



# ÜÇ KADEMELİ DALGIÇ POMPALARIN PERFORMANS EĞRİLERİNİN İNCELENMESİ

**Mustafa GÖLCÜ**

Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 20017-Çamlık/Denizli

Geliş Tarihi : 29.01.2002

## ÖZET

Uluslararası literatürde “Vertical Turbine Pump (VTP)” olarak adlandırılan pompalar seri pompa uygulaması olarak düşey çalışabilecek şekilde tasarlanmış pompalardır. Günümüzde “Derin Kuyu Pompaları (DKP)” olarak bahsedilen pompalar, yüzey kaynaklarının yetersiz olduğu bölgeler için dar ve derin kuyularda çalışabilme amaçlı geliştirilmiş pompalardır. Bu pompalardan verimli bir şekilde yararlanmak için kademe sayısının uygun seçilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada; yeni bir dalgıç pompa dizayn edilmiş, farklı kanat sayılarındaki ( $z = 3, 4, 5, 6, 7$ ) üç kademeli dalgıç pompaların performansları deneysel olarak incelenerek tek kademeli dalgıç pompaya göre en iyi verim noktasında (b. e. p.) verim artış oranları hesaplanmıştır.

**Anahtar Kelimeler** : Deep well pump, Stage number, Pump performance

## INVESTIGATION OF PERFORMANCE CURVES OF THREE STAGE DEEP WELL PUMPS

### ABSTRACT

In literature, pumps which are known as vertical turbine pump (VTP) have been designed to work vertically. Today, they are known as deep well pumps. These pumps are especially used in narrow and very deep wells where the surface sources are insufficient. Therefore, it is necessary to select suitable stage number to benefit from deep well pumps efficiently. In this study, a new deep well pump has been designed and the performances of three stage deep well pumps have been investigated experimentally using different number of blades. Efficiency increase ratio of these three stage deep well pumps has been determined at the best efficiency point with respect to single stage deep well pumps.

**Key Words** : Dalgıç pompa, Kademe sayısı, Pompa performansı

## 1. GİRİŞ

Birçok bölgelerde petrol gibi, yeraltında sıcak veya soğuk su kaynakları vardır. Bu suların yeryüzüne çıkarılması, gerekli derinlikte kuyular açılmak suretiyle, kuyu dibine indirilen pompalar yardımıyla gerçekleştirilir. Pompa seçiminde; su rezervi (yer altı suyu, kuyu, nehir yatağı, havuz vb), pompalanacak su miktarı, toplam emme yüksekliği ve toplam dinamik yükseklik göz önünde bulundurulması gerekli hususlardır (Scherer, 1993).

Bir santrifuj pompa deniz seviyesinde atmosferik koşullarda teorikte 10.33 m'den, pratikte ise yapılan dizayna göre yaklaşık 6-8 m derinlikten su emebildiği halde, derin kuyu pompalarında bu durum farklıdır. Kademe sayısına göre yaklaşık 400-500 m derinlikten suyu yeryüzüne çıkartabilir. Kuyunun derinliği yüzlerce metre olabilir. Yer altı suyunun bulunduğu derinliğe bağlı olarak en iyi verimi sağlayacak kademe sayısı hesaplanarak pompa hesabı yapılır. Sondaj makinalarıyla açılan bu kuyuların çapları pompa çapına bağlı olarak seçilir; elektrik motoruyla tahrik etme imkanı varsa,

elektrik motorunun şekli de pompa çapına uygun olarak seçilmiş olur.

2 çeşit derin kuyu pompası vardır.

- Dalgıç pompalar,
- Düşey milli pompalar.

