

*Araştırma Makalesi - Research Article*

## Dişli Pompaların Mekanik Veriminin Artırılması Increasing Mechanical Efficiency of Gear Pumps

Erdem Yalçın<sup>1\*</sup>, Orçun Oral<sup>2</sup>, Ahmet Oktay Devecili<sup>3</sup>

*Geliş / Received: 25/02/2021*

*Revize / Revised: 04/07/2021*

*Kabul / Accepted: 02/08/2021*

### ÖZ

Endüstride hidrolik ve hidrolik pompalar sürekli bir gelişme göstermektedir. Özellikle sanayileşen ve multi-disipliner teknolojilerin kullanıldığı günümüzde hidrolik dişli pompaların konfor beklentisi de her geçen gün artmaktadır. Günümüzde pompaların en önemli değerlendirme kriterlerinden biri de verimliliğidir. Pompanın verimliliğinin artırılması daha düşük bir enerji maliyetine neden olacaktır. Bu çalışmada, pompa kalkış ve dönüş torklarının burç keçelerinin malzemesinde yapılan değişiklikler sayesinde düştüğü dolayısı ile mekanik verimin ve nihayetinde toplam verimliliğin yükseldiği deneysel çalışmalar ile gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler-** *Tork, Mekanik Verim, Dişli Pompa, Kalkış Torku, Dönüş Torku*

### ABSTRACT

In industry, hydraulic and hydraulic pumps are developed continually. The comfort expectation of hydraulic gear pumps is increasing day by day, especially when industrializing and multidisciplinary technologies are used. Nowadays, one of the most important evaluation criteria of selection pumps is efficiency. When pump's efficiency is increased, cost of energy decreases in hydraulic pump gear. In this study, it has been shown by experimental studies that the pump input and rotation torques decrease thanks to the changes made in the material of the bush seals, thus increasing the mechanical efficiency and ultimately the total efficiency.

**Keywords-** *Torque, Mechanical Efficiency, Gear Pump, Input Torque, Rotation Torque*

<sup>1\*</sup>Sorumlu yazar iletişim: [erdemyalcin@hattat.com.tr](mailto:erdemyalcin@hattat.com.tr) (<https://orcid.org/0000-0002-8632-5185>)  
Hema Endüstri A.Ş., Gazi Osman Paşa, Organize Sanayi Bölgesi, 4.Cad No:5, 59500 Çerkezköy/Tekirdağ  
<sup>2</sup>İletişim: [orcunoral39@gmail.com](mailto:orcunoral39@gmail.com) (<https://orcid.org/0000-0002-9602-0967>)  
Hema Endüstri A.Ş., Gazi Osman Paşa, Organize Sanayi Bölgesi, 4.Cad No:5, 59500 Çerkezköy/Tekirdağ  
<sup>3</sup>İletişim: [ahmetoktay@gmail.com](mailto:ahmetoktay@gmail.com) (<https://orcid.org/0000-0003-0770-3908>)  
Hema Endüstri A.Ş., Gazi Osman Paşa, Organize Sanayi Bölgesi, 4.Cad No:5, 59500 Çerkezköy/Tekirdağ

## I. GİRİŞ

Dişli pompalar, pompa tiplerinin içinde en çok tercih edilen pompalardır [1]. Dişli pompaların imalatının kolaylığı, uzun ömürlü ve güvenilir olması nedeniyle birçok sanayi uygulamalarında kullanılmaktadır [5]. Endüstride dişli pompalar; akaryakıtı, endüstriyel yağları ve diğer akışkanları aktarmak için kullanılabilir [2].

Günümüz dişli pomplarda kurulum maliyeti kadar verimlilikte ön plandadır. Özellikle mobil hidrolikte harcanan yakıt önemli bir seçim parametresidir. Dişli pompalarda verim, hidrolik (hacimsel) verim ( $\mu_h$ ) ve mekanik verim ( $\mu_m$ ) olarak değerlendirilebilir ve bu iki parametrenin çarpımı ile toplam verimlilik ( $\mu_t$ ) hesaplanır.

$$\mu_t = \mu_h \times \mu_m \quad (1)$$

Mekanik verim;

$$\mu_m = \frac{V \times p}{20 \times \pi \times M} \cong \frac{0.0159 \times V \times p}{M} \quad (2)$$

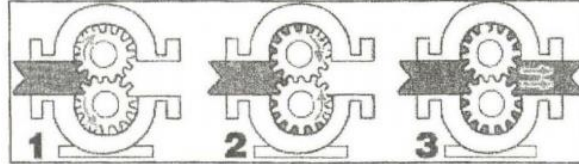
denklem 2'deki formülle bulunur. Burada, V: Pompa hacmi ( $cm^3/dev$ ), p: Basınç (bar), M: Döndürme torku (Nm)'dur. Döndürme torkunda yapacağımız herhangi bir iyileştirme toplam verimliliğe yansıtacaktır.

Ayrıca mekanik verimsizlik, dolayısı ile sürtünme kayıpları sonucu oluşan ısı, kullanılan hidrolik yağ vasıtası ile tüm sisteme taşınacağından sistemde kullanılan malzemelerin ömürlerini de azalacaktır. Bu nedenle sistemde oluşan fazla ısıyı tahliye etmek için de ayrıca enerji harcanması gerekmektedir.

Tüm bu nedenlerden dolayı pompa içindeki sürtünmelerden oluşan mekanik verimsizlik, pompa şaftının yüksek torklarda dönmesine neden olacaktır. Yukarıda sayılan nedenlerden dolayı pompa kalkış ve dönüş torklarının olabildiğince düşürülmesi önemli bir sistem kazancı olarak görülebilir.

