.D		
ÇİZEN	31.08.2006	LEVENT BAS			
KONTROL	31.08.2006	Y.DOÇ.DR. İSMAİL TÜRK BAY			
STAND.KONT.	31.08.2006	Y.DOÇ.DR. İSMAİL TÜRK BAY			
ÖLÇEK 1:1	VİDALI POMPA			01	
				RESİM NO	

EK 5

SAE 10W/30 numaralı yağa ait basınç-debi ve akım tablosu (2.mil)

Devir (dev/dak)	Basınç (bar)	Debi (lt/dak)	Akım (amper)
844	0,40	0	1,05
844	0,25	1,230	1,04
844	0,20	1,626	1,04
844	0	2,222	1,03
1047	0,50	0	1,09
1047	0,25	1,393	1,08
1047	0,20	1,721	1,08
1047	0	2,752	1,07
1118	0,55	0	1,12
1118	0,45	2,096	1,11
1118	0,35	2,571	1,11
1118	0	2,927	1,09
1415	0,65	0	1,19
1415	0,45	2,215	1,18
1415	0,35	2,826	1,18
1415	0	3,704	1,16
1770	0,80	0	1,34
1770	0,45	2,945	1,33
1770	0,35	3,773	1,33
1770	0	4,615	1,30
1893	0,85	0	1,37
1893	0,50	3,000	1,36
1893	0,40	3,846	1,33
1893	0	4,918	1,30
2380	1,00	0	1,54
2380	0,60	3,141	1,51
2380	0,30	4,878	1,51
2380	0	6,186	1,46

EK 6

SAE 10W/30 numaralı yağa ait basınç-debi ve akım tablosu (3.mil)

Devir (dev/dak)	Basınç (bar)	Debi (lt/dak)	Akım (amper)
844	0,25	0	1,05
844	0,20	1,413	1,04
844	0	2,532	1,03
844	0	2,532	1,03
1047	0,30	0	1,09
1047	0,20	1,590	1,08
1047	0	3,077	1,07
1047	0	3,077	1,07
1118	0,35	0	1,11
1118	0,20	2,650	1,10
1118	0	3,279	1,09
1118	0	3,279	1,09
1415	0,45	0	1,18
1415	0,25	2,680	1,17
1415	0,10	3,000	1,16
1415	0	4,138	1,15
1770	0,55	0	1,34
1770	0,30	3,225	1,32
1770	0,15	4,255	1,31
1770	0	5,172	1,30
1893	0,60	0	1,36
1893	0,35	3,456	1,34
1893	0,20	4,610	1,33
1893	0	5,505	1,30
2380	0,75	0	1,53
2380	0,40	3,610	1,50
2380	0,20	5,754	1,49
2380	0	6,897	1,46

EK 7

SAE 140 numaralı yağa ait basınç-debi ve akım tablosu(2.mil)

Devir (dev/dak)	Basınç (bar)	Debi (lt/dak)	Akım (amper)
844	1,10	0	1,07
844	0,50	1,433	1,05
844	0,20	2,016	1,04
844	0	2,308	1,03
1047	1,20	0	1,13
1047	0,60	1,610	1,10
1047	0,30	2,380	1,09
1047	0	2,857	1,08
1118	1,25	0	1,16
1118	0,60	1,900	1,11
1118	0,40	2,720	1,11
1118	0	3,030	1,10
1415	1,40	0	1,24
1415	1,00	1,960	1,20
1415	0,40	3,000	1,18
1415	0	3,797	1,17
1770	1,60	0	1,40
1770	1,00	2,479	1,35
1770	0,40	3,846	1,33
1770	0	4,762	1,30
1893	1,70	0	1,42
1893	1,00	2,654	1,37
1893	0,40	4,054	1,35
1893	0	4,918	1,32
2380	1,95	0	1,61
2380	1,30	3,886	1,58
2380	0,50	4,918	1,51
2380	0	6,122	1,48

EK 8

SAE 140 numaralı yağa ait basınç-debi ve akım tablosu(3.mil)

Devir (dev/dak)	Basınç (bar)	Debi (lt/dak)	Akım (amper)
844	0,70	0	1,06
844	0,40	1,578	1,05
844	0	2,632	1,03
844	0	2,632	1,03
1047	0,80	0	1,12
1047	0,50	1,813	1,10
1047	0,25	2,500	1,09
1047	0	3,226	1,07
1118	0,85	0	1,15
1118	0,60	2,000	1,12
1118	0,30	2,856	1,11
1118	0	3,371	1,09
1415	1,00	0	1,23
1415	0,60	2,305	1,19
1415	0,30	3,333	1,18
1415	0	4,225	1,16
1770	1,15	0	1,38
1770	0,70	2,608	1,34
1770	0,30	4,202	1,33
1770	0	5,263	1,30
1893	1,20	0	1,41
1893	0,80	3,092	1,37
1893	0,40	4,386	1,35
1893	0	5,455	1,31
2380	1,40	0	1,59
2380	0,80	4,055	1,54
2380	0,50	5,660	1,53
2380	0	6,667	1,47

EK 9

İkinci mile ait basınç-debi ve güç tablosu (SAE 10W/30)

