T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İŞ MAKİNALARINDA VE TRAKTÖRLERDE KULLANILAN HİDROLİK YAĞ BASINÇ KAYIPLARININ DÜŞÜRÜLMESİNİN YAKIT TASARRUFUNA ETKİSİ

HAKAN KOÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI

DOÇ. DR. ÇİĞDEM SUSANTEZ

EDİRNE-2024

Hakan Koç'un hazırladığı "**İş Makinalarında ve Traktörlerde Kullanılan Hidrolik Yağ Basınç Kayıplarının Düşürülmesinin Yakıt Tasarrufuna Etkisi**" başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Makina Mühendisliği Anabilim Dalında bir **Yüksek lisans tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri:	İmza
Prof. Dr. Kamil KAHVECİ	……
Prof. Dr. Ünal AKDAĞ	……
Doç. Dr. Çiğdem SUSANTEZ	……

Tez Savunma Tarihi: 27 / 06 / 2024

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

İmza

Doç. Dr. Çiğdem SUSANTEZ

Tez Danışmanı ……

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

Prof. Dr. Muharrem Tolga SAKALLI

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

T.Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

DOĞRULUK BEYANI

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

27 / 06 / 2024

Hakan KOÇ

Yüksek Lisans Tezi

İş Makinalarında ve Traktörlerde Kullanılan Hidrolik Yağ Basınç Kayıplarının Düşürülmesinin Yakıt Tasarrufuna Etkisi

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı

ÖZET

Traktörlerde yer alan yön kontrol valfleri, traktöre bağlanan ekipmanları, kaldırıcı kontrolünü ve çeşitli ekipmanların hareketini kontrol etmek için kullanılır. Bu sistemlerde hidrolik yağ, yön kontrol valfleri aracılığıyla yönlendirilir. Bu valfler, yağın akışını ve basıncını kontrol ederek istenen hareketi sağlar. Yön kontrol valfleri çoğunlukla sürgü tiplidir.

Ancak yön kontrol valfleri tasarım gereği belirli basınç kayıplarına yol açar. Yön kontrol valflerinin basınç kayıplarını azaltmak için pürüzsüz yüzeyler kullanmak, daha verimli akış kanalları tasarlamak basınç kayıplarını düşürmek için kullanılan yöntemlerdendir. Fakat bu yöntemler ilk yatırım maliyetini arttırdığı gibi seri üretim koşullarında muadillerine göre fiyatının çok pahalı olmasına neden olmaktadır. Basınç kayıpları, pompada tüketilen enerjiyi ve dolayısıyla yakıt tüketimini arttırır. Özellikle yüksek pompa debilerinde basınç kayıpları daha da artacağı için enerji ve yakıt tüketimi de önemli ölçüde artmaktadır.

Yapılan bu çalışmada traktör ve iş makinası valflerinde, nötr pozisyonda boşaltma valfi yardımıyla yağ akışını ayırarak basınç kaybını düşürmek hedeflenmiştir. Bu çalışmanın, traktörlerde ve iş makinalarında yakıt tasarrufu ve hidrolik sistem verimliliğinin artırılması için önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu katkı analizlerle birlikte değerlendirilmiş ve genel anlamda yön kontrol valflerinin çalışma prensibi detaylıca sunulmuştur. Yeni yapılan tasarım ile basınç kayıplarında ne kadar düşüş yaşandığı ve bunun yakıt tasarrufuna katkısı hesaplanmıştır.

Yıl : 2024

Sayfa Sayısı : 97

Anahtar Kelimeler : Kontrol valfi, Yakıt, Basınç kaybı, Enerji tasarrufu

Master’s Thesis

The Effect of Reducing The Pressure Losses of Hydraulic Oil Used in Construction Machinery and Tractor on Fuel Savings

Trakya University Institute of Natural And Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

ABSTRACT

Directional control valves, which are used to control the equipment connected to the tractor, control of the rockshaft mechanism and the movement of the various equipments. In these systems, hydraulic oil is directed through directional control valves. These valves provide the desired movement by controlling the flow and pressure of the oil. Directional control valves are generally spool type valves.