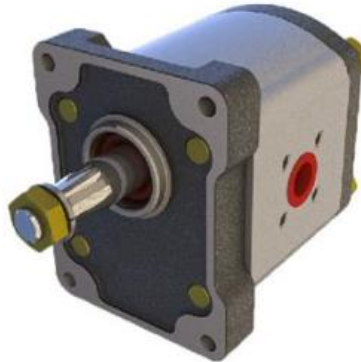
## II. DİŞLİ POMPA

En bilinen pompalama yöntemiyle çalışırlar. Çeşitli makinalarda yağlama, güç aktarma veya yakıt besleme pompası olarak kullanılırlar. Boyutları büyüdükçe helisel dişliler ile daha yumuşak ve sessiz bir çalışma sağlanır. Küçük boyutlardaki pompalar 1750 ve 3450 devirlerde doğrudan motordan tahrikle çalışırlar [6].



Şekil 1. Dişli pompanın çalışma prensibi [6]

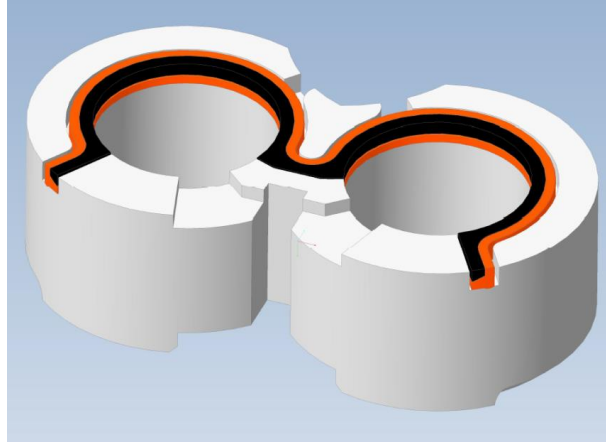
Dişli pompa; Testlerde kullanılan ve üzerinde çalışma yapılan pompa 12cc düz dişli hidrolik pompadır (Şekil 2).Dişli pompanın çalışma devri 700-3000 rpm, çalışma basıncı 0-210 bar arasında çalışmaktadır.



Şekil 2. 12cc Düz dişli pompa

### III. DİŞLİ POMPA KEÇELERİ

Yağ keçesi, hidrolik sistemlerde dinamik ve statik sızdırmazlık elemanlarının imalatında kullanılan başlıca elastomerdir [3]. Şekil 3’de gösterilen turuncu ve siyah parçalar keçelerdir.



Şekil 3. Keçe montajı katı modeli

#### A. NBR Keçesi

NBR (Nitrile rubber) keçeler yağ ve grese karşı dayanıklı malzemelerdir. Kimyasal bileşimleri nitril, butadien ve akrilonitrilinden oluşmaktadır. Bu özelliği ile elastomerlere göre daha dayanıklıdır. Malzemenin içerisindeki nitril miktarı yükseldikçe sıcaklık ve sertlik dirençleri de artış gösterir. İçerisindeki nitril miktarının azalması ile düşük sıcaklıkta esneklik özelliği de azalmış olur. Çalışma sıcaklığı -40 °C ile 105 °C arasındadır [3].

NBR yağ ve yakıtlara karşı olan yüksek dayanımı nedeniyle hortum, bağlantı elemanları, konveyör bantları gibi yerlerde yaygın olarak kullanılan malzemedir [4].

#### B. FKM (Viton) Keçesi

Çok yüksek sıcaklığın yanında aşındırıcı kimyasallar içeren yerlerde oldukça sık kullanılan bir malzemedir. Otomotiv sektöründe döner mil keçesi malzemesi olarak kullanılır. Çalışma sıcaklığı -40 °C ile 220 °C arasındadır [3].

#### C. HNBR Keçesi

HNBR (Hydrogenated Nitrile Butadiene Rubber) yüksek sıcaklığa dayanıklı bir kauçuktur. Doymuş halde bulunan NBR’ler peroksitler ile peroksitler ile çapraz bağ oluştururlar. Çift bağ boyunca oluşan peroksit çapraz bağlar, ısı ve oksidasyon dengesini daha iyi hale getirirler. Bu nedenle çok iyi bir mekanik dayanım ve aşınma direnci sağlarlar. Ortam çalışma sıcaklığı -30 °C ile 150 °C arasındadır [3].

#### D. PU Keçesi

PU keçesi genellikle endüstride aşınma direncinin yüksek olmasının istendiği yerde kullanılır.

### IV. TEST TEZGAHLARI

Şekil 4’de test tezgahı kontrol bilgisayar gösterilmiştir. Burada gerekli veriler girilip pompanın testi yapılır. Şekil 5’te pompanın bağlı tezgah gösterilmiştir.



Şekil 4. Kontrol bilgisayarını



Şekil 5. Test tezgahı

## V. TORKMETRE

Şekil 6'da gösterilen alet pompa kalkış torklarını ölçmeye yarayan ekipmandır.



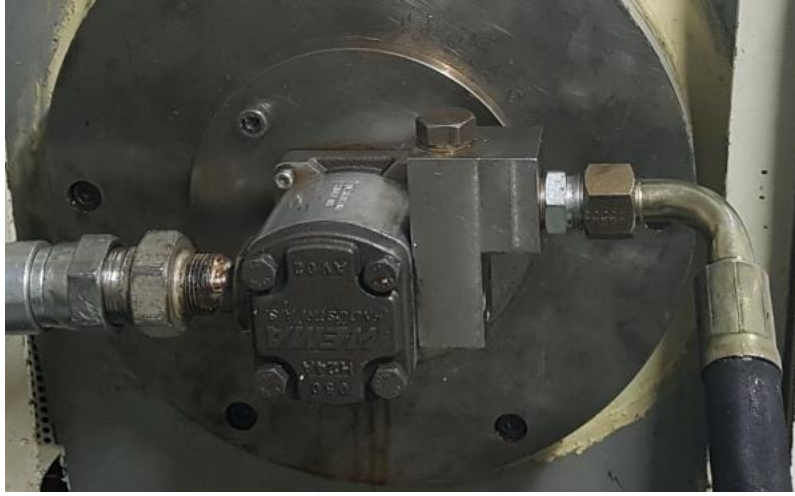
Şekil 6. Torkmetre

## VI. YÖNTEM

Söz konusu çalışma öncelikle kalkış torklarının ana nedenini bulmak ve bulunan ana neden ile ilgili iyileştirme çalışmalarını kapsamaktadır.