Dalgıç pompalar genelde anma çaplarına göre 6", 8", 10" ve 14" 'lik dört seri halde imal edilirler. Dalgıç pompalar ile düşey milli pompalar arasındaki temel fark tahrik elemanının yerleştirildiği konumdur. Günümüzde en çok kullanılan tipi dalgıç pompalardır. Dalgıç pompa ünitesi çok kademeli santrifuj pompanın su altında çalışmaya uygun bir elektrik motoruna monte edilmesinden meydana gelmiştir. Pompa miline güç aktarımı özel olarak tasarlanmış, oluşabilecek aksiyal yükleri taşıyabilecek yapıda yataklara sahip, dalgıç motor aracılığı ile aşağıdan aktarılır. Elektrik enerjisi kolon sistemi boyunca yüzeyden sarkıtılan kablolarla iletilir. Pompa kısmı (kademeler) yukarıda, motor kısmı aşağıda olacak şekilde ve birbirlerine monte edilmiş olarak dik bir şekilde kuyuya indirilir. Bu nedenle bunlara "Dalgıç Pompa" denilir. Elektrik motoru su içerisinde çalıştığı için kullanılan elektrik kabloları suya karşı yalıtılmış özel olarak imal edilmiş kablolardır. Düşey milli pompalarda ise pompa miline güç aktarımı kuyu başından-yukarıdan sağlanır. Burada motor yeryüzündedir, pompa ise yeryüzünden aşağıya istenilen seviyeye kadar indirilebilir (Güneş ve Konuralp, 1998). Elektrik motoru yeryüzünde olduğu için buna kuru motorlu pompa da denir. Tahrik elemanı elektrik motorunun dışında bir içten yanmalı motor da olabilir. Dalgıç pompalar ile düşey milli pompalar arasındaki genel karşılaştırmalar Culver and Rafferty, (2000)'de verilmiştir.

Son on yılda düşük özgül hızlı santrifuj pompalar üzerine çeşitli araştırmalar yapılmış ve birtakım hidrolik modeller yapılmıştır (Shouqi, 1997). Fakat normalden daha büyük debide ve daha düşük basma yüksekliğinde çalışan düşük özgül hızlı santrifuj pompalarda motorun sık sık aşırı yüklenmesinden dolayı motor yanabilir. Santrifuj pompalarda debi ile efektif güç artmaktadır. Bu dalgıç pompalarda daha da önemlidir (Shouqi et al., 1992; 1995). Çünkü kuyudaki su seviyesinin mevsimlere bağlı olarak değişmesinden dolayı dalgıç pompaların çalışma noktası sık sık değişmektedir. Kullanıcılar güvenlik veya emniyeti düşünerek kuyudaki su seviyesi zamanla değiştiğinden, gereğinden daha büyük basma yüksekliğinde çalışan pompa seçerler. Çin'deki istatistiki datalar (Shouqi, 1997); her yıl piyasaya sürülen yaklaşık 1.000.000 adet küçük çaptaki dalgıç pompaların % 70'inin düşük özgül hızlı pompalar

olduğunu göstermiştir. Bunun 420.000 adeti normalde aşan debide çalıştırılan pompalardır. Yani daha yüksek debide çalıştırılmaktadırlar. Diğer % 20'si ise normalden aşırı derecede büyük debide çalıştırılmaktadırlar. İstatistiksel veriler; tamir için gelen dalgıç pompaların % 70'inin aşırı yüklenmeden dolayı arızalandığını göstermektedir. Genel olarak pompalara takılacak motorların maksimum güç dikkate alınarak tasarlanması gerekmektedir. Sıradan tarımsal uygulamalarda kısma vanaları otomatik olmayıp elle yapılmaktadır. Bununla birlikte Çin'de yaklaşık bütün küçük dalgıç pompaların kısma vanaları yoktur. Genel tarımsal uygulamalarda kullanılan pompalarda eğriler üzerindeki çalışma noktasını bilmek genelde imkansızdır. Bundan dolayı motor-pompa setinin en kötü çalışma şartlarında çalışabilecek kapasitede olması gereklidir.

Dalgıç pompalarda; pompa kademeli olarak yapıldığından, kademe sayısını göstermek üzere, tek bir kademeden sağlayacağı basma yüksekliği,  $H_{mi} = H_{mT} / i$  şeklindedir.

$Q_i$  adet kademeli dalgıç pompanın bastığı debiyi,  $Q_0$  ise tek kademeli bir dalgıç pompanın bastığı debiyi göstermek üzere,  $Q > Q_0$  olur ve kademe sayısı arttığında debi yükselmiş olur. Pompa çarkı için  $n_s$  özgül hızda yükselir. Böylelikle verimde de bir artış sağlanmış olur. Fakat burada dikkat edilmesi gereken husus en iyi verimi sağlayacak kademe sayısını tespit etmektir. Örneğin, saatte 18 ton ve 80m'ye 2850 d/d'da basacak pompa için kademe sayısı  $i = 4$  seçildiğinde  $\eta_g = 0.64$ ,  $i = 5$  seçildiğinde ise  $\eta_g = 0.65$  değerini alır. Bu yüzden verimi iyileştirmek için kademe sayısını daha fazla arttırmaya gerek yoktur (Yalçın, 1998).

