T.C.

BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

MÜHENDİSLİK VE DOĞA BİLİMLERİ FAKÜLTESİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

POMPA (SANTRİFÜJ VE SERİ-PARALEL)
DENEY FÖYÜ

© Makine Mühendisliği Bölüm Başkanlığı, BURSA

1. DENEYİN AMACI

Pompanın standart performans karakteristiğini belirlemek ve pompa akış hızı ve giriş basıncı arasındaki ilişkiyi incelemek. Ayrıca pompaların bağlanma tipine göre farklılıklarını belirlemek.

2. DENEYİN ÖĞRENME ÇIKTILARI

- ✓ Deneysel olarak santrifüj pompa çalışmasını gözlenmesi
- ✓ Deney verilerini kullanarak genişletilmiş Bernoulli denklemi yardımıyla akış hattındaki akış debisinin hesaplanması
- ✓ Pompadaki kavitasyon oluşumunun gözlenmesi ve nedenlerinin öğrenilmesi
- ✓ Deneysel verilerin analiz edilmesi ve yorumlanması
- ✓ Deneysel sonuçların bir rapor halinde sunulması

3. TEORİK BİLGİLER VE TANIMLAR

3.1. Giriş

Pompalar sıvıların enerjisini veya basıncını artıran makinelerdir. Bir sıvının alçak seviyeden yüksek seviyeye ya da alçak basınçtan yüksek basınca çıkarılması için pompalar kullanılır. Bir taraftan da pompalar boru içinde akan sıvının akış hızını ve debisini arttırmak içinde kullanılır. Pompalar aldıkları mekanik enerjiyi akışkana hidrolik enerji olarak dönüştürüp aktarır.

3.2. Pompa Seçimi Nasıl Yapılır?

Pompa tipinin seçiminde bilinmesi gereken çalışma şartlarının değişkenleri başlıca, Debi (Q) ve çalışma noktasında istenilen basma yüksekliği (H) değerleridir. Pompanın büyüklüğü ve devri, pompa seçim eğrilerinden belirlenir. Seçilen pompanın verim, pompa motorunun gücü ve Net Pozitif Emme Yüksekliği (NPSH) değerleri gibi diğer parametreleri de pompa performans eğrilerinden okunur.

1-Pompa debisi (Q): Birim zamanda pompadan geçen sıvının hacmidir. Yaygın olarak [m^3/h] ve [lt/sn] birimleri kullanılır.

2-Pompa basma yüksekliği (H): Pompa tarafından akışı sağlanmak istenilen sıvıya verilen faydalı kinetik enerjidir.

$H=h+TDP+P_A$ formülü ile bulunur.

h-basılacak sıvının serbest sıvı yüzeyi ile basıldığı yer arasındaki statik yükseklik farkıdır.

TDP-tüm basınç kayıplarının toplamıdır. Bu toplam basınç farkı emiş ve basma hattındaki borulardaki sürtünme kayıpları, tüm vana, armatürlerin sürtünme kayıplarından oluşur.

P_A -akma basıncı, basma hattının sonunda sıvının vana, armatür veya borudan akış basıncıdır

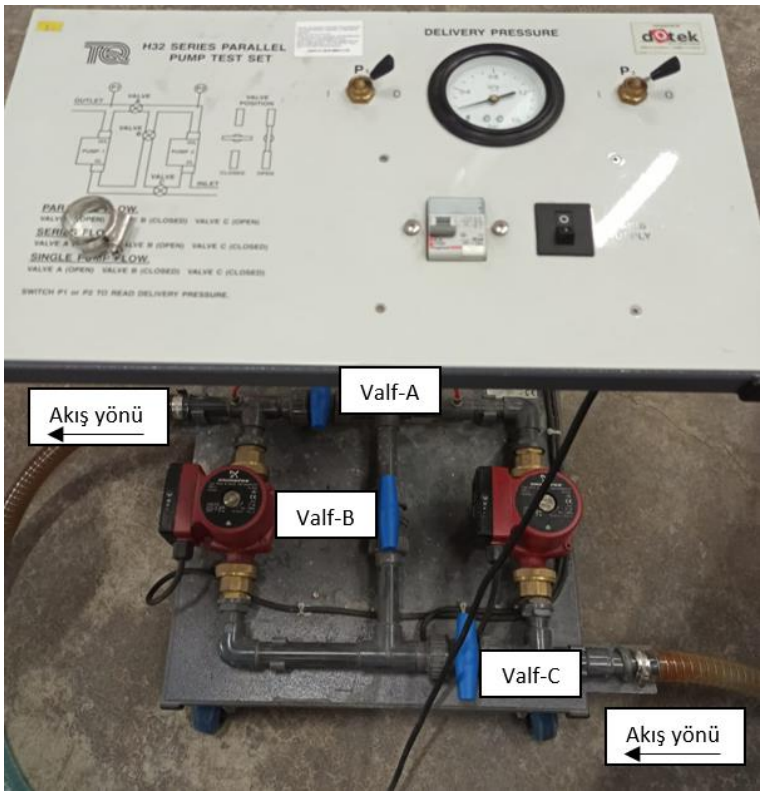
Her pompanın optimum çalışma noktası sistem eğrisi ile pompa karakteristik eğrisi olan Q-H eğrisinin kesişme noktasıdır. Genellikle pompa devir sayısının, fan çapının veya sistemin karakteristiğinin değiştirilmesiyle çalışma noktası değişebilir. Sistemin karakteristiğini değiştirmenin pratik yolu boru hattının basınç kayıplarını artırmak veya azaltmaktır. Bu boru çapını değiştirerek veya vanayı açıp kapatma şeklinde olur. Diğer bir yolu ise statik kısmının değiştirilmesidir. Bu basma hattının basıncı veya su seviyesinin artırılması veya azaltılması şeklinde olur.

