

HİDROLİK TAHRİKLİ İŞ MAKİNELERİNDE KULLANILAN HİDROMOTORLARIN DEPLASMAN DEĞİŞİMLERİNİN MAKİNE YÜRÜYÜŞ HIZINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Yunus Orhun SUBAŞIOĞLU
Alper Yağız TOKER

ÖZET

Bu çalışmada, hidrolik tahrikli iş makinesinin hidromotor deplasmanının yürüyüş hızına etkisi incelenecektir. Lastik tekerlekli bir iş makinesinde kullanılan hidromotorun deplasmanının değiştirilmesi, hidrolik akışın debi & basınç & hız parametrelerine etki ederek, makinenin belirli bir yük altında verimli bir şekilde çalışabilmesine olanak sağlamaktadır.

Hidrolik tahrikli lastikli iş makinelerinde yürüyüş, genellikle hidromotorlar vasıtası ile sağlanmaktadır. Hidromotor spesifikasyonları ve pompa P-Q eğrisi kapsamındaki debi ve basınç değerlerine göre, makine yürüyüş hızı performansı optimize edilebilmektedir. Bu bağlamda hidromotorda yapılan hidrolik akışın debi ve basıncını etkileyecek deplasman değişiklikleri ile makinenin tüm yürüyüş modlarında, pompa basınçları, debileri, şaft devirleri ve hızları test edilerek, teorik hesaplamalar ile karşılaştırılması yapılmış, deplasman değişiminin makine yürüyüş hızına etkisi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hidromotor, deplasman, yürüyüş hızı, hidrolik tahrik, iş makinesi, pompa P- Q eğrisi

ABSTRACT

In this study, the effect of changing the displacement of the hydraulic motor used in a hydraulically driven rubber-tired construction machine on the travel speed of the machine is investigated. The flow rate and pressure values of the hydraulic flows enable the movement of various components, allowing the machine to operate efficiently under a certain load.

In hydraulically driven rubber-tired construction machines, propulsion is generally provided by hydraulic motors. Depending on the specifications of the hydraulic motor and the flow-pressure (P-Q) curve of the pump, the machine's travel speed performance can be optimized. In this context, displacement changes affecting the flow rate and pressure of the hydraulic fluid in the motor were tested under all travel modes of the machine, and pump pressures, flow rates, shaft speeds, and travel speeds were compared with theoretical calculations. The increase in machine travel speed as a result of displacement reduction was examined.

Key Words: Hydraulic motor, displacement, travel speed, hydraulic drive, construction machine, pump P-Q curve

1. GİRİŞ

İş makinelerinde yürüyüş sistemlerinin güvenilir ve verimli çalışması, sahadaki operasyonların başarısı açısından büyük önem taşımaktadır. Özellikle lastik tekerlekli ekskavatör gibi mobil makinelerde, hareketin kontrolü hidrolik sistemler üzerinden sağlandığı için bu sistemlerde hidromotorlar, yürüyüş tahrikinin temel elemanıdır.

Hidromotorlar, hidrolik enerjiyi mekanik harekete çevirerek tekerleklere tahrik sağlar. Motorun sahip olduğu deplasman değeri, bu dönüşümün karakterini belirler. Deplasman arttıkça motor daha fazla tork üretirken, yürüyüş hızı düşer. Deplasman azaltıldığında ise daha az torkla daha yüksek hızlara ulaşmak mümkündür. Bu nedenle, hidromotorun deplasman değeri ile makinenin yürüyüş performansı arasında doğrudan bir ilişki vardır.[1]

Bu çalışmada, lastik tekerlekli bir iş makinesinde kullanılan hidromotorun farklı deplasman ayarlarının, makinenin yürüyüş hızına olan etkisi incelenmiştir. Yapılan testlerde, çeşitli yük ve modlarda pompa debisi, basıncı, motor devri ve yürüyüş hız değerleri ölçülmüş; hidromotor deplasman değişiminin yürüyüş sistemine olan etkisi net bir şekilde incelenmiştir.