Bu çalışmada; 5 farklı kanat sayısına sahip ( $z = 3, 4, 5, 6, 7$ ) dalgıç pompa çarkları ile üç kademede toplam 15 adet dalgıç pompa çarkları kullanılmış olup, tek kademeli dalgıç pompaya göre verim artış oranları hesaplanmıştır.

## 2. DENEY ELEMANLARI

### 2. 1. Deneyde Kullanılan Dalgıç Pompa ve Çarkları

Deneylerde kullanılmak üzere yeni bir dalgıç pompa tasarımı yapılmış olup (Gölçü, 2001), dalgıç pompaya ait tasarım noktası değerleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Dalgıç Pompa Tasarım Noktası Değerleri

Q	36	m <sup>3</sup> /h	D <sub>0</sub>	Ø 78	mm	β <sub>1</sub>	15 <sup>0</sup>	-	λ <sub>1</sub>	0.656	-
H <sub>m</sub>	13	mss	D <sub>1</sub>	Ø 72	mm	β <sub>1K</sub>	18 <sup>0</sup>	-	λ <sub>2</sub>	0.776	-
n	2850	d/d	D <sub>1i</sub>	Ø 62	mm	β <sub>2</sub>	11 <sup>0</sup>	-	b <sub>1</sub>	25	mm
d <sub>mil</sub>	Ø20	mm	D <sub>1d</sub>	Ø 82	mm	β <sub>2K</sub>	15 <sup>0</sup>	-	b <sub>2</sub>	14	mm
d <sub>göb</sub>	Ø30	mm	D <sub>2</sub>	Ø 132	mm	z	6	-	e	4	mm

5 ayrı kanat sayısına sahip (z = 3, 4, 5, 6, 7) üç kademede toplam 15 adet dalgıç pompa çarkları ile deneyler yapılmıştır. Tek ve üç kademe için nominal

değerde dalgıç pompa özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Tek ve Üç Kademeli Dalgıç Pompa Gösterimi

8045/1+ 4 - 4		8045/3+GP6-10	
Pompa çapı	8"	Pompa çapı (inç)	8"
Debi (ton/h)	45	Debi (ton/h)	45
Kademe sayısı	1	Kademe sayısı	3
Elk. Motor tipi-çapı	4"	Elk. Motor tipi-çapı (Özel olarak imal edildi).	6" GP
Motor gücü (kW)	3	Motor gücü (kW)	7

## 2. 2. Deneyde Kullanılan Dalgıç Motoru

Tek kademede yapılan deneylerde 3 kW gücünde trifaze dalgıç motoru kullanılmış olup üç kademede

yapılan deneylerde ise 7 kW gücünde trifaze bir dalgıç motoru kullanılmıştır. 3 kW ve 7 kW gücündeki dalgıç motoru elektriksel verileri Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Deneyde Kullanılan Dalgıç Motoru Elektriksel Verileri

Motor			Boşta			Tam yükte			Motor verimi
Tip	Çap	Güç (kW)	U (Volt)	I (Amper)	Cosφ	U (Volt)	I (Amper)	Cosφ	(%)
GP6 (özel imalat)	6"	7	380	11.9	0.29	380	17.4	0.75	80
Dalgıç Mot.	4"	3	380	4.3	0.26	380	6.2	0.72	74

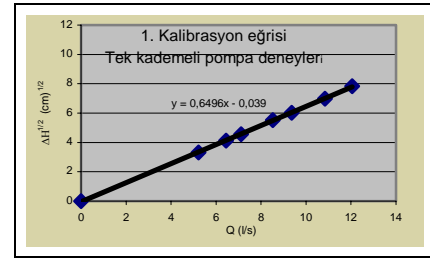
## 2. 3. Debi Ölçümü

Dalgıç pompa deney standında debi orifis metre ile tespit edilmiştir (Anon., 1975; Pancar, 1987; Genceli, 1995).