Pompalanan akışkanın viskozitesi arttığında pompanın bu akışkan için debi, basma yüksekliği, verimi düşer, ihtiyaç duyulan motor gücü artar.

3.3. Bağlanma Tiplerine Göre Pompalar

Aynı karakteristik özelliğe sahip pompalar farklı amaçlar için seri veya paralel bağlanılabilir. Eğer sistemden daha fazla basma yüksekliği ve basınç artışı isteniliyorsa pompalar seri bağlanılmalıdır. Sistemden daha fazla debi basılması istenilmesi durumunda pompalar paralel bağlanılır.

Şekil 1'de seri ve paralel bağlantılı pompalar gösterilmiştir. Burada B-C valfleri kapalı olursa tek pompa, sadece B valfi kapalı olursa paralel bağlantı, A-C valfleri kapalı olursa da seri bağlantı sağlanmış olur.



Şekil 1. Pompaların seri-paralel bağlanma şekli

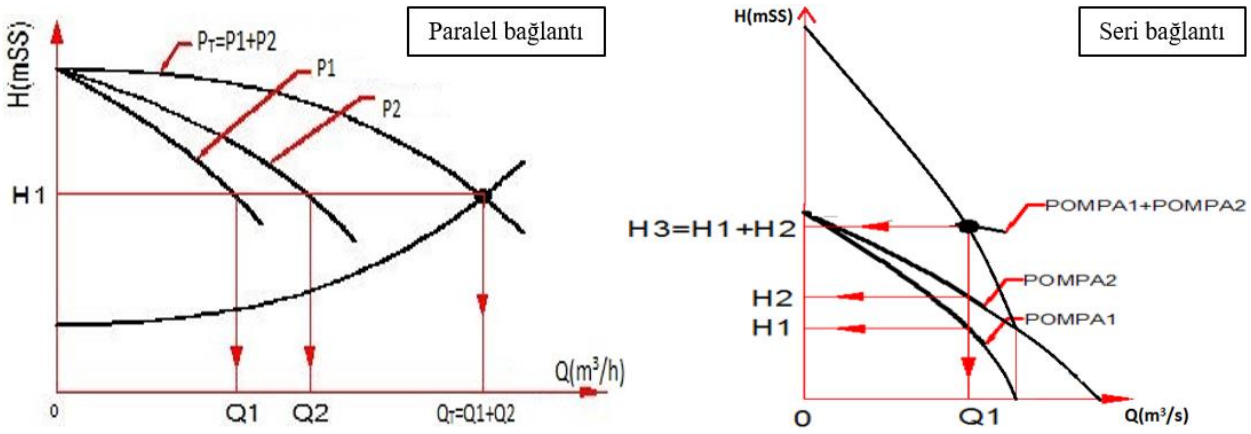
3.3.1. Pompaların Paralel Bağlanması

Sistemin ihtiyaç duyduğu pompa debisinin sağlanması ve kademeli ayar istenen hallerde toplam debiyi arttırmak için uygulanan yöntemdir. Paralel bağlı pompalarda aynı karakteristik iki pompa ise debileri toplanarak toplam debi yazılır. Toplam basma yüksekliği ise sabit kalır.

3.3.2. Pompaların Seri Bağlanması

Tesisattaki basıncın yetersiz olduğu hallerde basıncı artırmak için pompalar seri bağlanır. Bu şekilde bağlantıda her iki pompanın basma yüksekliklerinin toplamı kadar basma yüksekliği elde edilir. Debi belirlenmesinde ise en düşük kapasiteye sahip pompanın kapasitesi geçerli olur. Bu yüzden verimlilik açısından aynı büyüklükteki pompalar birbirine seri bağlanır.