Öncelikle iki ayrı yüzey pürüzlülük değerine sahip (Ra cinsinden kaba ve hassas) pompa toplanarak pompa dönüşünü zorlaştıran temel parametre bulunmuştur.

Bu ana nedeni iyileştirmek için üç farklı keçeğe sahip 15'er adet pompa 12cc montajlanmıştır. Toplanan bu pompaların VG46 yağ ile 50°C 1500 rpm'de 250 bar basınç altında debileri ölçülmüştür. Aşağıda Şekil 7'de pompanın tezgaha bağlanması, Şekil 8'de pompayı tahrik eden motor ve Şekil 9'da basınçlanmayı sağlayan valf bloğu ile debi ölçümünü gerçekleştiren debimetre ve Şekil 10'da ile tezgahı kontrol eden yazılım gösterilmiştir.



Şekil 7. Tezgaha bağlanmış dişli pompa



Şekil 8. Pompayı tahrik eden motor

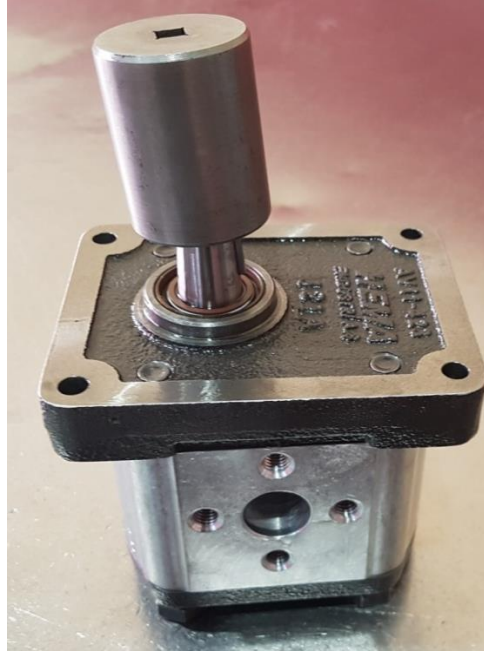


Şekil 9. Basınçlanmayı sağlayan valf bloğu



Şekil 10. Tezgağı kontrol eden yazılım arayüzü

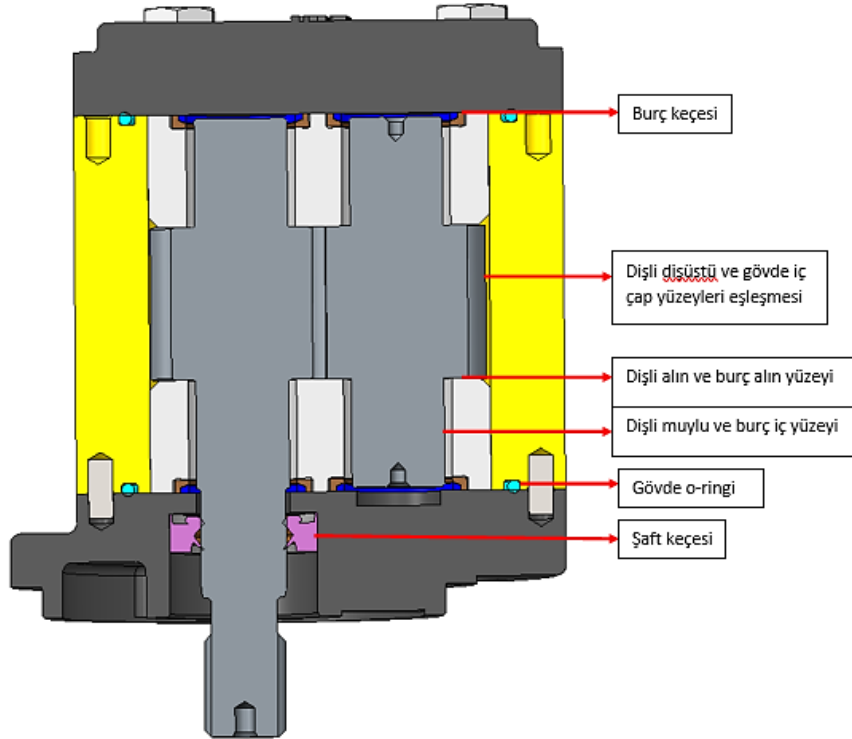
Performans testi yapılan ve debileri kayıt edilen farklı keçelere sahip pompalar bir saat ortam şartlarında soğumaya bırakılmıştır. Bir saat sonra Şekil 11’de gösterildiği gibi bir aparat yardımı ve torkmetre kullanılarak pompa döndüren dişlisi tahrik edilmiştir. Pompa dönme ilk başladığı esnada görece yüksek bir tork oluşturarak harekete geçer. Pompaların bu ilk harekete geçtiği esnada torklar kayıt edilmiştir.



Şekil 11. Torkmetre Aparatı

## VII. KALKIŞ/DÖNÜŞ TORKUNUN KÖK NEDEN TAYINI

Hidrolik pompalar çalışma prensipleri gereği çıkış portlarında basınç oluşan devre elemanlarıdır. Bu basınç sisteme iletildiği gibi pompa içinde emiş- düşük basınç- tarafına geçmek ister. Bu akışı, pompanın eşleşme toleranslarından çok sızdırmazlık elemanları engeller. Dişli pompalarda burç keçesi olarak adlandırılan bu sızdırmazlık elemanlarının çalışabilmesi için pompa burçlarının genişliği, dişli genişlikleri ve keçeler, ön ve arka kapak arasında tam sıkışma sağlamalıdır. Böylece akışın basınç altında emiş hattına dönmesiyle hacimsel verimi düşürülmesi engellenmiş olur, aksi durumda pompa basınç altında debi üretemeyeceğinden fonksiyonunu yerine getiremez. Bu bakış açısı ile kalkış/dönüş torkunun olası sebepleri burç keçeleri, şaft keçesi, gövde o-ringi ve dişli&burç ve dişli&gövde yüzey kalitesi (yüzeyler arası sürtünme katsayıları) gösterilebilir.



