



ULUSLARARASI 3B YAZICI TEKNOLOJİLERİ  
VE DİJİTAL ENDÜSTRİ DERGİSİ

INTERNATIONAL JOURNAL OF 3D PRINTING  
TECHNOLOGIES AND DIGITAL INDUSTRY

ISSN:2602-3350 (Online)

URL: <https://dergipark.org.tr/ij3dptdi>

# DIŞ ÇEPERLİ ARŞİMET POMPANIN MONTAJ EĞİMİNE GÖRE KOVA HACMİ PERFORMANSININ İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF THE BUCKET VOLUME  
PERFORMANCE OF THE OUTER WALLED  
ARCHIMEDEAN PUMP ACCORDING TO THE  
MOUNTING ANGLE

Yazarlar (Authors): Fatih UYSAL , Zebo AKPARALİEVA 

**Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article):** Uysal F., Akparalieva Z., "Dış Çeperli Arşimet Pompanın Montaj Eğimine Göre Kova Hacmi Performansının İncelenmesi" *Int. J. of 3D Printing Tech. Dig. Ind.*, 8(2): 225-236, (2024).

DOI: 10.46519/ij3dptdi.1469903

Araştırma Makale/ Research Article

Erişim Linki: (To link to this article): <https://dergipark.org.tr/en/pub/ij3dptdi/archive>

# DIŞ ÇEPERLİ ARŞİMET POMPANIN MONTAJ EĞİMİNE GÖRE KOVA HACMİ PERFORMANSININ İNCELENMESİ

Fatih UYSAL <sup>a</sup>, Zebo AKPARALİEVA <sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, TÜRKİYE

<sup>b</sup> FADA Mühendislik ve Makine Sanayi ve Ticaret A.Ş., TÜRKİYE

\*Sorumlu Yazar: [fatihuysal@subu.edu.tr](mailto:fatihuysal@subu.edu.tr)

(Geliş/Received: 17.04.2024; Düzeltme/Revised: 15.06.2024; Kabul/Accepted: 23.07.2024)

## ÖZ

Su, insan hayatının vazgeçilmezli olup yerleşim yerlerinde temiz suyun temini ve atık suyun uzaklaştırılması zorunlu ihtiyaçtır. Bu zorunlu ihtiyaç gelişen teknoloji ile birlikte farklı yöntemlerle karşılanmaktadır. Arşimet pompalar da su temini ve atık suyun uzaklaştırılmasında kullanılan en eski akım makineleridir. Bu çalışmada Klasik Arşimet Pompa'ya alternatif olarak geliştirilmiş olan Dış Çeperli Arşimet pompanın performansı ve kova doldurma performansı incelenmiştir. Tasarımı yapılan dış çeperli Arşimet pompanın basma yüksekliği 6 metre, basma açısı 30° olacak gerçek boyutlarının 1/20 ölçeği referans alınarak tasarlanmıştır. Tasarımın farklı basma açılarındaki performansını değerlendirmek için 20°, 30°, 40° basma açılarındaki analizler ve deneyler yapılmıştır. Hesaplama ile elde edilen kova hacimleri geometrik analiz ile elde edilen hacimlerinden %15 daha büyüktür. Ancak deneysel olarak elde edilen kova hacimleri hesaplama ile elde edilen hacimlerin azami %37'sine karşılık gelmektedir. Bu durum dış çeperli Arşimet pompa tasarımında memba tarafının suya batma miktarının kova doldurma oranını doğrudan etkilediğini göstermektedir. Ayrıca kova hacmi hesaplamalarında CAD modeli üzerinden yapılan hacimsel analizler Arşimet pompaların kova hacimlerini daha net bir şekilde hesaplayabilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Arşimet Pompa, Pompa Verimi, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD), Pompa Performansı, Vidalı Pompa.

## INVESTIGATION OF THE BUCKET VOLUME PERFORMANCE OF THE OUTER WALLED ARCHIMEDEAN PUMP ACCORDING TO THE MOUNTING ANGLE

### ABSTRACT

Water is indispensable for human life and supply of clean water and removal of waste water in settlements is a compulsory need. This compulsory need is met by different methods with the developing technology. Archimedes pumps are the oldest current machines used in water supply and waste water removal. In this study, the performance and bucket filling performance of the outer wall Archimedes pump, which has been developed as an alternative to the classical Archimedes pump, has been investigated. The design of the outer wall Archimedes pump with a head of 6 m and a discharge angle of 30° is based on 1/20 scale of the actual dimensions. In order to evaluate the performance of the design at different discharge angles, analyses and experiments were performed at 20°, 30°, 40° discharge angles. The bucket volumes obtained by calculation are 15% larger than the volumes obtained by geometrical analysis. However, the experimentally obtained bucket volumes correspond to a maximum of 37% of the volumes obtained by calculation. This shows that the amount of submergence of the upstream side in the outer wall Archimedes pump design directly affects the bucket filling rate. In addition, volumetric analyses made on the CAD model in bucket volume calculations can calculate the bucket volumes of Archimedes pumps more clearly.

**Keywords:** Archimedes Pump, Pump Efficiency, CFD (Computational Fluid Dynamics) Analysis, Pump Performance, Screw Pump.

## 1. GİRİŞ

Arşimet pompaları, Arşimet tarafından Antik Yunan döneminde keşfedilen ve suyu yukarıya doğru taşımak için kullanılan basit makineler olup dairesel bir tüp içinde dönen bir vida veya helisel pervane ile çalışan hacimsel pompalardır [1]. Klasik arşimet pompa (KAP), bir silindirik üzerine sarılan helislerin yarım dairesel bir yuva içersine yerleştirilerek iki ucundan yataklanması ile oluşturulur (Şekil 1). Ayrıca arşimet pompaları antik dönemden günümüze içmesuyu temininde, zirai sulama işlerinde, atık suların yerleşim yerlerinden uzaklaştırılmasında, maden ocaklarından su tahliyesinde vb. işlerde kullanılmıştır ve kullanımı devam etmektedir [2]. Arşimet vidaları su pompalamasının haricinde taneli katıların taşınmasında [3], kara araçları tahrikinde [4], kan pompalamada [5] vb. işlerde de kullanılmaktadır.



Şekil 1. Klasik Arşimet pompa.

Arşimet pompaların tasarımında kullanılan helis sayısı ve montaj eğim açısı, pompa

verimine doğrudan etkili olup optimize edilmesi gereklidir [6]. Klasik Arşimet pompalarındaki helezon ile yatak arasındaki zorunlu boşluktan kaynaklanan hidrolik kayıpların analizi ve hesaplaması zor bir problemdir [7-8]. Ayrıca pompanın giriş ve çıkış kısımlarındaki su seviyesi de verimi doğrudan etkilemektedir [9]. Giriş su seviyesinin artışı verimi artırırken çıkış seviyesinin minimumda olması gerekir [10-11]. Giriş suyu seviyesi kova hacmi doldurma miktarını etkilediği için Arşimet pompa verimini de doğrudan etkilemektedir [12]. Giriş suyu seviyesi belli bir değeri aşarsa Arşimet pompa veriminin düşmesine sebep olmaktadır [13]. Arşimet vidalı türbinlerde devir artarken moment ve verim düşmekte, debi artarken moment azalmaktadır. Debi artışına bağlı olarak mekanik verim klasik pompalar ile benzer şekilde debi arttıkça artan ve belli devirden sonraya azalmaya başlayan bir parabol oluşturmaktadır [14].

Günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte santrifüj pompaların kullanımı artsa da Arşimet pompaların pompa ve türbin olarak kullanımı az düşümlü yüksek debili yerlerde yaygın şekilde devam etmektedir. Ovalardaki yerleşimlerde 160 cm derinlikten inşaatına başlanan kanalizasyon hatları 6 m derinliğe ulaştığı zaman üretimleri ekonomik olmaktan çıkmaktadır. Bu durumda kurulan terfi istasyonları ile kanalizasyon suyu tekrar 160 cm derinliğe çıkartılarak kanalizasyon inşaatına devam edilmektedir. Bu terfi merkezlerinde verimleri kısmen düşük olsa da atık su içindeki yabancı cisimleri taşıma kabiliyetleri ve suyu havalandırma yeteneklerinden dolayı Arşimet Pompalar yaygın şekilde kullanılmaya devam etmektedir. Atık su içerisindeki yabancı cisimler yüksek devirlerde çalışan aksenal ve santrifüj pompaların millerine sarılarak arızalara sebep olmaktadır. Düşük devirleri ve geniş geçiş yolları ile dere üzerinde yüksek setler gerektirmeden kurulumu yapılabilen Arşimet pompalar, balık geçişlerine müsaade eden çevreci özellikleri ile de ön plana çıkmaktadır [15].

Montaj eğim açısı, Arşimet pompaların verimine etki eden önemli bir parametredir. Bu konuda yapılan literatür araştırmaları, araştırmacıların Arşimet pompalarının verimlerini artırmak için montaj eğim açısını optimize etme ihtiyacını vurgulamaktadır

[6,16]. Farklı montaj eğim açıları için pompaların verimlerini belirlemek amacıyla yapılan deneysel çalışmalar belirli bir montaj eğim açısının, Arşimet pompaların ve türbinlerin hidrolik verimini etkileyerek su taşıma kapasitesini ve enerji tüketimini değiştirdiğini göstermektedir [7-8,10,17-18]. Arşimet pompalarında kullanılan günümüz yataklama sistemleri maliyet, kullanım ömrü ve çevre açısından sorun teşkil etmektedir. Pompanın yataklama sorunu vidayı aşağıdan yataklayan yapının suyun içinde kalmasıdır. Gres beslemeli kaymalı yatak veya konik makaralı rulman kullanılan yataklar suyun içinde çalışmak zorunda olduğunda sızdırmazlığın uzun süre sağlanamaması problem oluşturmaktadır. Su zamanla yatağın kaymasını sağlayan yağ filmini deforme eder ve sürtünmeleri artırır. Bu da sürtünmelerin artmasına müteakip tahrik motorunun zorlanmasına ve yatak sarması gibi problemlerin oluşmasına sebep olur. Bu durumlar bakım maliyetlerini büyük ölçüde artırır (Şekil 2).



Şekil 2. Arşimet pompanın yataklama probleminden dolayı kırılan alt yatak flanşı.

Bu çalışmada, Arşimet pompalarındaki (veya türbinlerindeki) yataklama sorununa çözüm olarak vida çeperi dıştan kapatılarak çeper dışından makaralı yataklı bir Arşimet Pompa tasarlanmıştır. Tasarlanan sistemde hesaplanan kova hacimlerinin doluluk oranları ANSYS FLUENT programı ile analiz edilmiş ve deneysel olarak incelenmiş, tasarımın kova hacmi katı model programı ile geometrik olarak ölçülmüş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

## 2. MATERYAL ve METOD

### 2.1. Model Tasarımı

Arşimet pompaları, az düşü ve yüksek debi için tasarlanan hacimsel pompalar olduğu için büyük gövdeye ve çok geniş montaj alanına sahiptir. Bu yüzden üretim süreçlerinde işlenebilmeleri büyük tezgahlar gerektirmektedir. Büyük tezgahlardaki işleme zorluğu ve toleranslardaki artıştan dolayı KAP'ın sabit silindirik gövdesi ile helis kanatları arasındaki boşluklar artmakta ve dolayısı ile hidrolik verimi azalmaktadır. Ayrıca helis, vidanın sadece alt ve üst taraflardan yataklanma zorunluluğu, su içinde kalan yatağın işletme zorluğunu ve maliyetlerini de arttırmaktadır. Alt yatağın aşırı kirliliğe maruz kalmaması için yatak kotunun aşağıya düşürülememesinden dolayı da memba kotu da aşağıya düşürülememektedir. Bu durum özellikle kanalizasyon terfi merkezlerinde kullanılan KAP'lardan dolayı su kotunun kanal içinde belli bir seviyede bırakılmasını zorunlu hale getirmektedir. Bu durum kanalizasyon hatları içindeki teresubat birikimini arttırmaktadır. Yapılan çalışmada bu olumsuzlukların önüne geçebilecek farklı bir tasarım olan Dış Çeperli Arşimet Pompanın (DAP) eğime bağlı verimi ve kova hacmi performansı (KHP) incelenmiştir. Bu sistemin avantajlarını şu şekilde sıralanabilir;

1. Yataklarda kullanılan yağ suya karışmaz, çevreyi kirlilemez
2. Yataklar suyun altında çalışmadığı için kullanım ömürleri daha uzun ve periyodik bakım maliyetleri daha düşüktür.
3. Pompanın yatağa monte ve demonte işlemi daha basittir.
4. Pompanın mil tasarımı daha sade şekilde yapılabilmektedir. Pompa dış çeperler üzerinden yataklanabilmektedir.
5. Dış çeperler ile helis arasında boşluk oluşmadığı için hidrolik verim artar.
6. Alt yatak su içinde kalmadığı için memba tarafındaki su seviyesi aşağıya düşürülerek kanallardaki teresubat birikimini azaltılabilir.
7. Pompada gövde dış çeperi ile sızdırmazlık sağlandığı için sabit gövdeyi taşıyacak büyük yapılara gerek kalmaz.

8. Dış çeper üzerinden yapılabilecek tahrik sistemi ile redüktör ihtiyacı ortadan kalkar.



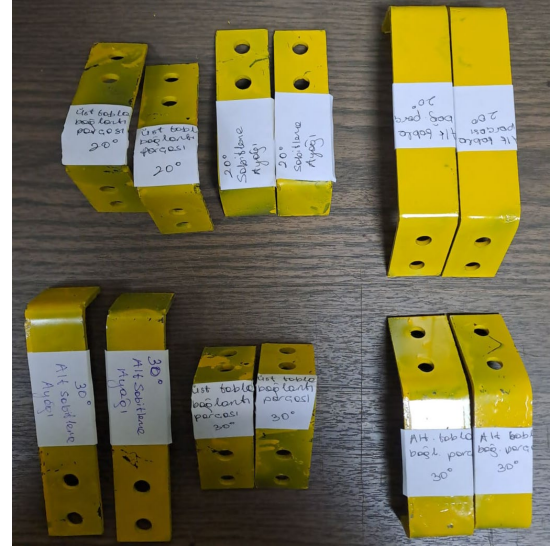
Şekil 3. DAP üzerindeki rip ve yatak.