Şekil 2'de pompaların seri-paralel bağlantısı ile oluşan Q-H grafikleri verilmiştir.



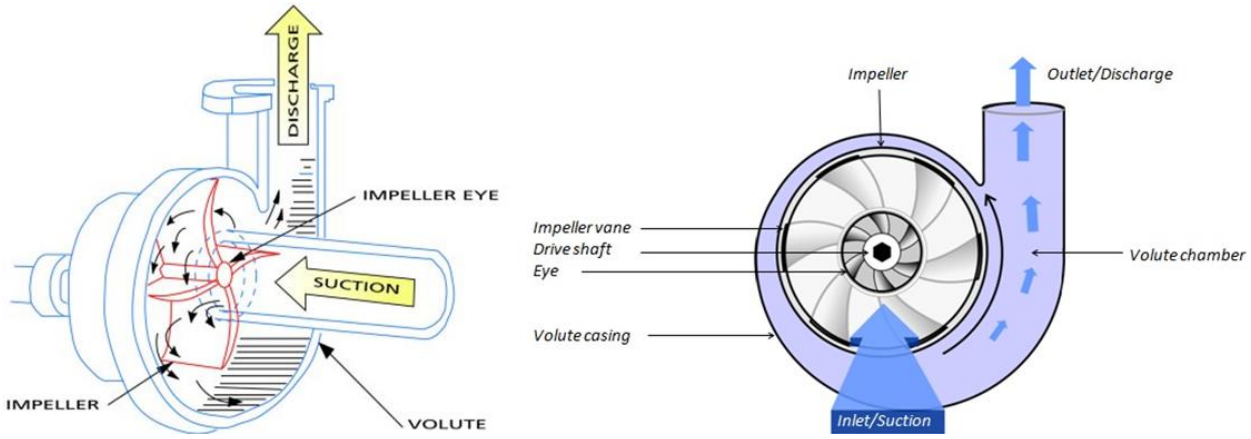
Şekil 2. Pompaların bağlantı tipine göre Q-H değişimi

3.4. Santrifüj Pompalar

Santrifüj pompalar, içinde kanatlı bir pervaneden (çark) oluşan pompalardır. Bu çark (impeller) sayesinde akışkanın mekanik enerjisi hidrolik enerjiye çevrilmiş olur. Gövde içinde yer alan kanatlı bir pervaneden (çarklardan) oluşan bu pompalarda, sıvı emme hattından çarkın ortasına iletilir. Basınç, sıvının çarkla döndürülmesiyle elde edilir. Akışkan şu şekilde yol izler. Çarkın emiş tarafında meydana gelen vakum nedeniyle sıvı çarkın kanatları arasına girer. Çark kanatları arasından geçen sıvı, çarkın dönme hareketleriyle büyük teğetsel bir hız kazanır. Çark kanatları ile çarkın ön ve arka profili tarafından sınırlanan kanallar arasında sıvı çarkın çıkış tarafına doğru dönme hareketi esnasında meydana gelen santrifüj (merkezkaç) kuvvetler etkisiyle itilir. Bu şekilde oluşan hareket, sıvının devamlı akışını ve pompanın emme etrafındaki emişini sağlar. Çark kanatları büyük bir teğetsel hızla terk eden sıvının içerdiği kinetik enerji, sabit difüzör kanatları arasında salyangoz (volute) boşluğunda basınç enerjisine çevrilir. Artı yer değiştirmeli pompanın tersine santrifüj pompanın basma valfi yoktur. Belirli bir dönme hızıyla en yüksek basınç elde edilir. Santrifüj pompanın mekanizması Şekil 3'te gösterilmiştir.

Santrifüj Pompalarda Akışkan Özelliklerinde Dikkat Edilmesi Gerekenler

- Viskozitesi düşük sıvılar kullanılmalıdır. Viskozite arttıkça manometrik yükseklik ve verim düşer.
- Sıvının içerisinde kolay ayrışan gazlar varsa bunlar hava yaparak pompaya zarar verir.
- Buharlaşma basıncının yüksek olmasından kaynaklanabilecek kavitasyona dikkat edilmelidir.