2. HİDROMOTOR DEPLASMANININ MAKİNE HIZI VE TORKUNA ETKİSİ

Lastik tekerlekli ekskavatörlerde yürüyüş hareketi, genellikle hidrolik sistem üzerinden çalışan hidromotorlar ile sağlanır. Bu motorlar, sisteme gönderilen hidrolik akışı kullanarak mekanik dönme hareketi üretir. Hidromotorların en önemli parametrelerinden biri "deplasman" değeridir. Deplasman, motorun bir devirde çevirdiği sıvı hacmini ifade eder ve genellikle cm³/dev cinsinden belirtilir.

Hidromotorun deplasmanı artırıldığında, motor daha fazla akış alır ve dolayısıyla daha yüksek tork üretir. Ancak bu durumda motor devri düşer, yani yürüyüş hızı azalır. Bu, yüksek çekiş gücüne ihtiyaç duyulan düşük hızlı uygulamalarda avantaj sağlar. Örneğin, eğimli veya ağır yük altındaki çalışma koşullarında yüksek tork gereklidir; bu tür durumlarda büyük deplasman tercih edilir.[1] Buna karşılık, deplasman azaltıldığında motor daha az akış alır, tork düşer ancak motor devri artar. Bu da makinenin daha hızlı hareket etmesini sağlar. Yükün az olduğu, düz zeminde ilerleme gibi durumlarda düşük deplasman ayarı ile daha yüksek yürüyüş hızlarına ulaşmak mümkündür.[3] Bu nedenle değişken deplasmanlı hidromotorlar, makinenin farklı ihtiyaçlarına göre hem hız hem de tork açısından esneklik sunar. Uygun deplasman ayarının seçimi, hem yakıt tüketimi hem de sistem verimliliği açısından büyük önem taşımaktadır.[2]

2.1. Teorik Temel:

2.1.1. Tork (Nm):

$$T = \frac{D \cdot \Delta P}{20\pi}$$

- T : Tork (Nm)
- D : Deplasman (cm³/dev)
- ΔP : Basınç farkı (bar)

2.1.2.Hız (rpm):

$$n = \frac{600 \cdot Q}{D}$$

- n : Hidromotor çıkış devri (rpm)
- Q : Debi (L/dk)
- D : Deplasman (cm³/dev)

2.1.3.Makine Hızı (km/h):

$$v = \frac{(Q_{\text{pump}}/q_{\text{yür.mot.}}) \cdot 2\pi \cdot r_{\text{dynamic}}}{(i_{\text{şan}} \cdot i_{\text{aks}})} \cdot \frac{60}{n_u}$$

- Q_{pump} : Pompa debisi (L/dk)
- $q_{\text{yür.mot.}}$: Yürüyüş motoru deplasmanı (cm³/dev)
- r_{dynamic} : Dinamik tekerlek yarıçapı (m)
- $i_{\text{şan}}$: Şanzıman dişli oranı
- i_{aks} : Aks dişli oranı
- n_u : Dönüşten hıza geçiş için dönüş/süre oranı (örneğin dakika → saat dönüşümü vs.)

Bu formüller doğrultusunda, sabit bir ana pompa debisi altında hidromotorun deplasmanı artırıldığında çıkış devri azalır, ancak tork artar. Deplasman azaltıldığında ise çıkış devri artar, ancak üretilen tork azalır. Bu durum, yürüyüş performansı ile doğrudan ilişkilidir.[2]

3. DENEY PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

3.1. Deneyde Kullanılan Cihazlar

Çalışma esnasında basınç, debi, şaft devri, hız ölçümleri yapılmıştır. Bu parametrelerin ölçüm prosedürlerine uygun kalibrasyonu yapılmış cihazlar ile yapılması ölçülen değerlerin doğruluğu açısından önemlidir. Kullanılan cihazlar aşağıdaki gibidir;

Hidroteknik 5060:

Hidrolik yürüyüş sistemine ait performans verilerinin izlenmesi amacıyla Hidroteknik MultiSystem 5060 veri toplama cihazı kullanılmıştır. Cihaz ile, makinenin çalışması sırasında şaft devri, pompa debisi ve basınç değerleri ölçülmüş ve kaydedilmiştir.