Devir (dev/dak)	Basınç (bar)	Debi (lt/dak)	Elde Edilen Güç(Watt)	Elk.Mot.Çek. Güç (Watt)	Verim
844	0,40	0		518,30	
844	0,25	1,230	0,513	513,36	0,104
844	0,20	1,626	0,542	513,36	0,110
844	0	2,222		508,42	
1047	0,50	0		538,04	
1047	0,25	1,393	0,580	533,10	0,117
1047	0,20	1,721	0,573	533,10	0,116
1047	0	2,752		528,17	
1118	0,55	0		552,85	
1118	0,45	2,096	1,572	547,91	0,107
1118	0,35	2,571	1,500	547,91	0,101
1118	0	2,927		538,04	
1415	0,65	0		587,40	
1415	0,45	2,215	1,661	582,47	0,112
1415	0,35	2,826	1,648	582,47	0,111
1415	0	3,704		572,59	
1770	0,80	0		661,45	
1770	0,45	2,945	2,208	656,51	0,111
1770	0,35	3,773	2,201	656,51	0,111
1770	0	4,615		641,70	
1893	0,85	0		676,25	
1893	0,50	3,000	2,500	671,32	0,101
1893	0,40	3,846	1,538	656,51	0,104
1893	0	4,918		641,70	
2380	1,00	0		760,17	
2380	0,60	3,141	3,141	745,36	0,106
2380	0,30	4,878	3,252	745,36	0,110
2380	0	6,186		720,68	

EK 10

Üçüncü mile ait basınç-debi ve güç tablosu (SAE 10W/30)

Devir (dev/dak)	Basınç (bar)	Debi (lt/dak)	Elde Edilen Güç(Watt)	Elk.Mot.Çek. Güç (Watt)	Verim
844	0,25	0		518,30	
844	0,20	1,413	0,471	513,36	0,096
844	0	2,532		508,42	
844	0	2,532		508,42	
1047	0,30	0		538,04	
1047	0,20	1,590	0,530	533,10	0,107
1047	0	3,077		528,17	
1047	0	3,077		528,17	
1118	0,35	0		547,91	
1118	0,20	2,650	0,884	542,98	0,090
1118	0	3,279		538,04	
1118	0	3,279		538,04	
1415	0,45	0		582,47	
1415	0,25	2,680	1,116	577,53	0,113
1415	0,10	3,000	0,500	572,59	0,102
1415	0	4,138		567,66	
1770	0,55	0		661,45	
1770	0,30	3,225	1,612	651,57	0,109
1770	0,15	4,255	1,060	646,64	0,107
1770	0	5,172		641,70	
1893	0,60	0		671,32	
1893	0,35	3,456	2,016	661,45	0,101
1893	0,20	4,610	1,536	656,51	0,103
1893	0	5,505		641,70	
2380	0,75	0		755,23	
2380	0,40	3,610	2,406	740,43	0,100
2380	0,20	5,754	1,917	735,49	0,098
2380	0	6,897		720,68	

EK 11

İkinci mile ait basınç-debi ve güç tablosu (SAE 140)

Devir (dev/dak)	Basınç (bar)	Debi (lt/dak)	Elde Edilen Güç(Watt)	Elk.Mot.Çek. Güç (Watt)	Verim
844	1,10	0		528,17	
844	0,50	1,433	1,194	518,30	0,121
844	0,20	2,016	0,672	513,36	0,136
844	0	2,308		508,43	
1047	1,20	0		557,79	
1047	0,60	1,610	1,610	542,98	0,109
1047	0,30	2,380	1,190	538,04	0,121
1047	0	2,857		533,10	
1118	1,25	0		572,59	
1118	0,60	1,900	1,900	547,91	0,128
1118	0,40	2,720	1,814	547,91	0,123
1118	0	3,030		542,98	
1415	1,40	0		612,08	
1415	1,00	1,960	3,266	592,34	0,132
1415	0,40	3,000	2,000	582,47	0,135
1415	0	3,797		577,53	
1770	1,60	0		691,06	
1770	1,00	2,479	4,131	666,38	0,139
1770	0,40	3,846	2,564	656,51	0,130
1770	0	4,762		641,70	
1893	1,70	0		700,94	
1893	1,00	2,654	4,420	676,25	0,128
1893	0,40	4,054	2,702	666,38	0,110
1893	0	4,918		651,57	
2380	1,95	0		794,72	
2380	1,30	3,886	8,419	779,91	0,131
2380	0,50	4,918	4,098	745,36	0,138
2380	0	6,122		730,55	

EK 12

Üçüncü mile ait basınç-debi ve güç tablosu (SAE 140)

Devir (dev/dak)	Basınç (bar)	Debi (lt/dak)	Elde Edilen Güç(Watt)	Elk.Mot.Çek. Güç (Watt)	Verim
844	0,70	0		523,23	
844	0,40	1,578	1,052	518,30	0,106
844	0	2,632		508,42	
844	0	2,632		508,42	
1047	0,80	0		552,85	
1047	0,50	1,813	1,510	542,98	0,102
1047	0,25	2,500	1,041	538,04	0,106
1047	0	3,226		528,17	
1118	0,85	0		567,66	
1118	0,60	2,000	2,000	552,85	0,102
1118	0,30	2,856	1,428	547,91	0,097
1118	0	3,371		538,04	
1415	1,00	0		607,15	
1415	0,60	2,305	2,305	587,40	0,116
1415	0,30	3,333	1,665	582,47	0,112
1415	0	4,225		572,59	
1770	1,15	0		681,19	
1770	0,70	2,608	3,042	661,45	0,123
1770	0,30	4,202	2,101	656,51	0,107
1770	0	5,263		641,70	
1893	1,20	0		696,00	
1893	0,80	3,092	4,230	676,25	0,119
1893	0,40	4,386	2,924	666,38	0,118
1893	0	5,455		646,64	
2380	1,40	0		784,85	
2380	0,80	4,055	5,400	760,17	0,122
2380	0,50	5,660	4,710	755,23	0,119
2380	0	6,667		725,62	