

**Makale  
(Article)**

## Santrifüj Pompa Kavramlarının Bir Deney Seti Yardımıyla Öğretilmesi

Hüseyin BULGURCU\*, Serkan YARAR\*\*

\*BAÜ Balıkesir Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Bölümü Çarşı Kampusu 10145-Balıkesir, [bhuseyin@balikesir.edu.tr](mailto:bhuseyin@balikesir.edu.tr)

\*\*Deneysan Eğitim Cihazları Ltd. İstanbul, Yeni Sanayi Sitesi 12 Ekim Cad. 52.Sok. No:18A Balıkesir, [srknysr@yahoo.com](mailto:srknysr@yahoo.com)

Geliştirme Tarihi: 28.11.2013

Kabul Tarihi: 17.03.2014

### Özet

Makine-enerji eğitimi içindeki "Akım Makineleri", "Hidrolik Makineler" ve "Pompalar ve Kompresörler" dersleri için birçok meslek dersinde olduğu gibi uygulama amaçlı olduğu için, bu derslerde kullanılmak üzere deney setlerine ihtiyaç bulunmaktadır. Bu deney setleri yardımıyla öğrencilere "karakteristik eğri", "manometrik basma yüksekliği", "emmedeki net pozitif yük (ENPY)", "pompa verimi" gibi kavramlar kolayca öğretiler. Ayrıca seri ve paralel bağlantılarda pompa karakteristik eğrisinin nasıl değiştiği deneysel olarak gösterilebilir. Bu çalışmada yüksek öğretimde kullanılan çeşitli pompa deney setleri incelenmiş olup seri-paralel santrifüj pompa uygulamalarını kapsayan bir deney seti geliştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Pompa, santrifüj pompa, deney seti, laboratuvar eğitimi

## Teaching Concept Of Centrifugal Pump With Using Experimental Setup

### Abstract

Because "flow machines", "hydraulic machines" and "pumps and compressors" courses as well as many other professional courses at machine-energy engineering education are application oriented, experimental sets are needed for use in them. The concepts such as "characteristic curve", "pump head", "net positive suction head (NPSH)" and "pump efficiency" can readily be taught to the students with the help of these experimental sets. In addition, these sets enable the students to investigate the pump characteristic curve for serial and parallel connections. In this study, various pump sets used in higher education are examined, and a centrifugal pump test set is developed for serial and-parallel connection applications.

**Keywords:** Pump, centrifugal pump, experimental sets, laboratory education.

### 1. GİRİŞ

Makine mühendisliği bölümlerinde santrifüj pompalarla ilgili deney setlerinin bulunduğu Akıkanlar Mekaniği laboratuvarları bulunmaktadır. Bu laboratuvarlar genellikle İngiliz kredileri ile temin edilmiştir. Gazi, Marmara ve Fırat Üniversitelerinin Teknik Eğitim Fakültelerindeki Akıkanlar Mekaniği laboratuvarları ise Dünya Bankası desteği ile temin edilmiştir. Yine TÜMÜ ve YTÜ gibi köklü üniversitelerimizde oldukça kapsamlı akıkanlar mekaniği laboratuvarları mevcut olduğundan sözü edilen pompa deney cihazları mevcuttur. Ancak YÖK-Dünya Bankası Projeleri kapsamında geliştirilen Meslek Yüksekokullarında pompalarla ilgili herhangi bir deney seti bulunmamaktadır.

Makine mühendisliği enerji dallarında, "Hidrolik Makineler" ve "Pompalar ve Kompresörler" derslerinde santrifüj pompalarla ilgili genellikle bu konular okutulmaktadır: Pompaların sınıflandırılması, hacimsel

*Bu makaleye atıf yapmak için*

*Bulgurcu H., Yarar S., Küçük M., "Santrifüj Pompa Kavramlarının Bir Deney Seti Yardımıyla Öğretilmesi" Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi 2014, (10) 23-33*

*How to cite this article*

*Bulgurcu H., Yarar S., Küçük M., "Teaching Concept Of Centrifugal Pump With Using Experimental Setup" Electronic Journal of Machine Technologies, 2014, (10) 23-33*

pompalar, kovukla ma (kavitasyon), türbinli pompalar, pompaların seri ve paralel ba lantıları, su türbinleri, aksiyon ve reaksiyon türbinleri, vantilatörler, vb.[1,2,3]