Şaft devri ölçümü, cihazın dijital frekans girişleri üzerinden gerçekleştirilmiştir. Hall sensörü yardımıyla alınan sinyaller sayesinde şaftın dakikadaki devir sayısı (rpm) hassas şekilde ölçülmüştür.

Debi ölçümü, sisteme entegre debimetre aracılığıyla analog girişlerden yapılmıştır. Bu sayede belirli bir zamanda hidrolik devreden geçen sıvı hacmi litre/dakika (L/dk) cinsinden okunmuştur.

Basınç ölçümleri, hidrolik hatlara yerleştirilen basınç sensörlerinden elde edilen verilerle yapılmıştır. Bu veriler cihazın analog girişlerine bağlı sensörlerden alınmış ve bar cinsinden kaydedilmiştir.

Tüm bu parametreler, cihazın dahili hafızasına kaydedilmiş ve ölçüm sonrası bilgisayar ortamında analiz edilmiştir. Elde edilen veriler, hidromotorun farklı deplasman ayarlarında sistemin nasıl davrandığını görmek açısından değerlendirilmiştir. Bu ölçümler sayesinde, yürüyüş sisteminin gerçek çalışma koşullarındaki performansına dair kapsamlı bilgiler elde edilmiştir.

VBOX Touch,

Uydu sinyalleri kullanarak makine hızını yüksek doğrulukla ölçen gelişmiş bir hız ölçüm cihazıdır. GPS ve GNSS teknolojisi sayesinde gerçek zamanlı hız verisi sağlar, bu sayede makinenin hareket performansı ve hızı hassas şekilde takip edilebilmektedir.

4.DENEY PROSEDÜRÜ

Deney, 0° eğimde makinenin 2 farklı yürüyüş modunda (Tavşan 1. ve 2. vites), 45 cc ve 40,7 cc hidromotor deplasmanlarında gerçekleştirilmiştir. Test zemini asfalttır. 140 cc kapasitesinde hidromotor kullanılmıştır.

Hidromotorun Ma, Mb, G, X, T portlarından basınç değerleri, P1 ve P2 ana pompalardan basınç, P2 pompasından debi ve şafttan şaft devri değerleri ölçülmüştür. Ölçüm noktaları ile ilgili detaylı bilgi aşağıda belirtilmiştir.

4.1. Ölçüm Noktaları

Ma ve Mb çıkışları: Makinenin ileri geri hareketini sağlamakta ihtiyaç duyduğu debilerin geçtiği ölçüm noktalarıdır. (Şekil 1.2)

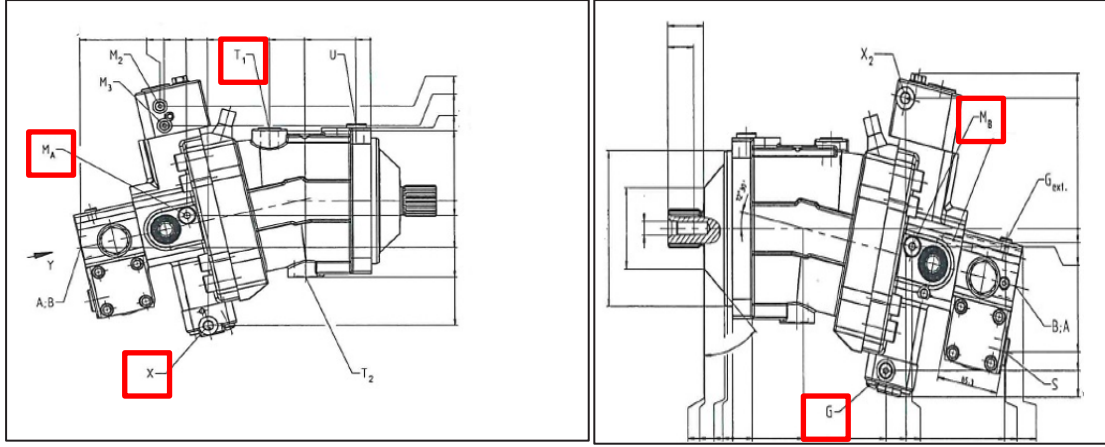
X çıkışı: Pilot hattı ölçüm noktasıdır. Makine hareketi kabin içerisinden verildiğinde bu uyarıyı alarak hidroliği ihtiyaç olan yere yönlendiren hattır. (Şekil 1.2)