However, directional control valves cause certain pressure losses by design. In order to reduce the pressure losses of control valves, using smooth surfaces, designing more efficient flow channels are methods used to reduce pressure losses. But these methods increase the initial investment cost and cause the price to be very expensive compared to their equivalents under mass production in serial conditions. Pressure losses increase the energy consumed in the pump and thus fuel consumption. Especially at high pump flow rates, energy and fuel consumption increases significantly as pressure losses will increase even more.

In this study, it is aimed to reduce the pressure loss in tractor and construction machine valves by separating the oil flow with the help of a unloading valve in the neutral position. This study is thought to make an important contribution to fuel saving and increasing hydraulic system efficiency in tractors and construction machines. This contribution was evaluated together with the analysis and the general working principle of control valves was presented in detail. The reduction in pressure losses with the new design and its contribution to fuel saving was calculated.

Year : 2024
Number of Pages : 97
Key Words : Control valve, Fuel oil, Pressure lost, Energy saving

ÖNSÖZ

Hazırlanan bu çalışmada iş makinalarında ve traktörlerde kullanılan hidrolik yağ basınç kayıplarının düşürülmesinin yakıt tasarrufuna etkisinin deneysel ve teorik analiz edilmesi hedeflenmiştir.

Yüksek Lisans tezi danışmanlığımı üstlenerek gerek çalışmalarımın yürütülmesi gerekse konu seçimi sırasında bilgisinden ve desteğinden mahrum bırakmayan hocam sayın Doç. Dr. Çiğdem SUSANTEZ'e teşekkür ederim.

Yüksek lisans yapmakta olduğum Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nın öğretim üyelerine de ders aldığım süre boyunca sağladıkları katkılardan dolayı teşekkür ederim.

Tez başlangıcından bitişine kadar yardımlarını esirgemeyen değerli Eşim Deniz KOÇ'a teşekkür ederim.

En başından itibaren bu çalışmayı destekleyen ve her türlü yazılım ve test desteğini esirgemeyen şirketim Hema Endüstri'ye, çok değerli çalışma arkadaşlarıma teşekkürü borç bilirim.

Hakan KOÇ

İÇİNDEKİLER

ÖZET iv
ABSTRACT v
ÖNSÖZ vi
İÇİNDEKİLER vii
ŞEKİLLER DİZİNİ x
ÇİZELGELER DİZİNİ xiv
BÖLÜM 1 1
GİRİŞ 1
BÖLÜM 2 4
LİTERATÜR TARAMASI 4
2.1. Traktörlerde Hidrolik Yön Kontrol Valfleri 14
2.1.1. Hidrolik Valfler 15
2.1.2. Yön Kontrol Valfleri 16
2.1.2.1. Sürgülü Yön Kontrol Valfleri 17
2.1.2.2. Mekanik Kontrollü Yön Kontrol Valfi 18
2.1.2.3. Pilot Uyarı Kontrollü Yön Kontrol Valfi 21
2.1.2.4. Elektro Hidrolik Kontrollü Yön Kontrol Valfi 22
2.1.2.5. Elektrik Kontrollü Yön Kontrol Valfi 23
2.1.2.6. Pnömatik Kontrollü Yön Kontrol Valfi 24
2.1.2.7. Açık Merkezli Yön Kontrol Valfleri 25
2.1.2.8. Kapalı Merkezli Yön Kontrol Valfleri 26
2.1.2.9. Paralel Devreli Yön Kontrol Valfleri 27
2.1.2.10. Seri Devreli Yön Kontrol Valfleri 29
2.2. Basınç Kaybını Düşüren Yeni Valf Tasarımı 31