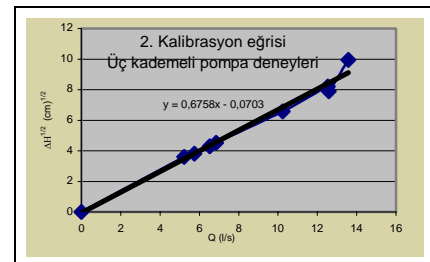
### 2. 3. 1. Debi Ölçümü İçin Gerekli Kalibrasyon

Dalgıç pompa deney standında debi ölçmek için orifis metre kullanıldığından (kesit daralması olduğu için) bir debi katsayısının belirlenmesi gereklidir. Tek kademe ve üç kademe için ayrı ayrı kalibrasyon yapılmış ve elde edilen deneysel verilerin girdisi yapılarak bu noktalardan geçen en iyi kalibrasyon eğrileri (Şekil 1 ve Şekil 2) excel programında hazırlanmıştır.

Şekil 1 ve Şekil 2'den de görüleceği üzere doğrunun eğimi debi katsayısını verecektir. Buna göre C<sub>1</sub> = 0.6496 C<sub>2</sub> = 0.6758 değerini alır.



Şekil 1. Dalgıç pompa 1. kalibrasyon eğrisi



Şekil 2. Dalgıç pompa 2. kalibrasyon eğrisi

## 2. 3. 2.Veriler

Basma borusu çapı	d	: 4" = 101.6	mm
Basma borusu kesit alanı	a <sub>1</sub>	: 0.0081	m <sup>2</sup>
Orifis metre çapı	d <sub>0</sub>	: 3" = 76.2	mm
Orifis metre kesit alanı	a <sub>0</sub>	: 0.00456	m <sup>2</sup>

## 2. 3. 3. Analiz

Kesit alanları ölçüm katsayısı S olarak gösterilirse ;

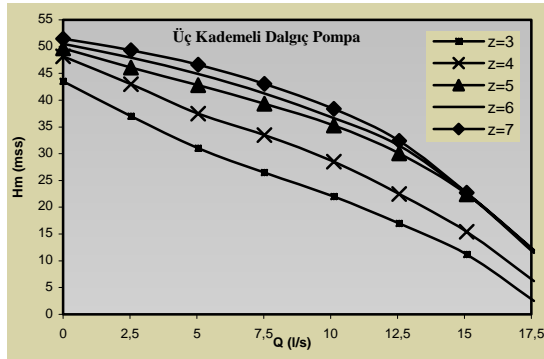
$$S = \frac{a_0 \cdot a_1}{\sqrt{(a_1^2 - a_0^2)}} \quad (1)$$

ifadesinden S = 0.0055 bulunur.

Gerçek debi denklemi :

$$Q = C \cdot S \cdot \sqrt{2g \cdot \Delta H} \quad (2)$$

şeklinde olup, değerler yerine konulduğunda ΔH, orifis metrede oluşan statik basınç farkını metre cinsinden göstermek üzere gerçek debi değeri hesaplanmış olur (Lomax and Saul, 1979).



Şekil 3. Farklı kanat sayılarında üç kademeli dalgıç pompanın debi-yük karakteristiği

## 2. 4. Basınç Ölçümü

Çıkışta basma borusu üzerinde küresel vanadan önce konan manometre (mss) ile ölçüm yapılmıştır. Manometrelerdeki titreşimi önlemek için titreşim kırıcı kullanılmıştır

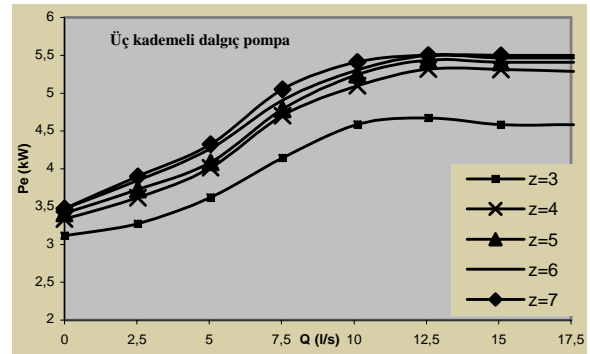
## 2. 5. Güç Ölçümü

Yapılan her deneyde kullanılan elektrik motorunun 3 fazda akım şiddeti (amp), gerilim (volt) ve cosφ değerleri ölçülmüş ve hesaplamalarda devir sayısının sabit kaldığı (2850 d/d) kabulü yapılmıştır.