T çıkışı: Hidromotor içerisinde görevini yerine getiren hidrolik yağın tanka döndüğü hattın ölçüm noktasıdır. (Şekil 1.2.)

G çıkışı: Senkron kontrol ölçüm noktasıdır. Bir iş makinesinde iki tekerleği süren iki ayrı hidromotor varsa ve biri daha az yüke sahipse, senkron kontrol ile bu motor daha hızlı dönmesin diye sistem müdahale eder. Böylece makine düzgün doğrultuda yürür. (Şekil 1.2)

P1 pompa çıkışı: Makinede motora bağlı pistonlu ana pompadır. Makinenin gerekli olan tüm hidroliğini P2 pompası ile birlikte sağlar. (Şekil 4.)

P2 pompa çıkışı: Makinede motora bağlı pistonlu 2. Ana pompadır. Makinenin gerekli olan tüm hidroliğini bu pompa P1 pompası ile birlikte sağlar.(Şekil 4.)

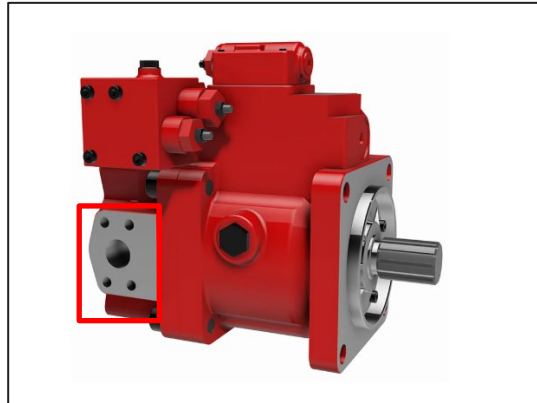


Şekil 1.2. Hidromotor ölçüm noktaları

Ma	Geri yürüyüş besleme basınç portu
Mb	İleri yürüyüş besleme basınç portu
X	Pilot basınç portu
T	Tank dönüş hattı basınç portu
G	Senkron kontrol portu

Şekil 3. Hidromotor ölçüm noktaları açıklamaları

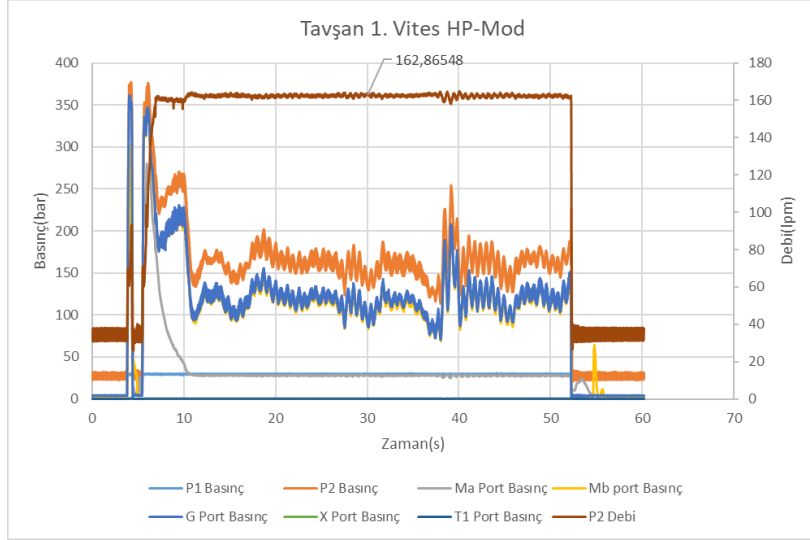
Şekil 3. de gösterilen ölçüm noktaları, hidromotor üzerinden ölçüm alınan ölçüm noktalarıdır.