DAP'ın helisleri üzerine dış çeper sarılarak DAP'ın gövdesi oluşturulmuştur. Bu gövde üzerine yataklama için yatak yuvasına uygun ripler yapılmıştır (Şekil 3). Bu ripleri yataklayacak 2 adet yatak, zemin üzerine yerleştirilmiştir. Bu şekilde oluşturulan iki adet rip dört yatak tarafından yataklanarak DAP'ın yataklama işlemi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca DAP'ın gövdesi kapalı olduğundan redüktör maliyetinden kaçınmak üzere gövdeye kayış yuvaları açılmıştır. DAP'ı tahrik edecek olan elektrik motoru üzerinde tasarlanan kasnak ile gövde arasındaki kasnak arasında 1/10 tahrik oranı oluşturularak kayış-kasnak sistemi tasarlanmıştır (Şekil 4).

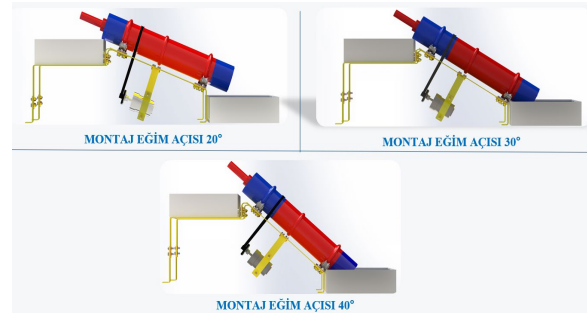


Şekil 4. DAP modeli.

Arşimet pompasının deneyleri montaj eğim açısına bağlı olduğu için prototip üretim aşamasında eğim açısını ayarlamak önemli bir kriterdir. Farklı montaj açıları ayarlamak üzere farklı yüksekliklerde ve açılarda saç ayaklar kesilerek bükülmüştür (Şekil 5). Deney aşamasında eğim açısına göre büküm parçaları değiştirilerek, montajda DAP'a gerekli eğim verilmiştir (Şekil 6).



Şekil 5. Pompa yataklama sistemi açılı bükümlü saçlar.



Şekil 6. Pompa montaj eğim açıları.

## 2.2. Helis (Kanat) Tasarımı

Helis tasarımı, pompaların su veya sıvıyı taşıma etkinliği üzerinde doğrudan etkilidir. Arşimet pompasının tasarım kriterlerini belirlemek için farklı helis açıları ve kanat sayıları ile hesaplamalar yapılarak verim üzerindeki etkiler incelenmektedir. Çizelge 1, MATLAB analizlerine dayanan 1'den 25'e kadar helisli KAP'lar için optimum hatve-yarıçap oranlarını ve buna karşılık gelen devir başına optimum hacim ve hacim oranlarını göstermektedir [19].

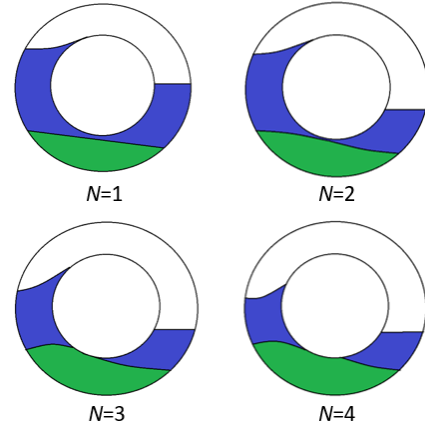
**Çizelge 1.** Farklı kanat sayısına göre Arşimet vidasının optimum oran parametreleri [19].

Kanat sayısı $N^*$	Optimum yarıçap oranı: $p^*$	Optimum adım oranı: $\lambda^*$	Optimum hacim oranı $v(N,p^*,h^*)$
1	0.5358	0.1285	0.2811
2	0.5369	0.1863	0.2747
3	0.5357	0.2217	0.2697
4	0.5353	0.2456	0.2667
5	0.5352	0.263	0.2647
6	0.5353	0.2763	0.2631
7	0.5354	0.2869	0.2619
8	0.5354	0.2957	0.2609
9	0.5356	0.3029	0.2601
10	0.5356	0.3092	0.2592
11	0.5358	0.3145	0.2586
12	0.536	0.3193	0.258
13	0.536	0.3234	0.2574
14	0.536	0.327	0.2571
15	0.5364	0.3303	0.2567
16	0.5362	0.3333	0.2562
17	0.5362	0.3364	0.2556
18	0.5368	0.338	0.2559
19	0.5364	0.3404	0.2555
20	0.5365	0.3426	0.2551
21	0.537	0.344	0.2553
22	0.5365	0.3465	0.2544
23	0.5369	0.3481	0.2543
24	0.5367	0.35	0.2538
25	0.5371	0.3507	0.2542
∞	0.5394	0.3953	0.2471

Çizelge 1'in son satırında ise kanat sayısının sonsuza yaklaştıkça bu değerlerin de limit değerine yaklaştığı gösterilmektedir. Bu şekilde kanat sayısı ( $N$ ) arttıkça hacmin devire oranı monoton bir şekilde arttığından, bir devirde kaldırılacak su miktarı için bir üst sınır sağlanmaktadır [19].

Çizelge 1'de ayrıca  $N$  değeri birden sonsuza doğru arttıkça optimum hacim oranı ( $v(N, p^*, \lambda^*)$ )'nin 0,2811'den 0,2471'e düştüğü görülmektedir. Böylece, kanat sayısı arttıkça su hacmi azalmaktadır. Şekil 7'de 1, 2, 3 veya 4 kanatlı vidanın bir kova hacmin kesit görünümünü göstermektedir. Bu şekilde, 1 veya 2 kanatlı vida kesiti için su hacmi tek hacim olarak görünmektedir. Ancak 3 veya 4 kanatlı bir vida için iki hacme bölünmektedir. Su hacmi tek olduğunda, vida tamamen su geçirmez bir dış silindire sahiptir ve vidanın üstünden altına kadar net bir hava geçişi vardır. Bununla birlikte, su hacmi iç silindir tarafından ikiye bölündüğünde, su kovaları kanalları

kapatır ve böylece herhangi bir oluktaki kovalar arasındaki boşluklarda hava kalmamaktadır. Bu da pompa verimini etkilemektedir [20].



**Şekil 7.** 1, 2, 3 ve 4 kanatlı vidanın bir kova hacmin kesiti. (Mavi alan suyun yatay yüzeyidir. Yeşil alan kova hacminin kanat ile temas noktasını göstermektedir) [19].