Şekil 12. Dişli pompa kesit görünüşü

Çalışma esnasında burç&dişli alın yüzeyi, dişüstü&gövde, burç iç çapı &muylu eşleşmeleri arasında sürtünmelerin analizi için kaba işlenmiş ve hassas işlenmiş 2 farklı pompa montaj edilmiştir. Montajlanan pompaların yüzey pürüzlülükleri Ra cinsinden aşağıda Tablo 1’de sunulmuştur.

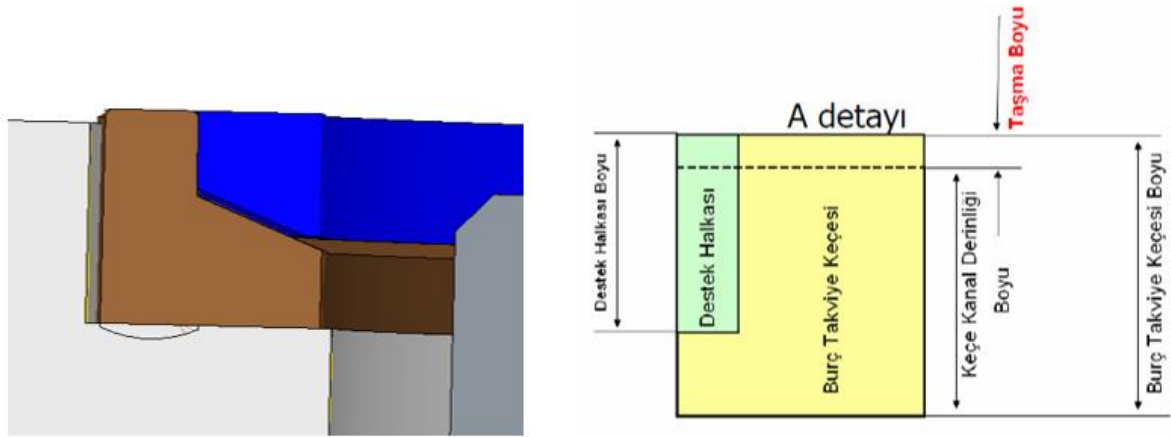
Tablo 1. Yüzey pürüzlülükleri

Yüzey	Kaba	Hassas
Burç Yüzeyi	0,65	0,25
Gövde İç çap	0,35	0,1
Dişli Alın Yüzeyi	0,075	0,05
Dişli muylu çapı	0,1	0,05

Aşağıda Tablo 2’de olası durumlar ile ilgili çalışmalar yapılmış ve temel ana nedeninin beklenildiği gibi burç keçesi olduğu anlaşılmıştır. Burç keçesi, elastik deformasyon özelliği yüksek olduğundan basınç altında yay özelliği gösterdiğinden sıkışmayı sağlamaktadır.

Tablo 2. Kalkış torkları

S	Yüzey Pürüzlülüğü kaba pompa kalkış torku (Nm)	Yüzey pürüzlülüğü hassas pompa Kalkış torku (Nm)
Alıştırma Sonrası	5	5
Şaft keçesi çıkarıldı	4,9	4,9
Gövde oringi çıkarıldı	5	5
Tüm keçeler çıkarıldı	0	0
Gövde O-ringi takıldı	0,2	0,2
Sadece burç keçeleri çıkarıldı	0,1	0,1
Sadece burç keçesi takıldı	5,3	5,2
Tüm keçeler takıldı	5,1	5,1



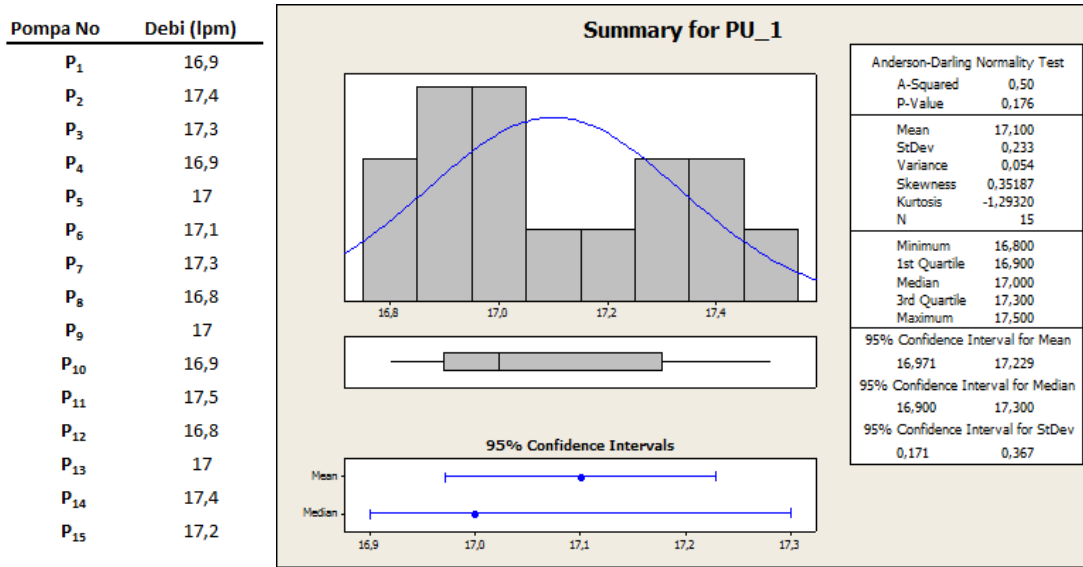
Şekil 13. Keçe kesitinin serbest durumda görünüşü