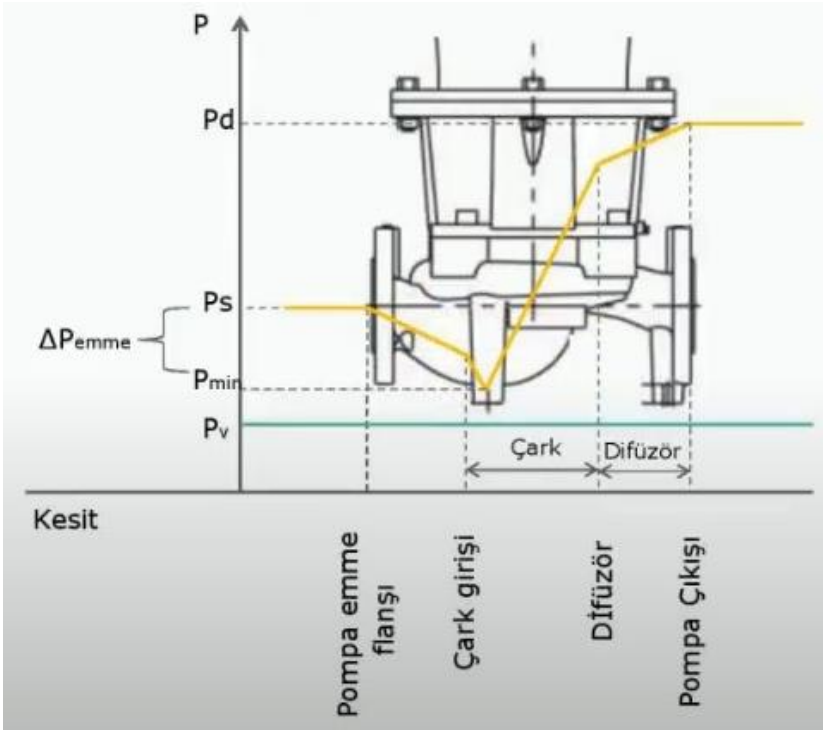
Şekil 3. Santrifüj pompa mekanizması

3.5. Santrifüj Pompalarda Kavitasyon

Kavitasyon, pompa içindeki sıvının bulunduğu şartlardaki mutlak basıncının, aynı koşullardaki (aynı sıcaklıktaki) buharlaşma basıncı altına düşmesi durumunda meydana gelen bir olaydır. Bu şartlarda sıvı basıncı, buharlaşma basıncının altına düştüğünde küçük gaz kabarcıkları oluşmaya başlar. Akış normale döndüğünde yani basınç tekrar yükseldiğinde bu gaz kabarcıkları faz değişimiyle tekrar sıvı hale geçerken ani patlamalarla yok olurlar. Bu patlamalar pompa çark ve gövdelerinde oluştuğunda erezyona, hasara sebep olmakta ve parçadan tortu kaldırmaktadır. Bu hasarların oluşması parça ömrünü kısaltmakta ve pompanın çalışma verimini düşürmektedir. Bu duruma pompanın kavite olması ya da kavitasyon adı verilir.

Pompanın emiş kısmında olması gereken minimum basınç (NPSH) değeri pompanın kavitasyona uğramaması için önemlidir. Ayrıca sıvıdaki sıcaklık artışının buhar basıncını artıracağı bilindiğinden, sıcaklık faktörü de önemli olmaktadır. Pompada kavitasyona sebep olan durumlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

- Emme hattının çok uzun tutulması
- Boru çaplarının çok küçük olmasıyla, borudaki akış hızının artması ve bu sebeple o noktadaki basıncın düşmesi
- Sıvının sıcaklığının artmasıyla buharlaşma basıncının yükselmesi