Arşimet pompaların su taşıma kapasitesini belirleyen temel unsur kova hacmidir. Kova hacminin hesaplanabilmesi için bazı parametrelerin önceden belirlenmesi gerekir. Dış parametreler adını verdiğimiz bu kıstaslar, montaj yeri, basma yüksekliği ve debi göz önüne alınarak önceden belirlenmelidir. Arşimet vidasının dış parametreleri şu şekildedir:

$R_d$  = vidanın dış silindirinin yarıçapı (m)

$L$  = toplam vida uzunluğu (m)

$K$  = vidanın eğimi (boyutsuz)

Dış parametreler genellikle pompanın kullanılacağı yere göre tasarım öncesi belirlenir. Bu çalışmada dış parametreler su pompasının 6 metrelik basma yüksekliğine göre seçilmiştir. Dış parametrelere ek olarak, vidanın geometrisini tamamen belirtmek için aşağıdaki iç parametrelere de ihtiyaç vardır;

$R_i$  = vidanın iç silindirinin yarıçapı (m) ( $\theta \leq R_i \leq R_d$ )

$\Lambda$  = bir kanat aralığı (veya adımı) (m) ( $\theta \leq \Lambda \leq \frac{2\pi R_d}{K}$ )

$N$  = kanat sayısı (adet),  $N = 1, 2, \dots, \infty$

Çizelge 1'de kanat sayısına göre optimum yarıçap oranı ( $p$ ) belirlenebilir. Bundan sonra dış yarıçap imalat şartları ve mevcut uygulamalara göre belirlendikten sonra iç yarıçap aşağıdaki formüle göre belirlenebilir [19].

$$p = \frac{R_l}{R_d} \quad (1)$$

Benzer şekilde Çizelge 1’de 3 kanat sayısına göre optimum adım oranı 0.2217’dir. Buna göre kanat aralığı bulunabilir. Bunun için öncelikle montaj eğiminin belirlenmesi gerekir:

$$K = \tan \theta \quad (2)$$

Daha sonra aşağıdaki formüle göre adım uzunluğu ( $\Lambda$ ) belirlenir. Bunu için öncelikle Çizelge 1’den optimum adım oranının ( $\lambda$ ) belirlenmesi gerekir.

$$\lambda = \frac{K\Lambda}{2\pi R_d}, \quad (0 \leq \lambda \leq 1) \quad (3)$$

### 2.3. Hidrolik Model

Arşimet pompanın kova hacmini optimize etmek için vidanın bir devirdeki kova hacminin ( $V_T$ ) vidanın bir devirde toplam hacmine ( $\pi R_0^2 \Lambda$ ) oranı olarak, ( $v$ ) boyutsuz bir parametrenin tanımlanması ile başlanır. Pompanın debisini hesaplayabilmek için ilk önce iki kanat arasındaki oluşan kova hacmini bulmamız gerekmektedir. Kova hacmi pompa eğim açısına bağlı olarak değişmektedir, aynı zamanda kanat sayısına ve vida adımına da bağlıdır. Aşağıdaki Denklem (4) ve Denklem (5)’e göre Çizelge 1 verilerini kullanarak 3 kanatlı Arşimet Pompa için  $V_T$  hesaplanabilir [19]:

$$v = \frac{V_T}{\pi R_0^2 \Lambda} \quad (4)$$

$$V_T = \left( \frac{2\pi^2 R_0^3}{K} \right) \lambda v(N, p, \lambda) \quad (5)$$

Pompanın bir devirde süpürdüğü kova hacmini  $V_T$  hesaplandıktan sonra, Arşimet pompanın maksimum debi değeri ( $\dot{Q}$ ) aşağıdaki formülle hesaplanır [19]:

$$\dot{Q} = V_T \frac{n}{60} \quad (6)$$

Pompanın hidrolik gücü ( $P_h$ ) sıvı yoğunluğuna ( $\rho$ ), yerçekimi ivmesine ( $g$ ), debiye ( $\dot{Q}$ ) ve

basma yüksekliğine ( $H$ ) bağlı olarak şu şekilde hesaplanır:

$$P_h = \rho g \dot{Q} H \quad (7)$$

Motorun çektiği akım ( $I$ ) ve gerilim ( $V$ ) değerleri ölçülerek pompaya verilen güç hesaplanabilir. Bu durumda elektrik motorunun verimi ihmal edilmiş olacaktır.

$$P_e = VI \quad (8)$$

Sonuç olarak motor ve pompanın toplam verimi şu ( $\eta_t$ ) şekilde hesaplanabilir:

$$\eta_t = \frac{P_h}{P_e} \quad (9)$$

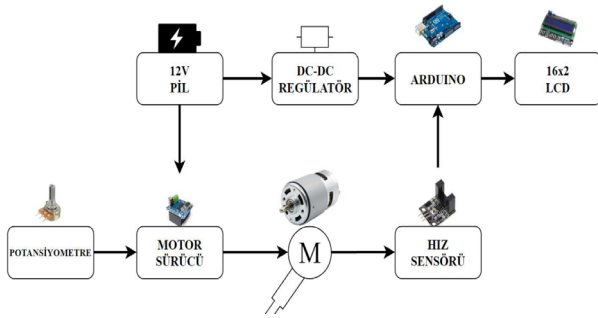
### 2.4. Malzeme Seçimi ve Prototip Üretimi

Arşimet pompa üretimi helisin açılı yapısından dolayı zor bir üretimdir. Ayrıca helis vida üzerinin ilave bir boru ile kapatılması üretimi daha da zorlaştırmaktadır. Normal boyutlarında üretilecek bir Arşimet pompanın yatakları arasındaki eksen kaçıklıklarının azaltılarak pompanın kullanılabilir seviyeye getirilmesi ise büyük talaşlı imalat makinaları gerektirmektedir. Bu çalışmada tasarlanan Arşimet pompa 1/20 ölçeğinde prototip olarak üç boyutlu yazıcıda üretilmiştir. Prototip modellerin üç boyutlu yazıcıda üretilmesi, hızlı prototipleme sürecinde sıkça kullanılan bir yöntemdir [21]. Üretim malzemesi suya dayanıklı olması bakımından polietilen tereftalat glikol (PET-G) olarak seçilmiştir. PET-G, polietilen tereftalatın geliştirilmiş bir versiyonudur ve çeşitli endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılan bir plastik malzemedir. Malzeme özellikleri Çizelge 1’de gösterilmiştir.

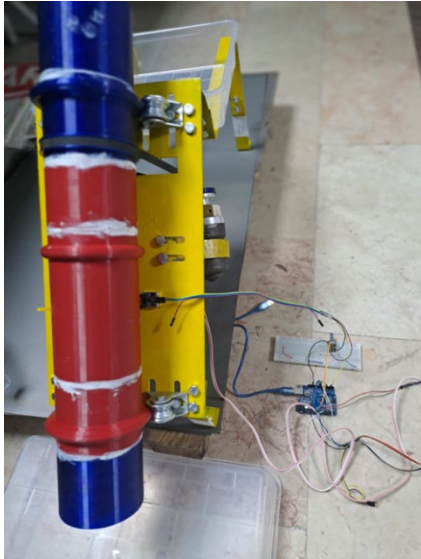
**Çizelge 2.** PET-G malzemesinin mekanik özellikleri.