## VIII. MEVCUT DURUMDA POMPA KALKIŞ TORKLARININ TESPİTİ

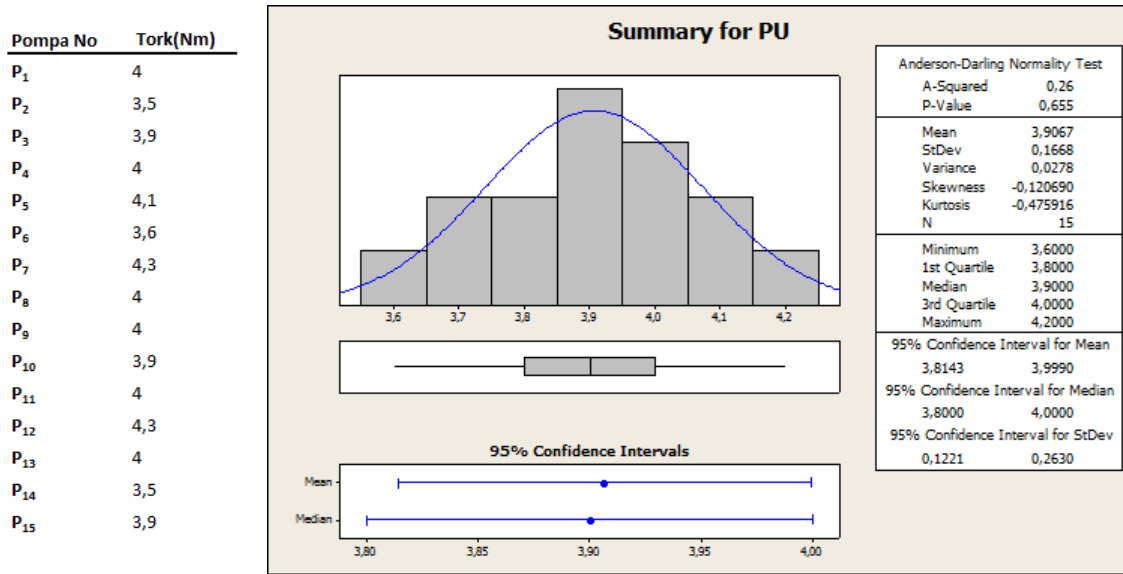
### A. PU Keçe Testleri

İyileştirme ölçütü olarak kalkış torkunu belirlediğimizden dolayı öncelikle mevcut durumda kalkış torkları ölçülmüştür. Bu ölçüm için birbirinin aynı olan 15 adet 12cc iletim hacmine sahip dişli pompa tedarik edilmiştir. Pompaların önce hacimsel verimlilik testi yapılmıştır. 1500rpm'de ve 250bar basınç altında 50°C ve ISO VG46 yağ ile sağladıkları debiler kayıt altına alınmıştır. Pompalar 1 saat soğumaya bırakıldıktan sonra dönme torkları Tablo 2 sonrasında ise kalkış torkları ölçülerek Şekil 15'de gösterilen değerlere ulaşılmıştır. Şekil 14'te PU keçeli pompaların test debileri gösterilmiştir.





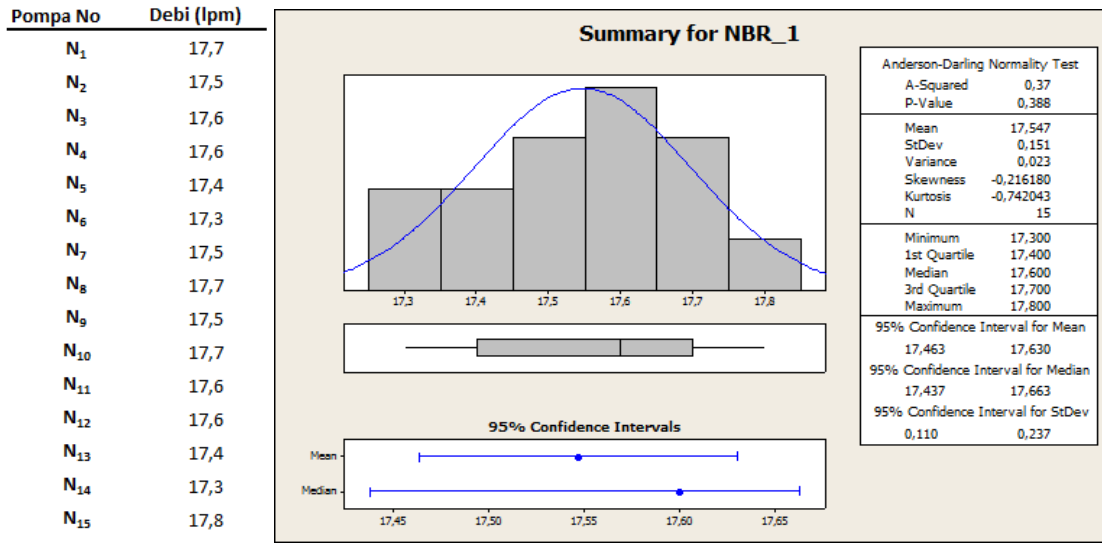
Şekil 14. PU Keçeli pompaların test debileri (250 bar, 50 °C)