Şekil 4. Ana pompa ölçüm noktası[4]

5.1. Test 1 sonuçları:

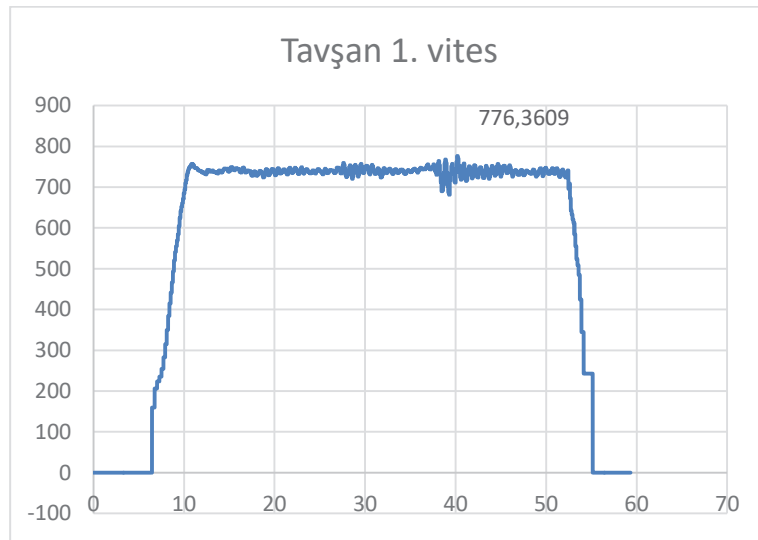
P2 pompası hidromotoru besleyen pompadır. Ana hidrolik akışı bu pompadan sağlanır. Hidromotora giren hidrolik yağ, makine ileri hareketinde Mb portunu devreye sokar. Tavşan 1. Vites yavaş mod olduğu için Mb portunda ki basınç 120,98 bar olarak ölçülmüştür. P2 pompa debisi ise 162,86 lpm değerinde seyretmiştir.



bar							lpm
P1 Pompa Basınç	P2 Pompa Basınç	Ma Port Basınç	Mb port Basınç	G Port Basınç	X Port Basınç	T1 Port Basınç	P2 pompa debi
29,63703	172,14	33,46413	120,98	121,31	0,17065	0,332132	162,86

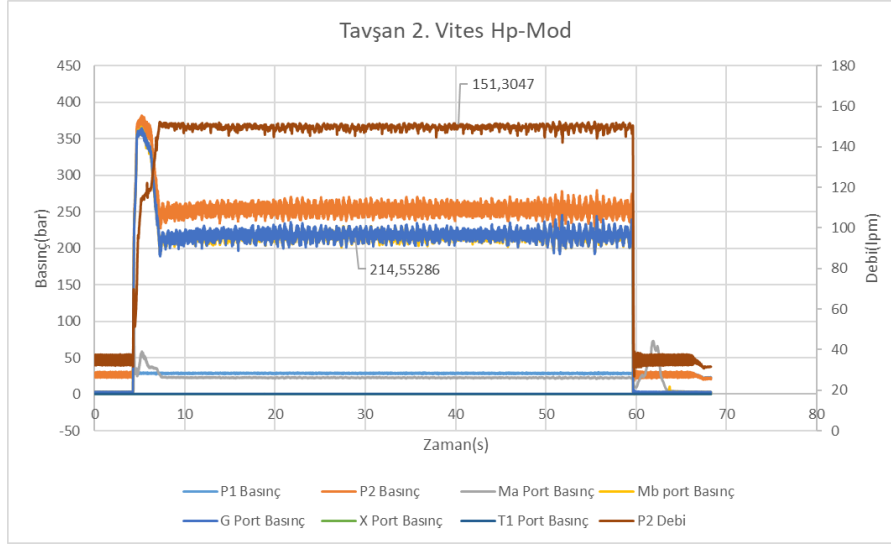
Şekil 6. Tavşan 1. vites 45 cc deplasman basınç&debi sonuçları

Makine Tavşan 1. Vites yavaş modda şaft devri 776,3609 rpm, makine hızı 9,09 km/h olarak ölçülmüştür.