Özellik	Birim	Değer
Young Modülü	GPa	2,95
Yoğunluk	kg/m <sup>3</sup>	1375
Poissons’s Oranı	MPa	0,33
Çekme Gerilimi	-	53
Baskı Gerilimi	MPa	55
Akma Dayanımı	MPa	47,9

Arşimet pompanın tahriki için  $12 V_{DC}$ , 100 W 150 d/d motor kullanılmıştır. Sisteme güç  $12 V_{DC}$  60 Ah akü ile sağlanmıştır. Motor hızını kontrol eden DC sürücü, motor tarafı  $12 V_{DC}$  ile çalışırken kontrol kartı kısmında enerjinin DC-DC regülatör ile 7 volta düşürülmüş enerji ile çalışmaktadır. Motor sürücüsüne potansiyometre üzerinden verilen analog değer ile motorun hızı kontrol edilmektedir. Hız sensörü ile motorun dakikada yaptığı devir sayısı ölçülebilmektedir. Ölçülen tur sayısı LCD ekran üzerinden kullanıcıya yansıtılmıştır (Şekil 8). Pompanın alt ve üst tarafına havuzlar yerleştirilerek su giriş çıkışı kontrollü şekilde sağlanmıştır (Şekil 9).



Şekil 8. Tahrik ve kontrol sistemi blok diyagramı.

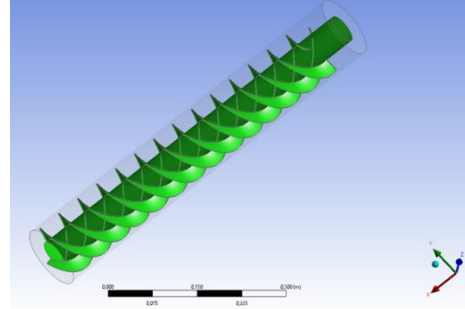


Şekil 9. Arşimet pompası deney düzeneği.

## 2.5. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Analizleri

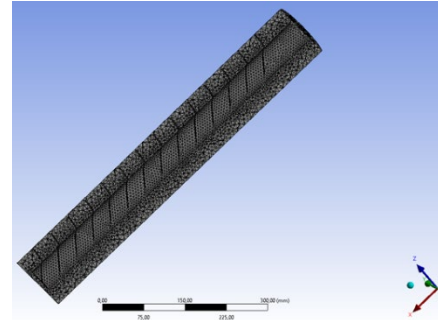
HAD analizleri, bilgisayar tabanlı simülasyon yazılımları aracılığıyla gerçekleştirilmiştir ve bu yöntemle pompanın içinden geçen suyun akış miktarı, basınç dağılımını ve diğer hidrolik parametreleri analiz edebilir. Bu analizler, kompleks akışkan dinamiklerini ve etkileşimlerini simüle ederek pompanın

performansının daha iyi anlaşılmasına yardımcı olur. Arşimet pompasının geometri modeli bir katı model programında çizilmiş (Şekil 10) ve HAD analizi için bu geometri modeli, HAD yazılımına yüklenmiştir. HAD yazılımı programı olarak ANSYS Fluent seçilmiştir. Pompanın HAD analizi 3 farklı eğim açısına göre yapılmıştır ( $20^\circ$ ,  $30^\circ$  ve  $40^\circ$ ).



Şekil 10. DAP'ın geometri modeli.

Mesh işlemi için 0.0675 m'lik bir tetrahedral eleman boyutuna sahip ağ kullanılmıştır ve sonuç olarak Şekil 11'de görüldüğü gibi, 507788 elemandan ve 101044 düğümden oluşan bir ağ elde edilmiştir.



Şekil 11. Mesh işlemin kesit görüntüsü.

Mesh hesaplama süresi ile sonuçların doğruluğu arasındaki ilişkiyi optimize etmek amacıyla mesh yapısı bu şekilde oluşturulmuştur. Çok fazla eleman içeren oldukça detaylı bir mesh oluşturulmuş olsaydı, hesaplama süresi önemli ölçüde artacaktı. Üç milyon elemana kadar olan meshler denenmiş olsa da simülasyonun hesaplanması çok uzun sürmüştür. Bu nedenle, farklı ağlarla yapılan birkaç testten sonra, yaklaşık yarım milyon elemandan oluşan bir meshin yeterli olduğuna karar verilmiştir.

Yapılan çalışmada belirsizlik analizi Akılcı Yaklaşımına göre yapılarak elde edilen sonuçlar çizelge 3'te verilmiştir. Belirsizlik analizinde elde edilen sonuçlar verilerin tutarlı şekilde değerlendirilebileceğini göstermektedir.



**Çizelge 3.** Belirsizlikler

Parametre	Belirsizlik, $\pm$
Yükseklik, m	0,001
İç çap- Dış çap, m	0,001
Kova hacmi, l	0,001
Gerilim, V	0,05
Akım, A	0,05
Kova hacmi, l	0,0005
Hız(devir), d/d	0,5
Parametre	Toplam belirsizlik, %
Su gücü, W	0,43
Elektriksel güç, W	0,98

### 3. BULGULAR ve DEĞERLENDİRMELER

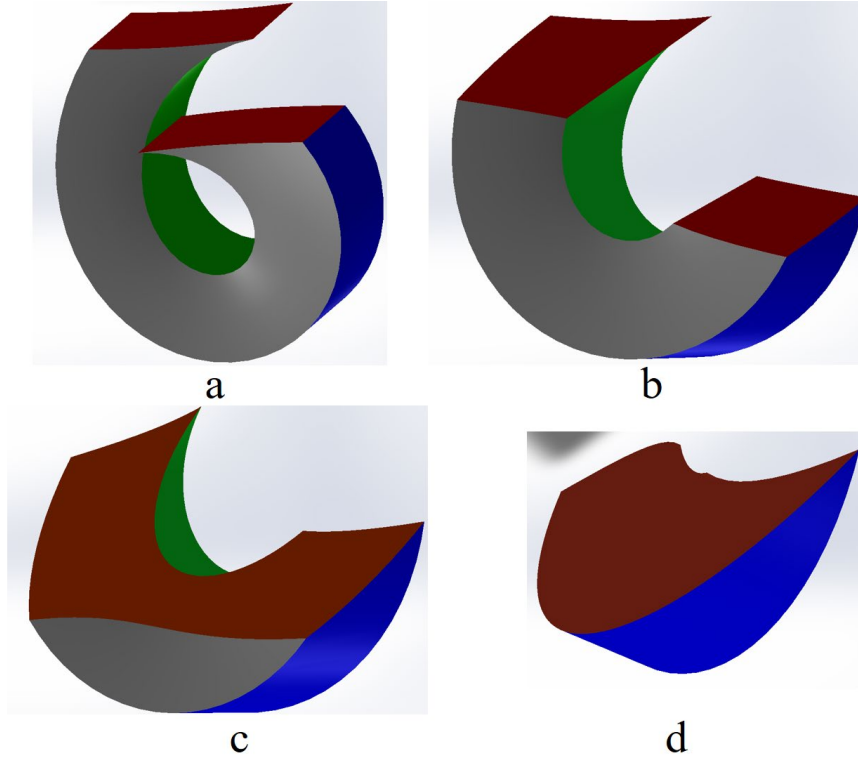
DAP tasarımı için kullanımda olan bir KAP'ın ölçüleri referans alınmıştır. Buna göre dış parametreler  $R_d = 1$  m ve basma yüksekliğini = 6m ve eğim açısı  $\theta = 30^\circ$  de verecek şekilde olan vida boyu  $L = 12$  m olarak belirlenmiştir. Referans alınan KAP'ın helis sayısı  $N = 3$  olduğundan bu çalışmada da aynı şekilde kullanılmıştır. Çizelge 1'e göre 3 helis için  $p = 0,5357$  olarak alınmıştır. Denklem (1)'e göre  $R_i = 0,5357$  m olması gerekir. Ancak ölçü ve üretim kolaylığı açısından  $p = 0,5$  alınarak  $R_i = 0,5$  m hesaplanmıştır. Büyük boyutlarda bir DAP'ın üretim ve testi büyük mekan, hidrolik ve güç sistemleri gerektirmektedir. Deneylerimizi ve ölçümlerimizi laboratuvar ortamında yapmak için tasarlanan DAP'ın 1/20 ölçekli bir modeli üretilmiştir. Hesapların 1/1 ölçek üzerinden yapılması ile 1/20 ölçekli bir model üzerinden yapılması arasında bir fark bulunmadığı için bundan sonraki yapılan hesaplamalar model üzerinden Denklem (1)-(5)'e göre yapılarak sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir.