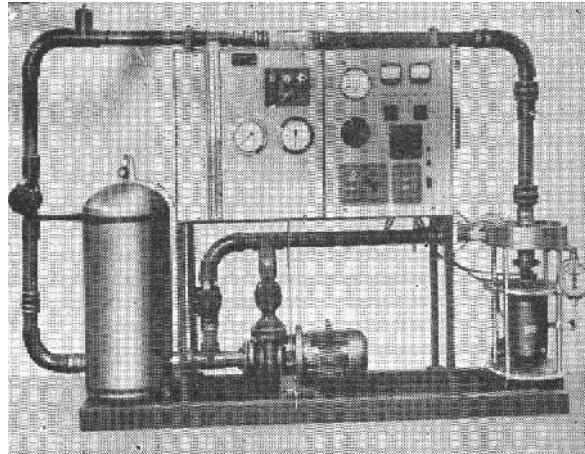
Meslek Yüksekokullarının Makine Programlarındaki "Pompalar ve Kompresörler" dersinde ise a a ıdaki konular okutulmaktadır:

- Pozitif (hacimsel) ve türbinli pompalar arasındaki farklar,
- Türbinli pompalar ve kullanım alanları,
- Kovukla ma (kavitasyon),
- Pompa mil sızdırmazlıkları,
- Pompa seçimi,
- Pompa seçimi için teknik arname hazırlanması,
- Santrifüj pompa arızaları, pistonlu kompresörler,
- deal bir kompresörün P-V diyagramı,
- Kademeli sıkı tırma ve ara so utma,
- A ırı ısınmanın ya üzerine etkisi,
- Hacimsel verim kavramı, vidalı,
- Paletli ve sarmal kompresörler,
- Belirli bir tesis için kompresör seçimi,
- Yüksüz kalkı sistemleri,
- ç ve ara so utucular,
- Kimyasal ve so utma yöntemleriyle kuru hava üretimi,
- Basıncı hava tesisatına ili kin tehlikeler,
- Kompresör arnamesinin hazırlanması,
- Kompresör arızaları[4].

## 2. POMPA DENEY SET ÖRNEKLER

ekil 1'deki model pompa ve türbin deney seti Tecquipment Ltd. tarafından üretilmi olup çe itli döner çarkları denemek için kullanılır. Yıldız Teknik Üniversitesi'nde bulunan bu deney setinde ö renciler projelerini uygulamalı olarak yapabilmektedirler.

ekil 2'de yine aynı firma tarafından üretilen GH5 tipi hem türbin (francis ve pelton) ve hem de pompa olarak kullanılabilen deney seti görülmektedir. Türbin olarak kullanıldı ında türbin aksesuarlarını monte etmek gerekir. Basma yüksekli i-debi e risi, 0-3000 d/d arasında elde edilebilir. Basıncı-debi-verim e rileri çizilebilir.



ekil 1. Pompa deney seti (Tecquipment Ltd.)[5]



ekil 2. Santrifüj pompa-türbin e itim seti (GH5) [6]

ekil 3'teki Santrifüj Pompa Deney Seti Alman GUNT firması tarafından üretilmi olup bir adet pompa, bir adet debimetre, su tankı, vana ve borulardan oluşur. Pompa emi ve basınç hattına ba lanan U tipi cıvalı bir manometre yardımıyla basma yüksekli i mbar cinsinden ölçülebilmektedir. Bu cihazda u deneyler yapılabilmektedir:

- Bir santrifüj pompadaki karakteristik e rinin olu turulması,
- Borularda, vanalarda ve debimetredeki basınç kayıpları,
- Bir vananın akı debi karakteristikleri



ekil 3. HM 300 Santrifüj Pompa Deney Seti [7]

ekil 4'teki Seri ve Paralel Pompa Deney Seti GUNT firması tarafından üretilmi olup iki pompa, tank, üç yollu vana, su sayacı, delikli levha, basınç göstergeleri, tork metre, borular ve kontrol kabininden oluşmaktadır.