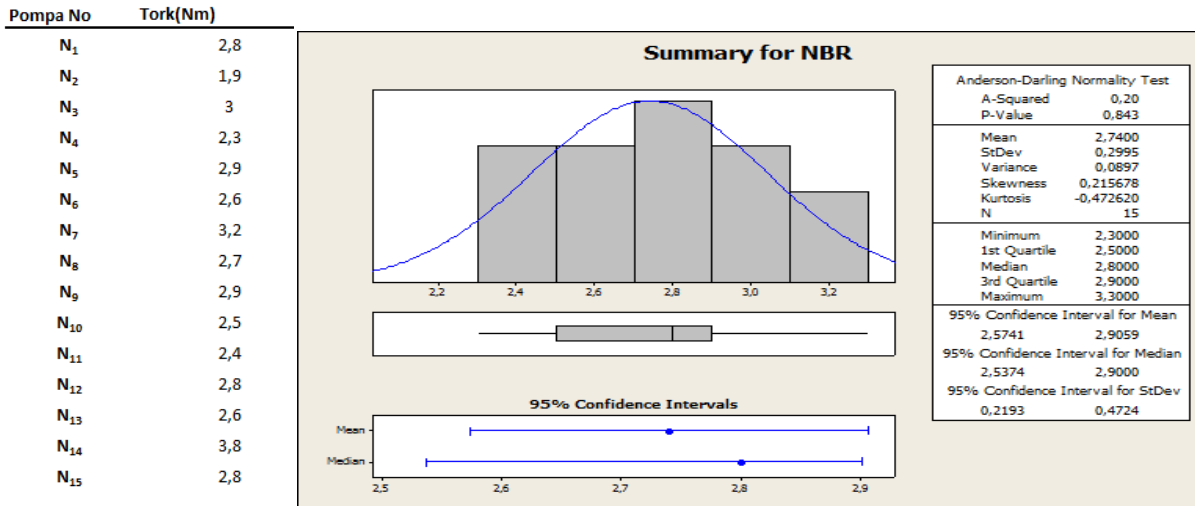
Şekil 15. PU Keçeli pompaların kalkış torkları (250 bar, 50 °C)

## IX. MEVCUT DURUMUN İYİLEŞTİRİLMESİ

Mevcut keçeler ile oluşan kalkış torklarını düşürmek için NBR, FKM (viton) ve HNBR malzemesine sahip keçeler ile 15'er adet pompa toplanmış ve ayrı ayrı her birine 50°C ve ISO VG46 yağ ile hidrolik test yapılmış ve 1500rpm'de 250 bar basınç altında debileri kayıt edilmiştir. Pompalar 1 saat soğumaya bırakıldıktan sonra dönme torkları ölçülmüş ve değerler kayıt edilmiştir. NBR keçeli pompaların kalkış torkları Şekil 17'de gösterilmiştir. Şekil 16'da NBR keçeli pompaların test debileri gösterilmiştir.

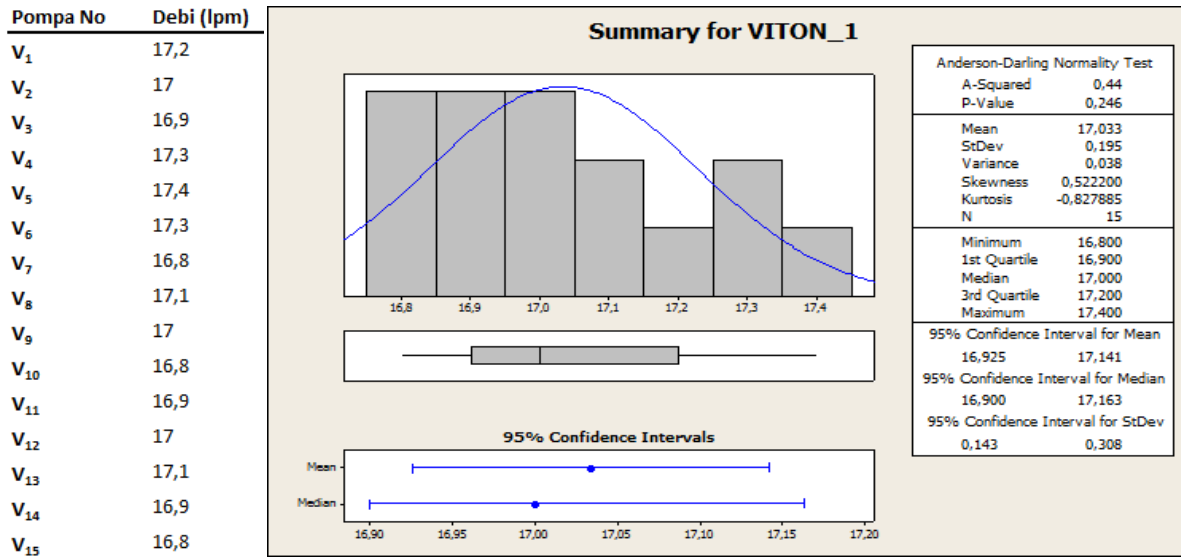


Şekil 16. NBR Keçeli pompaların test debileri (250 bar, 50 °C)

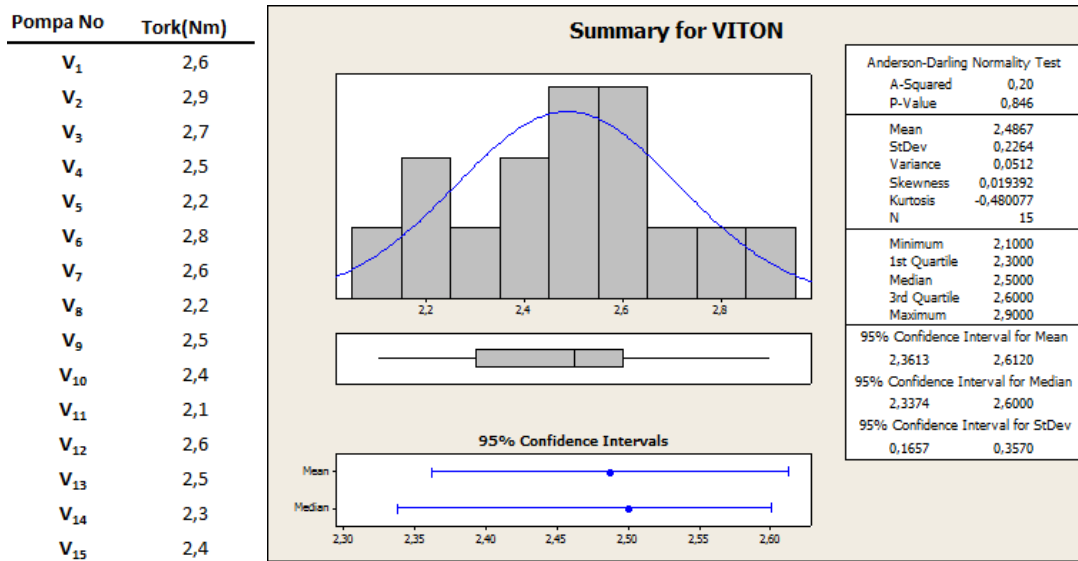


Şekil 17. NBR Keçeli pompaların kalkış torqları (250 bar, 50 °C)