**Çizelge 4.** DAP için seçilen ve hesaplanan değerler.

$\theta$	20°	30°	40°
$R_d$ (cm)	10	10	10
L (cm)	60	60	60
K	0,364	0,577	0,839
$\Lambda$ (cm)	20	12	8,3
N	3	3	3
$p$	0,5	0,5	0,5
$\lambda$	0,2217	0,2217	0,2217
$\nu$	0,2697	0,2697	0,2697
$V_T$	0,405	0,255	0,176
$V_B$	0,135	0,085	0,0586

Simülasyon sonuçları, pompadan geçen suyun debisini gösterir. Bu, pompanın ne kadar suyu taşıyabildiğini ve verimini belirlemek için önemli bir parametredir. Bu veriler ve sonuçlar, Arşimet pompa tasarımı ve performansının değerlendirilmesi için önemlidir. Simülasyonlar, farklı tasarım seçeneklerinin karşılaştırılması, optimum parametrelerin belirlenmesi ve pompanın performansının iyileştirilmesi için kullanılabilir. Bu çalışmada kova hacimlerinin hesaplanan değerleri ile üretim değerlerinin karşılaştırılması için bir CAD programında Geometrik Analiz yapılmıştır.

DAP'ın eğime göre montaj edilmesi durumunda kova hacimlerinin katı modellerinde karşımıza üç önemli yüzey çıkmaktadır. Bunlar hava ile temas eden yüzey (kırmızı renkli), üst helis ile temas eden yüzey (gri renkli) ve iç silindir yüzeyi ile temas eden yüzeylerdir (yeşil renkli) (Şekil 12). Dış silindir ve alt helis yüzeyleri, diğer yüzeylere göre şekil alan ve kova hacminin oluşması için gereken yüzeylerdir.



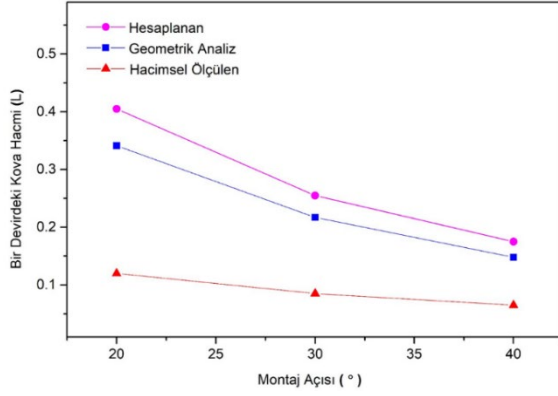
**Şekil 12.** Katı model üzerinden oluşturulan kova hacimleri; a: 0° pompa eğimi için, b: 20° pompa eğimi için, c: 30° pompa eğimi için, d: 40° pompa eğimi için.

Montaj açısının 0° olması durumunda azami kova hacmi elde edilmekte olup helisin sağ ve sol taraflarında hava ile aynı kotta yüzeyler oluşturmaktadır (Şekil 12-a). Suyun yukarıya doğru en kısa mesafeden taşınması ve DAP boyunun asgari olması için mümkün olan en yüksek eğitimin kullanılması gereklidir. Montaj eğimi arttıkça sol taraftaki serbest yüzeyin alanı belirgin bir şekilde artarken sağ tarafta azalma meydana gelmektedir (Şekil 12-b). Bu durum montaj eğimi arttıkça kova hacminin azaldığını açıkça göstermektedir. Montaj eğimi artarak 30°'ye çıktıkça sağ ve sol tarafın serbest yüzeyleri birleşmekte ve iç çap ile olan temas azalmaktadır (Şekil 12-c). Montaj açısı 40°'ye ulaştığında kova hacminin, iç çap ile irtibatı kalmayacak derece küçülmüş durumdadır (Şekil 12-d). Bu durum montaj eğim açısı arttıkça DAP tasarımında hatvenin azaltılması ve/veya kanat sayısının artırılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Böylece bir helisteki kova hacmi azalırken bir devirde süpürülen kova hacminin azalmasının önüne geçilebilir.

Bir devirde süpürülen kova hacmi ( $V_T$ ) metot kısmında belirtilen yöntemle hesaplanmıştır. Hesaplanan değerlerin doğruluğunu karşılaştırmak için öncelikle tasarım üzerinde yapılan çalışma ile her montaj açısı için oluşan kova hacminin hacimsel modeli elde edilmiş

(Şekil 12) ve elde edilen modelin hacmi tasarım programında hesaplanmıştır. Daha sonra modeli üretilerek DAP her montaj açısı için ayrı ayrı monte edilerek manuel olarak çalıştırılmış, toplam 10 devirde elde edilen su hacmi ölçülmüş ve buradan bir turdaki toplam kova hacmi deneysel olarak bulunmuştur.  $V_T$ 'nin deneysel olarak belirlenmesi esnasında memba tarafındaki su kotu sabit tutulmuştur. Bu sonuçlar kıyaslandığında DAP modeli üzerinden alınan hacimlerden elde edilen  $V_T$  değerinin hesaplama ile elde edilen  $V_T$ 'den %15 civarında daha düşük olduğu görülmektedir (Şekil 13). Bu durum hesaplanmanın referans alındığı kaynakta kullanılan hacim hesaplama yönteminden (simpson kuralı) kaynaklanır. Bu yöntem belli hacmi belli sayıda küplere böldüğü ve ortalama küp hacmi üzerinden hareket ettiği için sonuçlarda hatalar ortaya çıkmaktadır. Ayrıca hesaplama yönteminde helis cidar kalınlıklarının hesaplanmaması da hatayı arttırmaktadır.

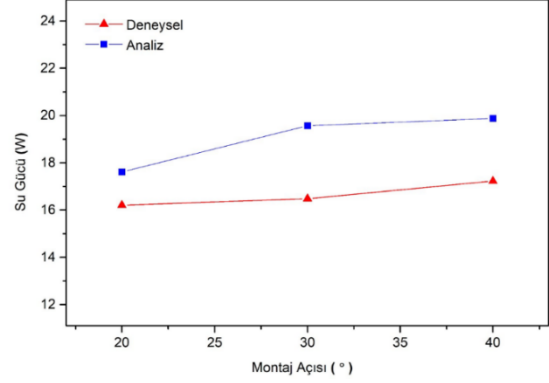
Arşimet pompaların performansını belirleyen temel parametrelerden birisi bir devirdeki kova hacmidir ( $V_T$ ). Bu kova hacmi başlangıçta hesaplanarak bir geometri ortaya çıkartılabilir.