Bu sette seri ve paralel pompa deneyleri yapılabilir. Pompa motorları do ru akım ile çalış tı ından hızları geni bir aralıkta de i tirilebilir. Motor milinin uzantısına ba lanabilen bir torkmetre yardımıyla moment ölçümü yapılabilir. Devir sayısı dijital takometre ile ölçülür.



ekil 4. HM330 Seri ve Paralel Pompa Deney Seti [7]

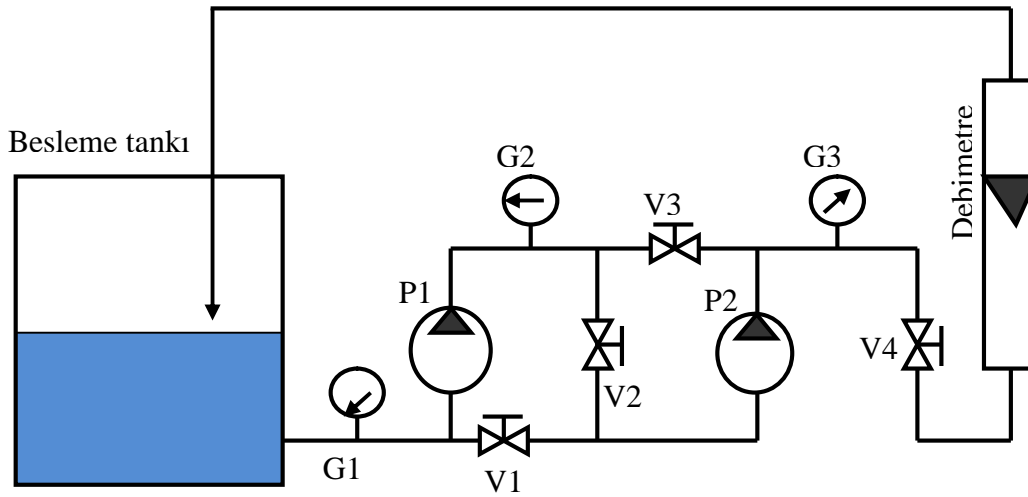
ekil 5'teki Çoklu Pompa Deney Seti yine GUNT firması tarafından üretilmi olup ileri seviye mühendislik e itimine yöneliktir. Bu test setinde ikisi santrifüj, biri pistonlu ve di eri rejeneratif (kar ılıklı türbinli) olmak üzere dört pompa mevcuttur. Pompa motorları do ru akımlı (DC) olup momentleri yarı iletken gerilimölçerler ile ölçülmektedir.



ekil 5. HM360 Çoklu pompa deney seti [7]

### 3. DENEY SET N N TASARIMI

Pompa deney setinin kaidesi alüminyum sigma profilden, panel kısımları ise elektrostatik boyalı sacdan imal edilmi tir. Göstergeler, debimetre ve elektrik panosu dikey pano kısmına yerle tirilmi tir. Yatay kısımda ise pompalar, vanalar ve besleme tankı yerle tirilmi tir. Deney setinde pompaların akımları, gerilimleri ve güç katsayıları ( $\cos\phi$ ) multimetre ile ölçülmektedir. Sette seri ba lantı için V1 ve V3 vanaları kapalı, V2 vanası ise kapalı konumda olmalıdır. Paralel ba lantı için V2 kapalı di erleri açık konumda olmalıdır. Tüm deneylerde basma yüksekli i V4 vanası ile de i tirilmektedir.



P: Pompa, G:Gösterge V:Vana

ekil 6. Tasarlanan pompa e itim setinin ematik gösterimi [8]



ekil 7. Pompa E itim Setinin montaj resmi [8]