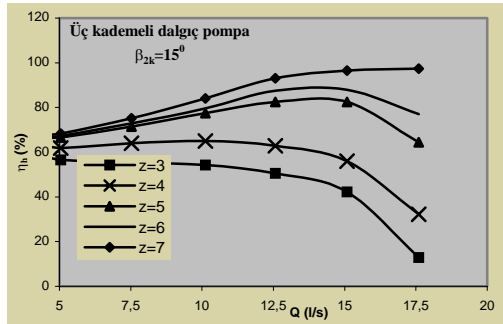
## 3. YAPILAN DENEYLER VE SONUÇLARI

### 3. 1. Üç Kademeli Dalgıç Pompa Çarkları ile Yapılan Deneyler

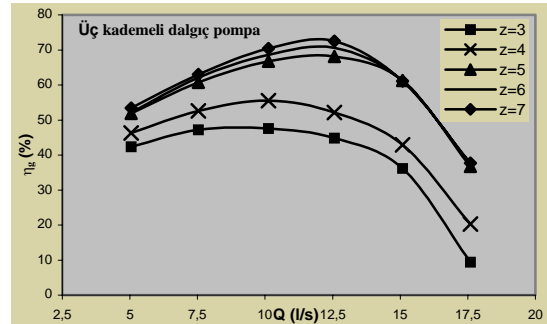
z = 3, 4, 5, 6, 7 kanat sayılarına sahip dalgıç pompa çarkları kullanılarak; üç kademede yapılan deney grafikleri Şekil 3, 4, 5, ve 6'da verilmiştir.



Şekil 4. Farklı kanat sayılarında üç kademeli Dalgıç pompanın Pe = f (Q) karakteristiği



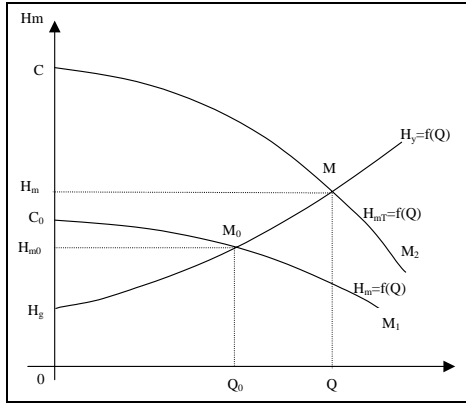
Şekil 5. Farklı kanat sayılarında üç kademeli dalgıç pompanın η<sub>h</sub> = f (Q) karakteristiği



Şekil 6. Farklı kanat sayılarında üç kademeli dalgıç pompanın η<sub>g</sub> = f (Q) karakteristiği

### 3. 2. Farklı Kanat Sayılarında Üç Kademeli Dalgıç Pompanın Tek Kademeli Dalgıç Pompaya göre Verim Artış Oranları

Kademeli dalgıç pompalar i adet aynı özellikteki çarkların aynı mil üzerinde seri olarak bağlanmış şeklindedir. Çarkları birbirinin tamamen aynı, i adet seri kademeli pompa göz önüne alındığında (Şekil 7); bir kademelin  $H_{mi} = f(Q)$  karakteristik eğrisi ( $C_0, M_1$ ) eğrisi olsun. Pompanın toplam  $H_{mT} = f(Q)$  karakteristik eğrisi ise, ( $C, M_2$ ) ise,  $H_y = f(Q)$  yük eğrisinin, tek çark için çizilen ( $C_0, M_1$ ) eğrisini kestiği nokta  $M_0 = (Q_0, H_{m0})$ 'dır;  $M_0$  çalışma noktasıdır. Yük eğrisinin ( $C, M_2$ ) eğrisini kestiği nokta  $M = (Q, H_m)$ 'dir;  $M$  çalışma noktasıdır. Sonuç olarak (i) adet seri çark kullanıldığında, debi,  $Q > Q_0$  olup artık her çarktan  $Q$  debisi geçer.