Şekil 13. Bir devirdeki kova hacmi.

Ancak ortaya çıkartılan geometrinin çalışma şartları ile uyumlu olabilmesi tasarımın başarısını göstermektedir. Bu yüzden  $V_T$  üç farklı şekilde değerlendirilmiştir. Geometrik analiz ile elde edilen hacimler hesaplama ile elde edilen hacimlerin %85'ine denk gelmektedir. Bu durum hesaplama yöntemindeki hatanın miktarını göstermektedir. Çünkü geometrik analiz sonuçları hesaplama yöntemine göre daha net sonuçlardır. Hacimsel ölçüm sonuçları ise 20°, 30° ve 40°'de sırasıyla hesaplamanın %29, %33 ve %37'sine denk gelmektedir. Deney sonuçları da hacimsel ölçüm sonuçlarına benzer şekilde hesaplanan hacimlerin %28, %31 ve %35'ine denk gelmektedir. Ölçüm sonuçları ile deney sonuçlarının birbirine yakın olması ve hesaplanan hacmin 1/3'üne denk gelmesi giriş su hacmi seviyesinin düşük kalmasından kaynaklanmaktadır. Lyons vd.'nin elde ettiği sonuçlar ile bu çalışmanın sonuçları örtüşmektedir [22]. DAP yatakları giriş su hacminin seviyesinin yükseltilmesini kısıtlamaktadır. Bu durumda kova hacimleri girişte dolmadığı için yeterli seviyeye ulaşamamaktadır. Bunun için DAP'ın giriş seviyesinin yükseltilmesi gerekir. Bu durumda da basma yüksekliği azalacaktır. Dikkat çeken başka bir konu ise montaj eğim açısı arttıkça kovanın dolma oranının artmasıdır. Buna göre yüksek eğimlerde Arşimet Pompaların kovalarının dolması girişteki su seviyesi az olsa bile artmaktadır. Yani giriş su seviyesinin düşük olduğu yerlerde montaj eğim açısı yüksek tutularak tasarım yapılabilir. Ancak bu durumda Arşimet pompaların devrinin artırılması gerekir. Ancak Arşimet pompaların devirlerinin kısıtlı olduğu gözden kaçırılmamalıdır [2,6,13]. Pompanın dönme hızı devir ölçü sensörü ile okunmuştur. Devir ölçü sensörü, bir sistemdeki dönme hareketini algılayan ve bu hareketin

hızını veya frekansını ölçen bir sensör olarak tasarlanmıştır. Pompanın dönme hızını istenilen devirde döndürerek sabit deney sonuçları elde edilmiştir. Deneyler nominal çalışma devrine yakın bir devir olan 70 d/d'da yapılmıştır.

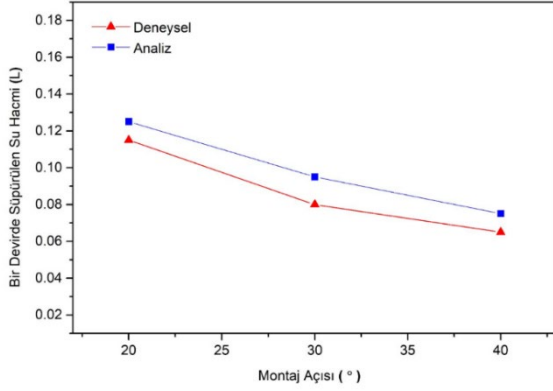


Şekil 14. Montaj açısına bağlı olarak su gücünün değişimi.

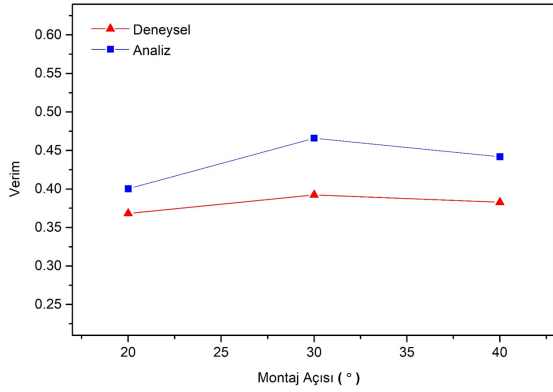
Deneylerde, model DAP'ın montaj açısı 20°, 30° ve 40°'ye ayarlandıkça basma yüksekliği de 0,20, 0,3 ve 0,386 m olmuştur. Debi değerleri eğim arttıkça %30-44 oranında azalmasına rağmen basma yüksekliğindeki %46-88 'lik artışlar su gücünde önemli bir değişikliğe sebep olmamıştır. Analizde ise eğim açısı arttıkça su gücünde %11 civarında bir artış olmuştur (Şekil 14). Bu durum DAP modelinin 3D yazıcı ile imalatı esnasında ortaya çıkan yüzey pürüzlülüğünün fazlalığından (kanatların yüzey pürüzlülüğü 350µm'den büyüktür) kaynaklanmaktadır. Helislerin üretimi esnasında ortaya çıkan desteklerden ve eğimli imalattan dolayı yüzeylerde gözle görülebilir derin izler içeren yüzey pürüzlülükleri gözlemlenmiştir. Yüzey pürüzlülüğü su ile yüzeyler arasındaki adhezyon kuvvetlerini arttırdığı için deneysel verim ile analiz verimi arasındaki fark da artmıştır.

Bir devirde süpürülen su hacminin montaj açısına göre değişimi incelendiğinde 20° 'de deneysel değer ile simülasyon değeri arasında %8'lik bir fark olduğu görülmektedir. 30° 'de bu fark %16 seviyesine çıkarken 40° 'de %13 seviyesine gerilemektedir ( Şekil 15 ). Bir devirde süpürülen su hacminin montaj açısı arttıkça azalması, DAP tasarımlarında montaj açısı arttıkça adım sayısının da azaltılması veya helis sayısının artırılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Tasarımda artan ve optimize edilmesi gereken parametre sayısı DAP tasarımında sadece matematiksel modellerle yapılan tasarımların istenilen performansı

ortaya koymakta zorlanacağını göstermektedir. Bu yüzden CAD modelleri üzerinden Geometrik Analiz yapmak da uygulama öncesi tasarımcılara yardımcı olacaktır.



Şekil 15. Bir devirde süpürülen su hacminin ( $V_T$ ) montaj açısına göre değişimi.



Şekil 16. Montaj açısına göre verim değişimi.