## 4. POMPA KAVRAMLARI

### 4.1 Manometrik Yükseklik:

Birim a ırlıktaki sıvının pompa giri i ve çıkı ı arasındaki kazandı ı enerjiye manometrik yükseklik denir ve H ile gösterilir. Pompa giri i ve çıkı ı arasına ayrı birer manometre ba lanırsa aradaki basınç farkı bar veya kPa cinsinden manometrik yüksekli i verir. Bu de er  $p/\rho g$  formülünde yerine konularak metre cinsinden manometrik yükseklik bulunur. Bu enerji Bernoulli e itli inde yerine konursa:

$$h_1 + \underbrace{p_1/\rho g + v_1^2/2g + H}_{H_1} = h_2 + \underbrace{p_2/\rho g + v_2^2/2g}_{H_2} + H \quad (1)$$

$$H = H_2 - H_1 \quad [m] \quad \text{bulunur [9].}$$

#### 4.2 Özgül Hız:

Belli bir pompa çarkının 1 m basma yüksekli inde, 1 m<sup>3</sup>/s debi için gereken dakikadaki devir sayısına özgül hız denir. Özgül hız aynı zamanda pompa çarkının biçimini de belirler. Pratikte her pompa çark tipinin verimli çalı abilece i bir çalı ma bölgesi vardır. Bu bölgelerin seçimi, basınç ve debinin bile kesi olarak ifade edilen bir formül ile ifade edilir:

$$N_s = \frac{N\sqrt{V}}{H^{0.75}} \quad (3)$$

$N_s$ : Özgül hız [d/d]

$N$ : Devir sayısı [d/d]

$V$ : Hacimsel debi [l/s]

$H$ : Basma yüksekli i [m]

Özgül hız herhangi bir çalı ma noktasında hesaplanabilir, ancak kar ıla tırma için en yüksek verim noktası esas alınır. En yüksek verim noktasında tüm benzer çarklar aynı özgül hıza sahiptir.

#### 4.3 Emmedeki Net Pozitif Yükseklik (ENPY):

Pompa giri inde kovukla mayı önlemek için gereken minimum toplam emme yüksekli idir. Bu, pompa tasarımındaki bir fonksiyondur ve metre cinsinden deneysel olarak belirlenir. Bazı durumlarda kPa olarak da verilebilir [11].

$$ENPY = \frac{p_i}{\rho g} + \frac{V_i^2}{2g} - \frac{p_v}{\rho g} \quad (4)$$

#### 4.4 Güç ve Verim Hesaplamaları:

Hidrolik Güç: Herhangi bir pompanın hidrolik gücü; akı debisine, basma yüksekli ine ve akı kanın yo unlu una ba lı olarak a a ıdaki formülle hesaplanır:

$$P_h = \dot{m} g H \quad [W] \quad (5)$$

$\dot{m}$ : Akı kanın kütleli debisi ( $m=\rho V$ ) [kg/s]

$g$ : Yer çekimi ivmesi [9.81 m/s<sup>2</sup>]

$H$ : Basma yüksekli i (manometrik yükseklik) [m]

**Hacimsel verim:** Çark giri indeki vurutular, sıvının kanat yüzeylerine sürtünmesi ve kayna ma nedeniyle iç kayıplar olur. Daha açık ifade ile pompanın teorik debisi ile gerçek debisi arasında daima bir fark bulunur. te bu fark hacimsel (volümetrik) verim kavramını açıklamaktadır. Hacimsel verim:

$$\eta_v = V_g / V_t \quad [\%] \quad (6)$$

**Mekanik verim:** Pompa mili ile yataklar arasındaki sürtünmeler mekanik dı kayıpları olur. Mekanik verim, genel verimin hacimsel verime oranı ile bulunur:

$$\eta_m = \eta_g / \eta_v \quad [\%] \quad (7)$$

**Genel verim:** Hidrolik gücün, pompa milinden verilen motor giri gücüne oranı ile bulunur. Deneysel olarak bulunabilir. Pompa üreticileri, kataloglarda karakteristik e ri ile birlikte verim e rilerini de verirler. Dolayısıyla pompanın debisi ve basma yüksekli i bilirse o noktadaki verimi de kolayca bulunabilir [10]. Genel verim:

$$\eta = P_h / P \quad \text{veya} \quad \eta = \eta_v \eta_m \quad [\%] \quad (8)$$

## 5. POMPA DENEY SET NDE YAPILAB LECEK DENEYSSEL ÇALI MALAR

Tasarımı yapılan ve imal edilen deney setinde ön lisans seviyesinde a a ıdaki deneylerin yapılması planlanmıştır. Ancak bu deneylerin dı nda, ö rencilerin ve dersin seviyesine göre, daha ileri düzeyde birçok uygulama yapılabilir.