FKM (Viton) keçeli pompaların kalkış torqları Şekil 19’da gösterilmiştir. Şekil 18’de FKM (Viton) keçeli pompaların test debileri gösterilmiştir.

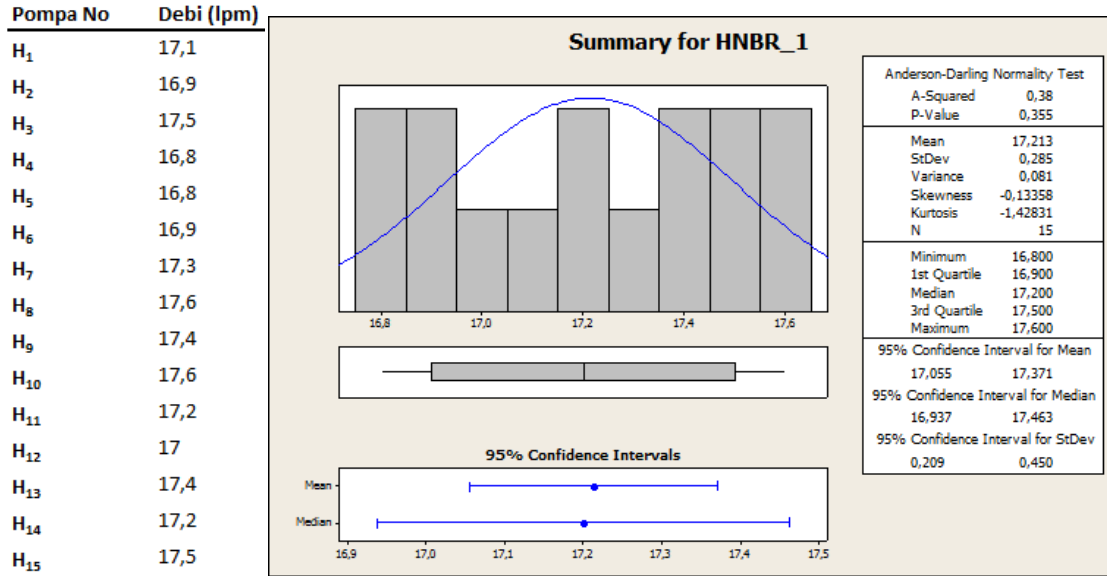


Şekil 18. FKM (Viton) Keçeli pompaların test debileri (250 bar, 50 °C)

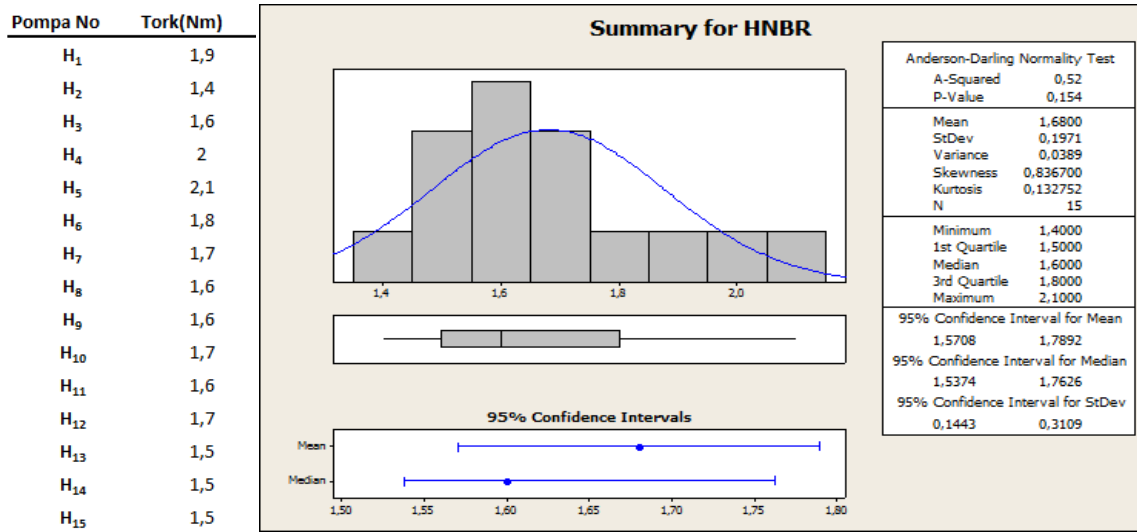


Şekil 19. FKM (Viton) Keçeli pompaların kalkış torkları (250 bar, 50 °C)

HNBR keçeli pompaların kalkış torkları Şekil 21’de gösterilmiştir. Şekil 20’de HNBR keçeli pompaların test debileri gösterilmiştir.