Şekil 7. Tavşan 1. vites 45 cc deplasman şaft devri sonuçları

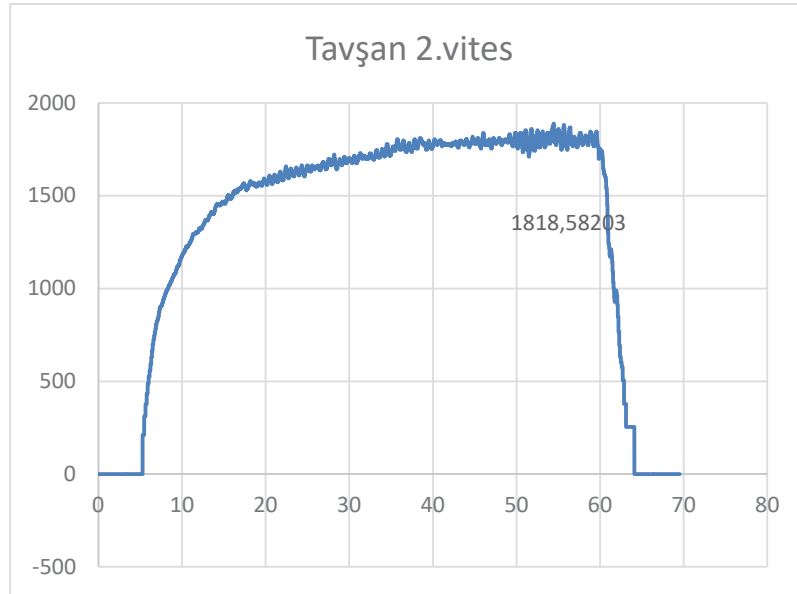
Hidromotora giren hidrolik yağ, makine ileri hareketinde Mb portunu devreye sokar. Tavşan 2. Vites max. hız modu olduğu için Mb portunda ki basınç 213,48 bar olarak ölçülmüştür. P2 pompa debisi ise 151,304 lpm değerinde seyretmiştir.



bar							lpm
P1 Pompa Basınç	P2 Pompa Basınç	Ma Port Basınç	Mb port Basınç	G Port Basınç	X Port Basınç	T1 Port Basınç	P2 pompa debi
28,49689	250,71	21,45526	213,48	214,55	0,259802	0,42614	151,304

Şekil 8. Tavşan 2. vites 45 cc deplasman basınç&debi sonuçları

Makine Tavşan 2. Vites orta hız modda şaft devri 1818,58203 rpm, makine hızı 21,899 km/h olarak ölçülmüştür.



Şekil 9. Tavşan 2. vites 45 cc deplasman şaft devri sonuçları

6.SONUÇ

45cc deplasman için yukarıda belirtilen grafikler ve tablolar, ölçüm esnasında alınan basınç & debi, şaft devri parametrelerini göstermektedir. Bütün hidromotor deplasmanında alınan değerlerde bu yöntem kullanılarak grafikler elde edilmiştir. 140 cc kapasiteli hidromotorun 45cc deplasmanlı testinden sonra 40,7 cc deplasmanlı durum için de aynı denemeler yapılarak sonuçlar elde edilmiştir. Aşağıda 2 farklı deplasmanın, 2 farklı yürüyüş modunda elde edilen sonuçlarının olduğu karşılaştırma tablosu en nihai sonuç olarak belirtilmiştir.