1. Tek pompa karakteristik e rilerinin çizilmesi
2. Özgül hız de erinin hesaplanması
3. Verim e risinin çizilmesi
4. ENPKY de erinin hesaplanması
5. Paralel ba lantılı pompaların karakteristik e risinin çizilmesi
6. Seri ba lantılı pompaların karakteristik e risinin çizilmesi
7. Sistem basıncının hesabı ve sistem e risinin çizilmesi

## 6. DENEY ÖRNE

Deneyin Adı: Tek pompa karakteristik e risinin (H-Q) çizilmesi

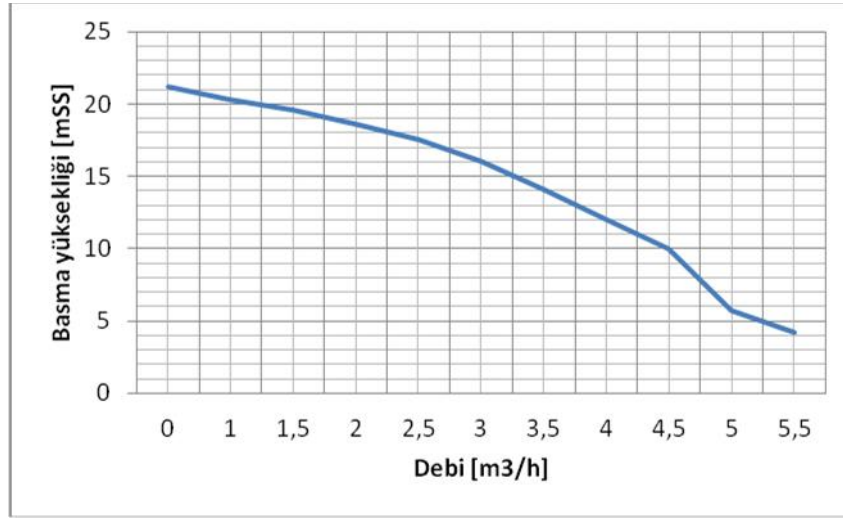
Deneyin Amacı: Santrifüj pompalar için kataloglardaki karakteristik e rilerin nasıl elde edildi ini kavramak.

lem Basamakları:

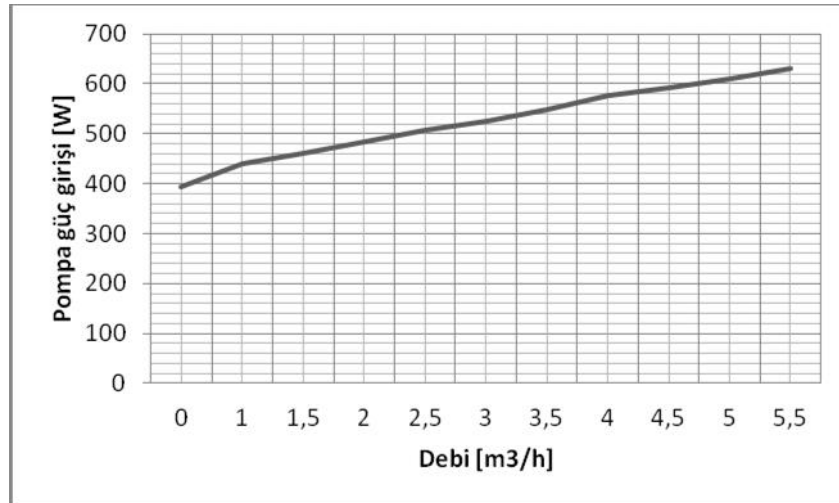
- 1) 1 ve 2 no'lu vanayı kapatın 3 no'lu vanayı açın.
- 2) 6 no'lu alter yardımıyla pompayı çalıştırın.
- 3) 4 no'lu vanayı, tam açık konumdan itibaren 0,2 bar'lık artı larla kapatmaya ba layın ve her defasında debiyi ölçün.
- 4) Sonuçları a a ıdaki gibi tabloya kaydedin.
- 5) Tablo sonuçlarını H-Q grafi ine aktarın.