Şekil 20. HNBR Keçeli pompaların test debileri (250 bar, 50 °C)



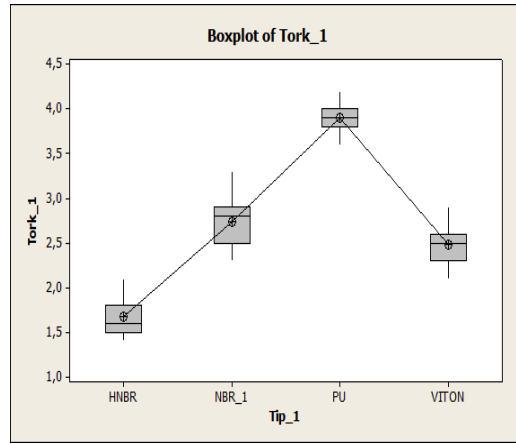
Şekil 21. HNBR Keçeli pompaların kalkış torkları (250 bar, 50 °C)

## X. YAPILAN ÖLÇÜMLERİN MEVCUT DURUM İLE KARŞILAŞTIRMASI

### A. Torkların Karşılaştırılması

Şekil 22'deki sonuçlara göre HNBR tipi keçeler kullanıldığında daha düşük bir kalkış torku oluşuyor. 15 adet örnek incelendiğinde HNBR tip keçenin kalkış torku 1.68Nm olarak görülüyor. Viton malzemeli keçelerin kalkış torkları ise yaklaşık 2.5Nm olduğu belirlenerek alternatif bir keçe malzemesi görünümü sergilemektedir. NBR malzeme ile yapılan kalkış torku testlerinde ise yaklaşık 2.75 Nm olarak ölçüm yapılmıştır. Bu nedenle kalkış torkları açısından NBR malzeme pek tercih edilmemelidir.

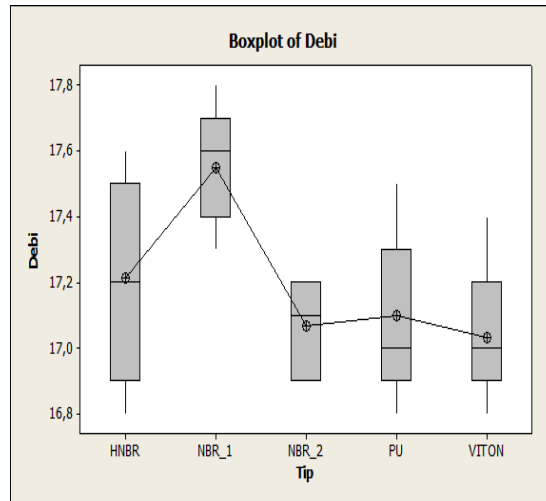
Başlangıçta kullandığımız keçe malzemesi olan PU ise 4Nm'ye yaklaşan kalkış torkları ile en yüksek kalkış torkunu oluşturduğu gözlenmiştir. Bu nedenle bu malzeme kalkış torku açısından son sırada tercih edilmelidir.



Şekil 22. Tork değerleri

### B. Debilerin Karşılaştırılması

Şekil 23'teki sonuçlara göre NBR tipi keçeler kullanıldığında daha yüksek bir debi iletim oranı ile karşılaşıyoruz. 15 adet pompanın 50°C, 1500 rpm'de 250 bar basınç altında ISO VG46 yağ ile ilettiği dakikadaki ortalama debi 17.5 litre olarak görülmektedir. Diğer 3 tip keçe ise aralarında küçük farklar barındırmakla birlikte istatistiksel anlamda aralarında fark görülmediğinden aynı davranışı sergilemektedirler. Bu keçeler, NBR tip keçeye göre ilettikleri debi düşük olmakla birlikte 250 bar basınç altında yaklaşık olarak %95 hacimsel verimliliğe sahip olduklarından debi iletimleri ve hidrolik verimleri kabul edilebilir orandadır.



Şekil 23. Debi değerleri

## XI. SONUÇLAR

Bu çalışmada farklı keçeler kullanılarak dişli pompanın döndürme torkundaki iyileştirmeler ile mekanik verimi artırılmıştır. Test tezgahından alınan veriler ışığında keçeleri değiştirilerek mekanik verimi arttırabildiğimiz gözlemlenmiştir. Yapılan testler neticesinde hidrolik verimliliğin daha önemli olduğu özellikle endüstriyel uygulamalarda NBR keçe kullanımı hacimsel verim yüksekliğinden dolayı tercih edilmelidir. Fakat bu çalışmaya konu olan kalkış torklarının, dolayısı ile mekanik verimin ve esasen enerji tüketiminin daha önemli olduğu, özellikle mobil uygulamalarda HNBR keçe tercih edilme yoluna gidilmelidir.

Yukarıda yapılan testlere göre PU keçe kullanımı hem hacimsel hemde mekanik verimlilik açısından kaçınılması gereken bir keçe türüdür. PU keçesi sistemin torku yükselttiğinden pompanın performansı düşürmektedir. Dişli pompa böylece daha düşük bir verimle çalışmak zorunda kalıyor.

#### KAYNAKLAR

- [1] Makine Mühendisleri Odası. (2001). *Dişli Pompalar. Hidrolik Devre Elemanları ve Uygulama Teknikleri*, İstanbul, 21.
- [2] Düzdar, A. İ., Kantoğlu, B., & Öztürk, B. (2018). A New Product Design After Benckmarking Analysis of Helis Gear Pumps And Optimization In Energy Consumption. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6, 610-617.
- [3] Turgut, M. & Çavdar, K. (2020).Atmosferik Plazma İşlemi Kullanılarak Farklı Kauçuk ve Nonwomen Malzemelerin Yapışma Davranışının İyileştirilmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 25, 289-302.
- [4] Feyzullahoğlu, E. (2016). The Influences of Environmental Factors on Abrasive Wear of FKM, NBR and CR. *Politeknik Dergisi*, 19, 1-8.
- [5] İmamoğlu, D. & Ertunç, Ö. (2020). Dıştan Dişli Pompalarda Diş Ucundaki Kaçakların Teorik ve Sayısal Karşılaştırılması. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 12, 47-60.
- [6] Çalışkan, H. Ç. & Ekmekçi, İ. (2003). Pozitif Deplasmanlı Pompalar. *SAU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7, 206-212.