Tablo 1. Karşılaştırma tablosu

	cc	bar			lpm	rpm	km/h
	Hidromotor deplasmanı	P2 Pompa Basınç	Mb port Basınç	G Port Basınç	P2 pompa debi	Şaft Devri	Makine Hızı
Tavşan 1. Vites	45 cc	172,14	120,98	121,31	162,86	776,3609	9,09
	40,7 cc	165,09	120,73	121,18	160,89	784,882	9,965
Tavşan 2. Vites	45 cc	250,71	213,48	214,55	151,304	1818,582	21,899
	40,7 cc	264,65	215,88	216,25	159,76	2263,402	27,54

Bu çalışmada, lastikli ekskavatör uygulamasında kullanılan hidromotorun farklı deplasman değerlerinde elde edilen makine yürüyüş hızı performanları karşılaştırılmıştır. 45 cc ve 40,7 cc olarak belirlenen iki farklı hidromotor deplasmanında, aynı test koşullarında yapılan ölçümler; pompa basıncı, debi, şaft devri ve makine yürüyüş hızı gibi kritik parametreler üzerinden değerlendirilmiştir.

Tablo 1 de belirtilen veriler incelendiğinde, hidromotor deplasmanının 45 cc'den 40,7 cc'ye düşürülmesiyle birlikte şaft devrinde ve makine yürüyüş hızında artış gözlemlenmiştir. Özellikle tavşan 2. vites modunda 45 cc deplasmanlı motorla elde edilen 21,899 km/h hız, 40,7 cc deplasmanlı motor ile 27,54 km/h'ye çıkmıştır. Bu artışa karşın, pompa basınç ve debi değerlerinde ise sınırlı farklılıklar gözlenmiş, sistemin hidrolik dengelemesi korunmuştur.

Bu sonuç, hidromotor deplasmanının azaltılmasının, sabit debi altında motor devir sayısını artırarak yürüyüş hızını artırdığını göstermektedir. Özellikle değişken deplasmanlı pompa kullanılan sistemlerde, makinenin farklı hız modlarında daha verimli çalışmasını sağlamak amacıyla bu yaklaşım önemli avantajlar sunmaktadır. Böylece hem enerji verimliliği artırılmakta hem de çalışma sahasında farklı hız ihtiyaçlarına uygun dinamik bir sistem elde edilebilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Liu ve ark., "Performance analysis of a high-speed low-torque variable-displacement bent-axis hydraulic motor", *Engineering Research Express*, vol. XX, 2022
- [2] Power & Motion, "Speed Control of Hydraulic Motors", 2006.
- [3] Gerrard Hydraulics, "What are Hydraulic Motors?", 2017
- [4] <https://www.kawasakihydraulics.com/type/axial-piston-pumps/>

ÖZGEÇMİŞ

Yunus Orhun SUBAŞIOĞLU

1993, Amasya doğumludur.2018 yılında Gaziantep Üniversitesi Makine Mühendisliği lisans programından mezun olmuştur. 2025 yılında Çankaya Üniversitesi Makine Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programını tamamlamış ve yüksek makine mühendisi ünvanını almıştır.İş hayatına 2018 yılında Volvo Construction Equipment-Ceylan Otomotiv firmasında servis mühendisi olarak başlayarak sırasıyla 2020 yılında Meka A.Ş firmasında Servis&Yedek parça mühendisi, ve 2021 yılında Hidromek A.Ş firmasında Ürün Uzmanı olarak görev yaptıktan sonra yine aynı firmada HİDROMEK A.Ş'de 2023 yılından beri Ar&Ge Test Mühendisi olarak görev yapmaktadır.

Alper Yağız TOKER

1994, Tekirdağ doğumludur.2018 yılında Karabük Üniversitesi Makine Mühendisliği programından mezun olmuştur. İş hayatına 2020 yılında MAKEL Teknoloji A.Ş firmasında Kalite Test Mühendisi olarak başlamış olup 2022 yılında beri HİDROMEK A.Ş firmasında Ar&Ge Uzman Test Mühendisi olarak görev yapmaktadır.