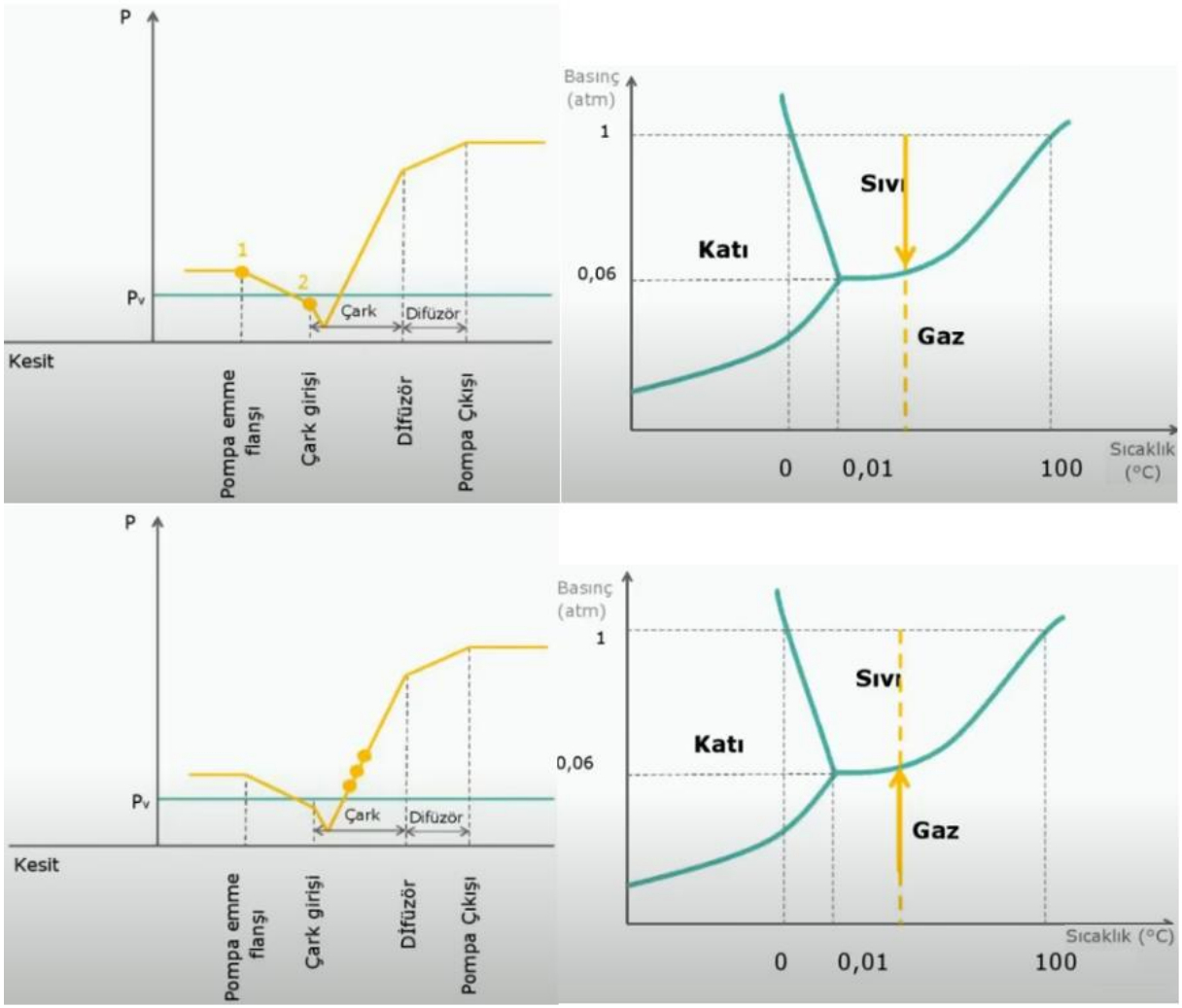
Şekil 4. Normal şartlarda çalışan pompadaki suyun basınç değişimi

Normal şartlar altında çalışan ve kavitasyona uğramayan pompadaki akışkanın yani suyun, pompa giriş-çıkış arasındaki basınç değişimi Şekil 4'de verilmiştir.

Pompada kavitasyonun başlaması ve kavite olan bir pompanın görüntüsü Şekil 5'te verilmiştir.

Şekil 5. Kavitasyona uğrayan pompa

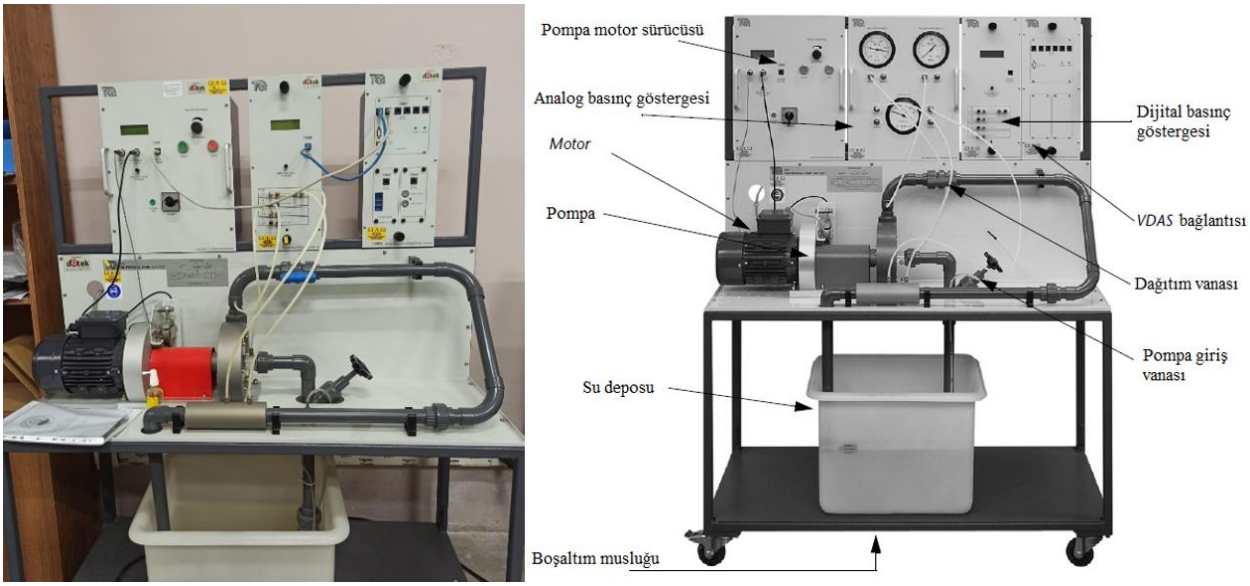
Kavitasyon olayının sıvının nerede ve nasıl başladığı ve ayrıca buharlaşma noktası ile olan ilişkisi Şekil 6'da verilmiştir.