Tablo 1. Deney-1 için ölçüm sonuçları

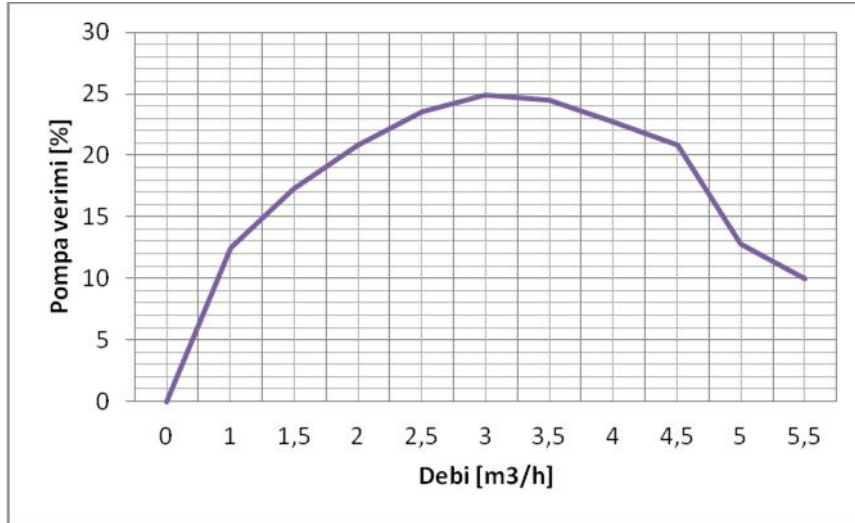
Debi [m <sup>3</sup> /h]	Basma Yüksekliği [m]	Hidrolik güç [W]	Gerilim [Volt]	Akım [A]	Güç katsayısı [Cos-Φ]	Pompa güç giri i [W]	Verim [%]
0	21,2	0	228	1,82	0,95	394	0
1,0	20,3	55	227	2,02	0,96	440	12,50
1,5	19,6	80	227	2,10	0,97	462	17,31
2,0	18,6	101	227	2,20	0,97	484	20,86
2,5	17,5	119	227	2,30	0,97	506	23,51
3,0	16,0	131	226	2,40	0,97	526	24,90
3,5	14,1	134	226	2,50	0,97	548	24,45
4,0	12,0	131	226	2,60	0,98	576	22,74
4,5	10,0	123	226	2,67	0,98	591	20,81
5,0	5,7	78	226	2,75	0,98	609	12,80
5,5	4,2	63	226	2,82	0,99	631	9,98



ekil 8. Tek pompanın karakteristik e risi (H-Q basma yüksekli i-debi de i imi)



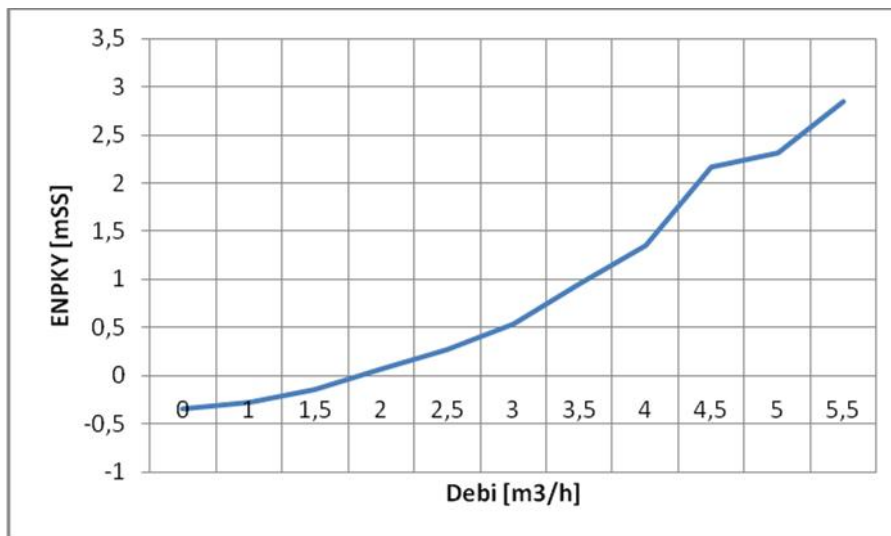
ekil 9. Pompa güç giri i ile debi ili kisi