Verim eğrisi klasik bir santrifüj pompanın verimi ile benzerlik göstermektedir. Montaj açısı 20° iken deneysel verim analize göre %2,4 düşüken, montaj açısı 30° 'de en yüksek değerine ulaşmış montaj açısı yükseldiğinde tekrar %3 civarında [15,17] düşmektedir (Şekil 16). DAP'da düşük montaj açısında büyük  $V_T$  değerinde daha az düşüş varken montaj açısı yükseldikçe daha düşük  $V_T$  ve daha yüksek düşüde çalışmasına rağmen verim değerinde çok büyük değişimler olmamaktadır. Bu durum Arşimet pompaların hacimsel olarak çalışmasından ve DAP'ın KAP'a göre sızıntı kaybı oluşturulmamasından kaynaklanmaktadır.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada KAP'ların bir alternatifi olarak DAP geliştirilmiş, kova hacmi doldurma performansı ve pompa performansı montaj açısına göre değerlendirilmiştir. Arşimet pompalarının montaj açıları azaldıkça memba tarafının suya batma yüksekliğinin artması

gerekir. Bu da Arşimet pompalarının montaj açıları azaldıkça boyunun daha uzun olmasını gerektirmekte ve dolayısı ile maliyetleri de artmaktadır. Tam tersi bir durum da şu şekilde ortaya çıkmaktadır; Arşimet pompaların montaj açıları azaldıkça kova hacimleri artmaktadır. Dolayısı ile daha uzun adımlarda daha az helis ile Arşimet pompalar üretilmektedir. Montaj açısı arttıkça kova hacmi küçüldüğü için helis adımlarının azaltılması ve/veya helis sayısının artırılması gerekmektedir. Bu durumlar Arşimet pompa tasarımında optimizasyonu ve dolayısı ile analizi zorunlu hale getirmektedir. HAD analizleri ile DAP'ların performansları %1'e düşen hata ile hesaplanabilmektedir. Geometrik Analiz ile Arşimet pompaların kova hacimleri %100 doğrulukta hesaplanabilmektedir. Bu durum Arşimet Pompaların tasarımın CAD programları ile optimize edilebileceğini göstermektedir. Gelecek çalışmalarda DAP'ların çalışma devrine ve montaj açısına bağlı debi değişimleri incele-nerek kova doldurma performansını ve dolayısı ile debisini artırıcı tasarımsal yenilikler geliştirilecek-tir.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışma, 1919B012109877 numaralı proje kapsamında TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

#### KAYNAKLAR

1. Monserrat J., Ortiz RG., Cots L., Barragán J., "Energy Saving in a Variable-Inclination Archimedes Screw", Irrigation & Drainage Systems Engineering, Vol. 4 Issue 1, Pages 1-4, 2016.
2. Nagel, G., "Archimedean Screw Pump Handbook", Pages 10-13, RITZ Pumpenfabrik OHG, Schwäbisch Gmünd, 1968.
3. Askari Asli-Ardeh E, Mohsenimanesh A., "Determination of effective factors on power requirement and conveying capacity of a screw conveyor under three paddy grain varieties", The ScientificWorld Journal, Vol 2012, Issue 1, Pages 1-5, 2012.
4. Villacrés J, Barczyk M, Lipsett M., "Literature review on Archimedean screw propulsion for off-road vehicles", Journal of Terramechanics, Vol. 108. Issue 1, pages 47–57, 2023.
5. Yu H, Janiga G, Thévenin D. "Computational Fluid Dynamics-Based Design Optimization Method for Archimedes Screw Blood Pumps Artif Organs"; Vol. 40, Issue 1 pages 341–52, 2016

6. Dellinger G, Simmons S., Lubitz WD., Garambois PA., Dellinger N., “Effect of slope and number of blades on Archimedes screw generator power output”, *Renewable Energy*, Vol. 136 Issue 1, Pages 896-908, 2019.
7. Dellinger G., Garambois PA., Dellinger N., Dufresne M., Terfous A., Vazquez J., Ghnaim A., “Computational fluid dynamics modeling for the design of Archimedes Screw Generator”, *Renewable Energy*, Vol. 118, Issue 1, Pages 847-857, 2018.
8. Dellinger G., Terfous A., Garambois PA., Ghnaim A., “Experimental investigation and performance analysis of Archimedes screw generator”, *Journal of Hydraulic Research*, Vol. 54, Issue 2, Pages 197-209, 2016.
9. Khan A., Simmons S., Lyons M., Lubitz W., “Inlet Channel Effects On Archimedes Screw Generators “, *CSME International Congress*, Pages 1-5, Toronto, 2018.
10. Simmons S, Songin K, Lubitz W., “Experimental investigation of the factors affecting Archimedes screw generator power output “, *HYDRO 2017*, Pages 1-12, Seville, 2017.
11. Lyons M., Lubitz WD., “Archimedes screws for microhydro power generation”, *Proceedings of the ASME 2013 7th International Conference on Energy Sustainability*, Pages 1-8, Minneapolis, 2013.
12. Simmons S, Dellinger G, Mendes CE, Lubitz W. “Development of a Computational Fluid Dynamics Model for Archimedes Screw Pumps” *Canadian Society for Civil Engineering International Congress*, Pages 1-22, Moncton, 2023.
13. Simmons S, Miller L, Saudagar MF, Mendes C, Yoosefdoost A, Lubitz W. “An experimental study of archimedes screw pump efficiency” , *Proceedings of the Canadian Society for Mechanical Engineering International Congress*, Pages 1-7, Sherbrooke, 2023.
14. Rohmer J., Knittel D., Sturtzer G., Flieller D., Renaud J., “Modeling and experimental results of an Archimedes screw turbine”, *Renewable Energy*, Vol. 94 Issue 1, Pages 136-146, 2016.
15. Waters S., Aggidis GA., “Over 2000 years in review: Revival of the Archimedes Screw from Pump to Turbine”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 51 Issue 1, Pages 497-505, 2015.
16. Chan WL, Jamaludin UK, Azahari NS., “Archimedes Screw Pump Efficiency Based on Three Design Parameters using Computational Fluid Dynamics Software - Ansys CFX”, *7th International Conference on Mechanical Engineering Research, Phys Conf Ser. Kuantan, Pahang*, Pages 1-11, 2024
17. Erinofardi, Nuramal A., Bismantolo P., Date A., Akbarzadeh A., Mainil AK., Suryono A.F., “Experimental Study of Screw Turbine Performance based on Different Angle of Inclination”, *Energy Procedia*, Vol. 110 Issue 1, Pages 8-13, 2017.
18. Shimomura M., Takano M., “Modeling and Performance Analysis of Archimedes Screw Hydro Turbine Using Moving Particle Semi-Implicit Method”, *Journal of Computational Science and Technology*, Vol. 7, Issue 2, Pages 338-353, 2013.
19. Rorres C., “The Turn of the Screw: Optimal Design of an Archimedes Screw”, *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol 126, Issue 1, Pages 72-81, 2000.
20. Nuernbergk DM., Rorres C., “Analytical Model for Water Inflow of an Archimedes Screw Used in Hydropower Generation.”, *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol 139, Issue 2, Pages 213-220, 2013.
21. Yermurat B., Seçgin Ö., Taşdemir V., “Multi-material additive manufacturing: investigation of the combined use of ABS and PLA in the same structure” *Material Testing*, Vol 65, Issue 7, Pages 1119-1126, 2023.
22. Lyons M., Simmons S., Fisher M., Williams JS., Lubitz WD., “Experimental Investigation of Archimedes Screw Pump.”, *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol 146, Issue 8, Pages 1-10, 2020.