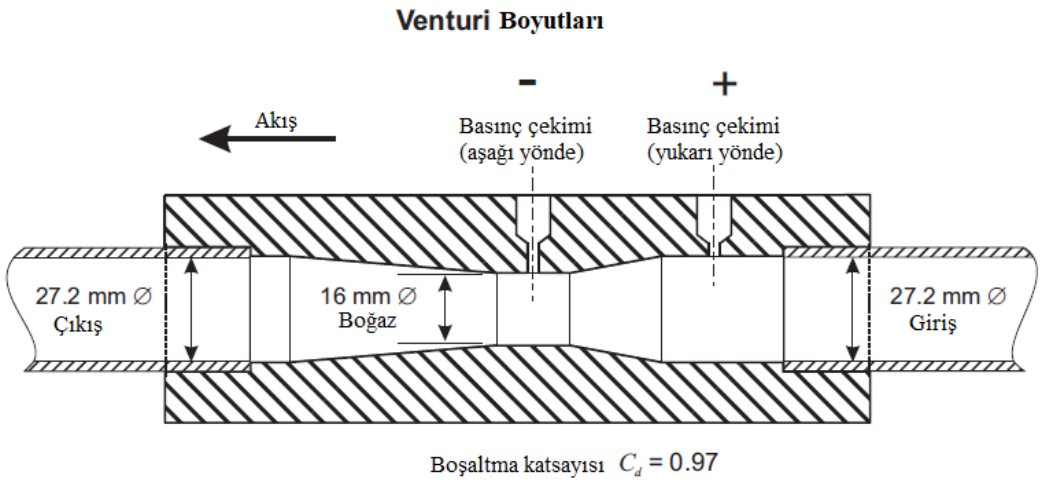
Şekil 6. Pompada kavitasyon oluşum aşamaları

4. DENEYİN YAPILIŞI

4.1. Deney Düzeneği



Şekil 7. Deney düzeneği



Şekil 8. Venturi tüpü kesit görünümü

Pump Inlet Static Pressure	p_1	N.m^{-2}
Pump Delivery Static Pressure	p_O	N.m^{-2}
Volumetric Flow Rate	Q	m^3.s^{-1}
Pump Speed	N	rev.min^{-1} or Rad.s^{-1}
Power Input to Pump	W_1	Watts
Hydraulic Power of Pump	W_2	Watts
Losses (W_1-W_2)	L	Watt

Efficiency of Pump	η	%
Impeller Diameter	D	m
Pipework Internal Diameter	d	m
Pump Total Head	H	Pa or N.m^{-2}
Acceleration due to gravity	g	m.s^{-2}
Torque	T	Nm
Water Viscosity	μ	Pa.s (0.001 at 20°C)
Water Density	ρ	kg.m^3 (1000 at 20°C)

Şekil 9. Genel birimler

4.2. Deneyler

Hesaplamalar

$$H = P_2 - P_3 \quad (Pa)$$

Bernoulli Denklemi: $$P_1 + \frac{1}{2}\rho V_1^2 + \rho g z_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho V_2^2 + \rho g z_2 \quad (Pa)$$

$$Q = C_d . A_1 . \sqrt{\frac{2.\Delta P}{\rho.\left(\frac{{A_1}^2}{{A_2}^2} - 1\right)}} \qquad \left(\frac{m^3}{s}\right)$$

$$W_2 = (P_2 - P_3) \times Q = H \times Q \qquad \left(Pa.\frac{m^3}{s}\right) \quad (watt)$$

$$\eta = \frac{W_2}{W_1}$$

Burada;

- H = Toplam basma yüksekliği (kPa)
- W_1 = Pompa mekanik gücü
- W_2 = Toplam hidrolik güç
- η = Pompanın etkinliği/verimi (%)
- Q = Suyun debisi
- C_d = Boşaltma katsayısı
- A_1 = Venturi tüpü giriş alanı (Dairesel kesit)
- A_2 = Venturi tüpü boğaz alanı (Dairesel kesit)
- ρ = Su yoğunluğu (1000 kg/m^3)
- ΔP = Venturi basınç farkı (Pa)