ekil 10. Pompa verimi-debi ili kisi

Tablo 2. Deney-2 için ölçüm sonuçları

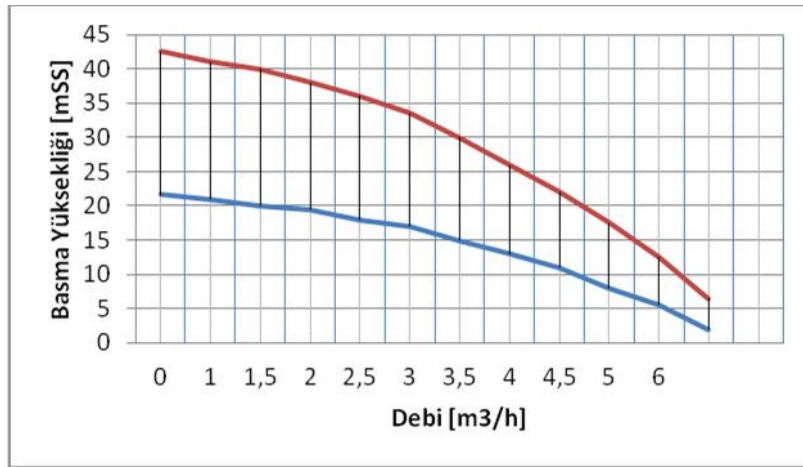
Basma Yüksekli i [m]	Debi [m³/h]	Emme basıncı [mm Hg]	Emme basıncı [kPa]	Buharla ma basıncı [kPa]	ENPKY [m]
21,2	0	0	0	26°C için 3,359 kPa	-0,342
20,3	1,0	5	0,66		-0,275
19,6	1,5	15	2		-0,138
18,6	2,0	30	4		0,065
17,5	2,5	45	6		0,269
16,0	3,0	65	8,66		0,540
14,1	3,5	95	12,66		0,948
12,0	4,0	125	16,66		1,355
10,0	4,5	185	24,66		2,171
5,7	5,0	195	26		2,307
4,2	5,5	235	31,33		2,851



ekil 11. ENPKY-debi ili kisi

Tablo 3. Seri pompa deney sonuçları

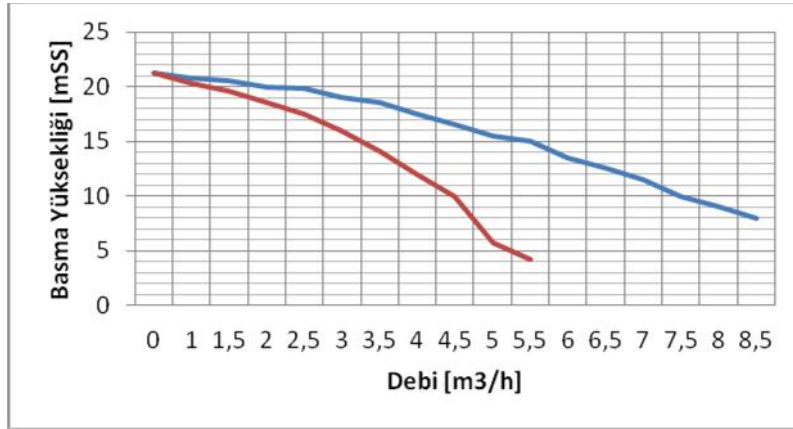
Emme	Basma-1	Basma-2	Debi	Akım-1	Akım-2	Gerilim	Cos- $\Phi$
0	21,6	42,5	0	1,87	1,64	231	0,92
05	21	41	1	2,04	1,82	231	0,95
15	20	40	1,5	2,12	1,90	231	0,96
30	19,5	38	2	2,22	2,00	231	0,96
40	18	36	2,5	2,30	2,05	231	0,97
70	17	33,5	3,0	2,40	2,15	231	0,98
95	15	30	3,5	2,49	2,25	231	0,98
125	13	26	4,0	2,57	2,32	232	0,98
160	11	22	4,5	2,64	2,40	233	0,98
195	8	17,5	5,0	2,70	2,45	233	0,98
235	5,5	12,5	5,5	2,76	2,52	233	0,98
285	2	6,5	6,0	2,80	2,57	232	0,98
300	0,5	5	6,2	2,80	2,57	232	0,98