Şekil 7. Seri bağlı eş iki pompanın debi-yük karakteristiği

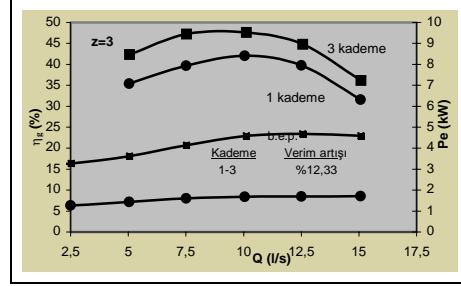
Üç kademeli dalgıç pompa çarkları ile yapılan deneylerden, tek kademeliye göre güçte yaklaşık 3 kat bir artış görülmüştür.  $z = 3, 4, 5, 6, 7$  kanat sayılarında tek ve üç kademede deney grafikleri Şekil 8, 9, 10, 11 ve 12'de gösterilmiş olup, tek kademeli dalgıç pompaya göre en iyi verim noktasında (b. e. p.) verim artış oranları;

- $z = 3$  kanat sayısında; % 12.33,
- $z = 4$  kanat sayısında; % 8.99,
- $z = 5$  kanat sayısında; % 16.72,
- $z = 6$  kanat sayısında; % 18.00,
- $z = 7$  kanat sayısında; % 19.80,

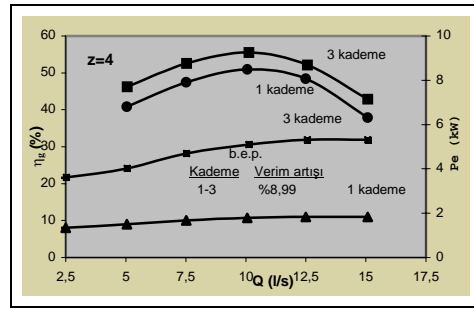
şeklinde elde edilmiştir.

Buna göre; düşük kanat sayılarında ( $z = 3, 4$ ) üç kademeli dalgıç pompanın tek kademeli dalgıç pompaya göre en fazla verim artışı % 12.33 ile  $z = 3$  kanat sayısında gerçekleşmiş olup, büyük kanat sayılarında yapılan deneylerde ise ( $z = 5, 6, 7$ ); üç kademeli dalgıç pompanın tek kademeli dalgıç

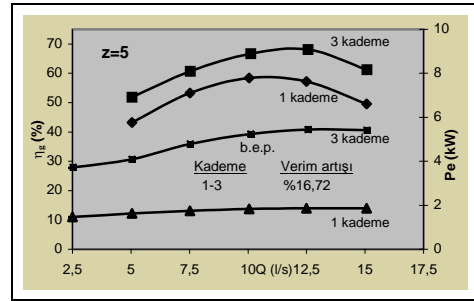
pompaya göre en fazla verim artışı % 19.8 ile  $z = 7$  kanat sayısında gerçekleşmiştir.



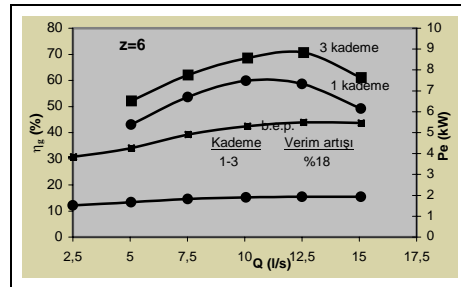
Şekil 8. Tek kademeli ve üç kademeli dalgıç pompaların performans karakteristiklerinin karşılaştırılması ( $z = 3$ )



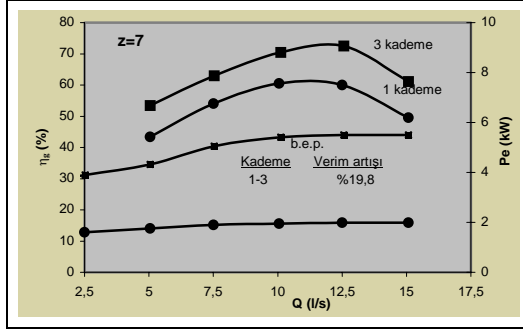
Şekil 9. Tek kademeli ve üç kademeli dalgıç pompaların performans karakteristiklerinin karşılaştırılması ( $z = 4$ )



Şekil 10. Tek kademeli ve üç kademeli dalgıç pompaların performans karakteristiklerinin karşılaştırılması ( $z = 5$ )



Şekil 11. Tek kademeli ve üç kademeli dalgıç pompaların performans karakteristiklerinin karşılaştırılması ( $z = 6$ )