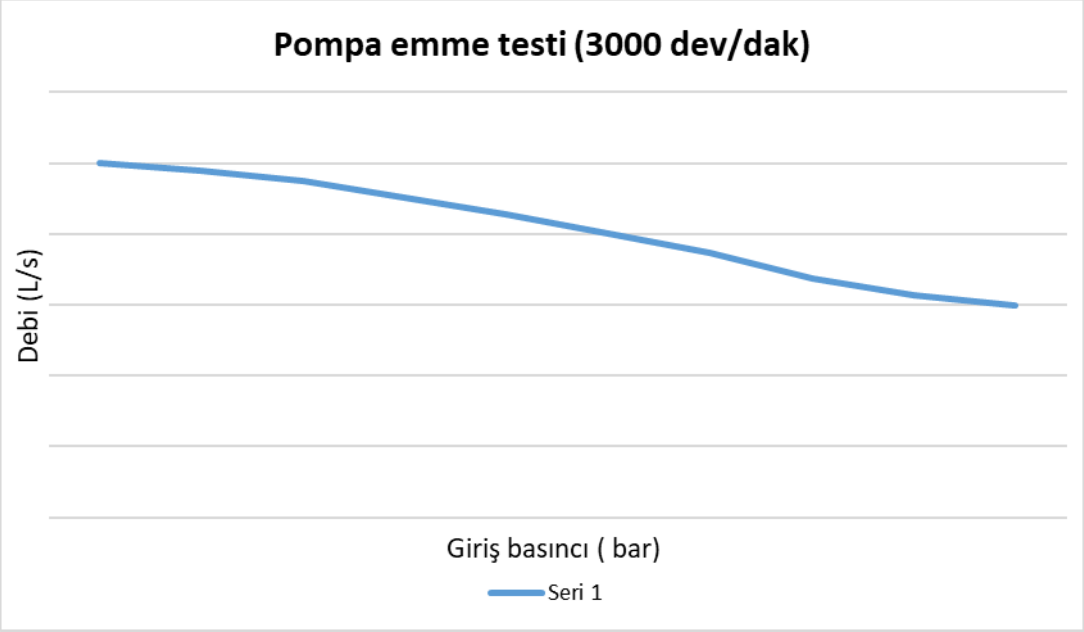
4.2.1. Deney 1: Emme Testi

Amaç: Bu test ile pompa debisinin giriş (emme) basıncına etkisi belirlenecektir.

1. Pompanın giriş ve çıkış valfleri tamamen açık olarak başlanır.
2. Motor çalıştırılır ve hızı 3000 dev/dak ayarlanır.
3. Pompa girişindeki emme valfi ile 0.05 bar adımlarla kısılma yapılır.
4. Venturi fark basıncının 0.05 bar altına düşmeyecek şekilde deney sayıları belirlenir.
5. Debi değişimi ile oluşan basınç farklılıkları ve güç değerleri her bir aşamada not edilir.
6. Alınan değerler ile pompa giriş basıncının debi ile değişimi grafiği çizilir (P3-Q) (birimler bar-L/s).

Tablo 1. Emme testi tablosu

H47 Santrifüj Pompa Testi				**Test Tipi:** Emme			
Pompa Giriş (Emme) Basıncı P_3 (bar)	Pompa Çıkış (Dağıtım) Basıncı P_2 (bar)	Toplam Basma Yüksekliği H (kPa)	Venturi Basınç Farkı ΔP (bar)	Debi Q (L/s)	Pompa Mekanik Gücü W_1 (watt)	Toplam Hidrolik Güç W_2 (watt)	Verim η (%)