ekil 12. Seri pompa deneyinde basma yüksekli i-debi ili kisi

Tablo 4. Paralel pompa deney sonuçları

Emme	Basma-1	Basma-2	Debi	Akım-1	Akım-2	Gerilim	Cos- $\Phi$
45	21,2	21,5	0	1,82	1,62	232	0,92
55	20,8	21,2	1	1,87	1,71	232	0,93
65	20,5	21,0	1,5	1,91	1,75	232	0,94
80	20,0	20,5	2	1,95	1,79	232	0,95
95	19,8	20,0	2,5	1,99	1,83	232	0,95
120	19,0	19,5	3,0	2,05	1,87	232	0,96
145	18,5	19,0	3,5	2,10	1,92	232	0,96
180	17,5	18,0	4,0	2,15	1,97	232	0,96
215	16,5	17,5	4,5	2,20	2,02	233	0,96
250	15,5	16,5	5,0	2,23	2,06	233	0,97
290	15,0	15,5	5,5	2,27	2,10	233	0,97
340	13,5	14,5	6,0	2,32	2,15	233	0,97
380	12,5	13,5	6,5	2,37	2,20	233	0,97
420	11,5	12,5	7,0	2,40	2,22	232	0,97
460	10,0	11,5	7,5	2,44	2,27	233	0,98
520	9,00	10,5	8,0	2,47	2,30	232	0,98
550	8,00	9,5	8,5	2,50	2,33	233	0,98



ekil 13. Paralel pompa deneyi için basma yüksekli i-debi ili kisi

## 7. SONUÇ VE ÖNER LER

Bilindi i gibi ülkemizde deney cihazları üretimi pek yapılmamakta bu tip deney cihazları Avrupa ülkelerinden ithal edilmektedir. thal edilen cihazlar hem pahalı olmakta ve hem de yedek parça ve servis konusunda ciddi problemler olu maktadır.

Bu çalı ma, daha önce de açıklandı ı gibi Meslek Yüksekokullarındaki Makine Programlarının Pompalar ve Kompresörler dersinde deneysel çalı malara imkân verecek ekilde müfredata uygun olarak tasarlanmı tır olup bu kapsamda yedi adet deney yapılması planlanmı tır.

Deney setinde kullanılan pompalar küçük kapasiteli ve çark formları geriye e imli olmayıp tam radyâl olması karakteristik e rileri etkilemi tir. Ayrıca debi ölçümünde rotametre yerine ev tipi su sayacının kullanılması debi ölçümünü zorla tırmı tır. Ayrıca transducer'ler yardımıyla bütün basınç ve debi ölçümleri elektronik hale getirilebilir. Bu eksikliklerin giderilmesi halinde geli tirilen model, ön lisans ve lisans düzeyindeki Makine Bölümleri için çok yararlı olaca ı inancındayız.

## KAYNAKLAR

- [1] Uluda Üniversitesi katalo u, 1998-1999.
- [2] Trakya Üniversitesi Katalo u, 1995.
- [3] Dokuz Eylül Üniversitesi Katalo u, 1996.
- [4] YÖK-DB Endüstriyel E itim Projesi Makine Programı Ö retim Dokümanı, 1996.
- [5] GÖKEL M, A.T., "Pompalar", Arpaz Matbaacılık stanbul 1976.
- [6] <http://www.tecquip.com> (20.04.2012 tarihinde eri ldi)
- [7] GUNT Geratebau GmbH P.O. Box 1125 D-22881 Barsbüttel Germany 1993.
- [8] T-415 Seri-Paralel Pompa Deney Föyleri, Deneysan E itim Cihazları San. Ve Tic. Ltd. ti.2011.
- [9] KINSKI, R., "Applied Fluid Mechanics", Mc Graw-Hill Book Company, Sydney 1992.
- [10] BULGURCU, H., "Enerji Makineleri, MEB Devlet Kitapları, No:12468, Ankara 2001.