Şekil 12. Tek kademeli ve üç kademeli dalgıç pompaların performans karakteristiklerinin karşılaştırılması (z = 7)

#### 4. SEMBOLLER

- $a_0$  : Orifis metre kesit alanı ( $m^2$ )  
 $a_1$  : Basma borusu kesit alanı ( $m^2$ )  
 $b_1$  : Kanat giriş genişliği (mm)  
 $b_2$  : Kanat çıkış genişliği (mm)  
 $C$  : Debi katsayısı  
 $d$  : Basma borusu çapı (mm)  
 $d_0$  : Orifis metre çapı (mm)  
 $D_0$  : Çark emme ağzı çapı (mm)  
 $D_1$  : Çark giriş ortalama çapı (mm)  
 $D_{1d}$  : Çark kanadının çıkış kenarı ortalama çapı (mm)  
 $D_{1i}$  : Çark kanadının giriş kenarı ortalama çapı (mm)  
 $D_2$  : Çark çıkış çapı (mm)  
 $d_{göb}$  : Göbek çapı (mm)  
 $d_{mil}$  : Mil çapı (mm)  
 $e$  : Kanat kalınlığı (mm)  
 $H_m$  : Pompanın man. basma yüksekliği (mss)  
 $i$  : Kademe sayısı  
 $n$  : Devir sayısı (d/d)  
 $P_e$  : Pompanın efektif gücü (kW)  
 $Q$  : Pompanın bastığı debi (l/s)  
 $S$  : Kesit alanları ölçüm katsayısı  
 $z$  : Kanat sayısı  
 $\beta_1$  : Akışkan giriş açısı  
 $\beta_{1K}$  : Kanat giriş açısı  
 $\beta_2$  : Akışkan çıkış açısı  
 $\beta_{2K}$  : Kanat çıkış açısı  
 $\Delta H$  : Orifis metrede oluşan statik basınç farkı (mss)  
 $\eta_g$  : Genel verim  
 $\eta_h$  : Hidrolik verim  
 $\lambda_1$  : Giriş daralma katsayısı  
 $\lambda_2$  : Çıkış daralma katsayısı

#### 5. TEŞEKKÜR

Araştırmanın deneysel çalışmalarını yapmada bize işletmesinin imkanlarını kullandıran Gürel Pompa'ya yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

#### 6. KAYNAKLAR

Anonim, 1975. Türk Standartları, TS 1423 Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Culver, G. and Rafferty, K. D. 2000. Well Pumps, Report, Geo- Heat Center.

Genceli, Osman, F. 1995. Ölçme Tekniği, s, 171, 182, 183, Birsen Yayınevi, İstanbul.

Gölçü, M. 2001. "Dalgıç Pompalarda Çarka Ara Kanatçık İlavesinin Verime Etkisinin Analizi", Pamukkale Ün. Fen Bil. Enst., Denizli.

Güneş M. T. ve Konuralp, O. 1998. Dik Türbin Pompaların Testleri ve Kabul Kriterleri, 3. Pompa Kongresi, p 16-22, İ.T.Ü., İstanbul.

Lomax, W. R. and Saul, A. J. 1979. Laboratory Work In Hydraulics, Granada Publishing, Ltd.

Pancar, Y. 1987. Hidrolik Laboratuvar DeneYleri, s. 122, Anadolu Ün. Müh. Mim. Fak., Eskişehir.

Scherer, T. F. 1993. Irrigation Water Pumps, AE-1057 Report, North Dakota State Un., NDSU Extension Service

Shouqi, Y. 1997. Advances in Hydraulic Design of Centrifugal Pumps, ASME, Fluid Engineering Division. Summer Meeting, p 1-15, Vancouver, British Col., Canada

Shouqi, Y., Can, W., and Li, S. 1992. Theory and Design Method of Non-Overload Centrifugal Pumps, Chinese Journal of Mechanical Engineering, v 5, n 4, p 253-260

Shouqi, Y., Shude, J., and Wei, H. 1995. Performance Characteristics and Viscous Flow Analysis of Centrifugal Pumps, Chinese Journal of Mechanical Engineering, 8 (1), 75-81.

Yalçın, K. 1998. "Hacimsel ve Santrifuj Pompalar", Çağlayan Kitabevi, İstanbul.