Şekil 10. Emme testi grafiği

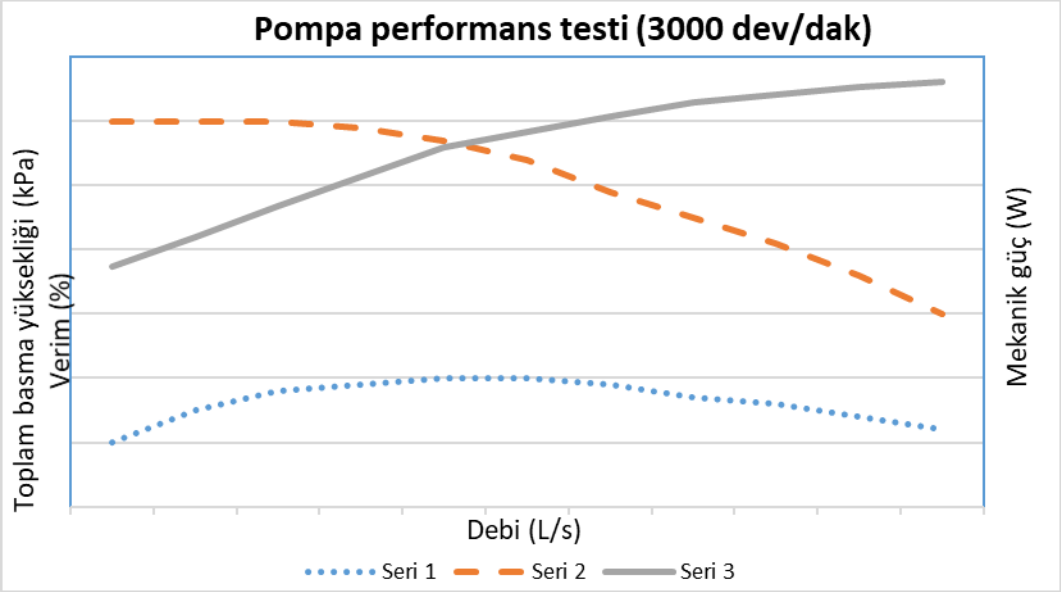
4.2.1. Deney 2: Standart Performans Testi

Amaç: Bu test ile pompanın performans karakteristiği belirlenecektir.

1. Pompanın giriş ve çıkış valfleri tamamen açık olarak başlanır.
2. Motor çalıştırılır ve hızı 3000 dev/dak ayarlanır.
3. Pompa çıkışındaki valf ile 0.1 bar adımlarla kısılma yapılır. Ancak giriş valfine sabit kalır.
4. Venturi fark basıncının 0.05 bar altına düşmeyecek şekilde deney sayıları belirlenir.
5. Debi değişimi ile oluşan basınç farklılıkları ve güç değerleri her bir aşamada not edilir.
6. Alınan değerler ile toplam basma yüksekliği, mekanik güç ve verim değerlerinin debi ile değişimi grafiği çizilir (H-Q, W_1-Q, η-Q).

Tablo 2. Performans testi tablosu

H47 Santrifüj Pompa Testi				**Test Tipi:** Standart Performans Testi			
Pompa Giriş (Emme) Basıncı P_3 (bar)	Pompa Çıkış (Dağıtım) Basıncı P_2 (bar)	Toplam Basma Yüksekliği H (kPa)	Venturi Basınç Farkı ΔP (bar)	Debi Q (L/s)	Pompa Mekanik Gücü W_1 (watt)	Toplam Hidrolik Güç W_2 (watt)	Verim η (%)



Şekil 11. Performans testi grafiği

5. RAPOR İÇİN İSTENENLER

1. Santrifüj pompalar hakkında bilgi veriniz.
2. Pompaların bağlanma tipleri ve paralel ve seri bağlanması hakkında bilgi veriniz.
3. Bernoulli denklemini kullanarak akış debisini formülünü çıkartınız.
4. Tablolardaki herhangi bir satırı seçerek işlem basamaklarını ve hesaplamaları yazınız.
5. Deneyde elde edilen verilere göre tabloları (2 adet) oluşturunuz.
6. Deneyde elde edilen verilere göre grafikleri (2 adet) oluşturunuz.
7. Her bir grafiği birkaç cümle ile yorumlayarak, akışkan debisinin etkisini belirtiniz.

NOT-1: Föydeki grafikler sadece örnek teşkil etmektedir. Bu yüzden grafiklerdeki eksen başlıkları ve eksendeki veri değerleri gösterilecektir. Yapılacak sayısal işlemlerde kullanılan verilerdeki birimlere dikkat edilmelidir.

NOT-2: Teorik bilgi kısmında kullanılan bilgiler rapor sonunda kaynakça kısmı oluşturarak verilecektir.

NOT-3: Kaynakçada bilimsel kitap, makale, bildiri veya başka üniversitenin deney föyü kullanılabilir. İnternet sitesi kabul edilmeyecektir. Tez yazım formatına uygun numaralandırılmış formatta olmalı ve metin içerisinde atıflar gösterilmelidir.

6. KAYNAKLAR

[1] H47 Centrifugal Set User Guide and H32 Series and Parallel Pump Test Set

[2] YTÜ Makine Mühendisliği Bölümü Hidromekanik ve Hidrolik Makinalar Anabilim Dalı Özel Laboratuvar Dersi Seri ve Paralel Bağlı Pompalar Deneyi Föyü

[3] Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü Akışkanlar Mekaniği Laboratuvarı Pompa Deneyi Föyü

[4] Cengel, Y.A., (2010). Fluid Mechanics: Fundamentals And Applications (Si Units). *Tata McGraw Hill Education* Private Limited.