2.2.1. Boşaltma Valf Solenoidinin Çalışma Anındaki Konumları ve Devre Şeması 32
2.2.1.1. Kapalı Konum 32
2.2.1.2. Açık Konum 33
2.2.2. Yön Kontrol Valfinin Konumları ve Hidrolik Devre Şeması 33
2.2.2.1. Enerjisiz Nötr Konum 33
2.2.2.2. Enerjili Nötr Konum 34
BÖLÜM 3 37
MATERYAL VE METOD 37
3.1. Materyal 37
3.1.1. Deney Tezgahı 39
3.2. Metod 42
3.2.1. Traktör Hidrolik Devre Bağlantısı 42
3.2.2. Traktör ve Yükleyicilerde Kullanılan Yağlar 44
BÖLÜM 4 45
NÜMERİK ANALİZLER 45
4.1. Test Parametrelerinin Belirlenmesi 45
4.1.1. Test Programı 46
4.1.2. Test Şartları 47
4.1.3. Pompa Hacimsel Yağ Debisi 10 lt/dk CFD Enerjisiz, Tahliye Kanalsız Konum 49
4.1.4. Pompa Hacimsel Yağ Debisi 60 lt/dk CFD Enerjisiz, Tahliye Kanalsız Konum 49
4.1.5. Pompa Hacimsel Yağ Debisi 80 lt/dk CFD Enerjisiz, Tahliye Kanalsız Konum 50
4.1.6. Pompa Hacimsel Yağ Debisi 100 lt/dk CFD Enerjisiz, Tahliye Kanalsız Konum 51
4.1.7. Pompa Hacimsel Yağ Debisi 10 lt/dk CFD Enerjili, Tahliye Kanallı Konum 52
4.1.8. Pompa Hacimsel Yağ Debisi 60 lt/dk CFD Enerjili, Tahliye Kanallı Konum 53
4.1.9. Pompa Hacimsel Yağ Debisi 80 lt/dk CFD Enerjili, Tahliye Kanallı Konum 54

4.1.10. Pompa Hacimsel Yağ Debisi 100 lt/dk CFD Enerjili, Tahliye Kanallı Konum 55
4.2. Mesh Analizi ile CFD Sonuç Karşılaştırması 56
BÖLÜM 5 59
DENEYSEL ANALİZLER 59
5.1. Yeni Tasarım Solenoid Valf 59
5.2. Solenoid Valfin Montajı 59
5.3. Test Şartları 62
5.4. Test Düzeneği 62
5.5. Test Tezgaında Deneylerin Yapılışı 63
5.5.1. Test Tezgahı Enerjisiz Konum Test Sonuçları 63
5.5.2. Test Tezgahı Enerjili Konum Test Sonuçları 63
5.6. Traktör Üzerinde Deneysel Test 64
5.7. Traktör Üzerinde Deney Şartları 64
5.8. Traktör, Test Tezgahı ve CFD Basınç Kayıp Sonuçları Üzerinde Bulgular 68
5.8.1. Pompa Debisi 10, 60, 80, 100 lt/dk Traktör, Test Tezgahı ve CFD Valf Basınç Kayıp Sonuçları 68
BÖLÜM 6 74
SONUÇ VE ÖNERİLER 74
KAYNAKLAR 76
ÖZGEÇMİŞ 81

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Traktörün Temel Yapısal Elemanları 15
Şekil 2.2. İki Yollu İki Konumlu Valf Hidrolik Devre Şeması 17
Şekil 2.3. Valf Kumanda Yöntemleri 17
Şekil 2.4. Altı Yollu Üç Konumlu Yay Merkezlemeli Kumanda Kollu Valf 18
Şekil 2.5. Altı Yollu Üç Konumlu Yay Merkezlemeli Kumanda Kollu Valf Sürgü İçeri Konum 19
Şekil 2.6. Altı Yollu Üç Konumlu Yay Merkezlemeli Kumanda Kollu Valf Sürgü Dışarı Konum 20
Şekil 2.7. Mekanik Kumanda Kolu 21
Şekil 2.8. Altı Yollu Üç Konumlu Yay Merkezlemeli Pilot Uyarı Kontrollü Valf 21
Şekil 2.9. Pilot Uyarı Kontrollü Örnek Valf Tasarımı 22
Şekil 2.10. Altı Yollu Üç Konumlu Yay Merkezlemeli Elektro-Hidrolik Kontrollü Valf 22
Şekil 2.11. Elektro Hidrolik Kontrollü Örnek Valf Tasarımı 23
Şekil 2.12. Altı Yollu Üç Konumlu Yay Merkezlemeli Elektrik Kontrollü Valf 23
Şekil 2.13. Elektrik Kontrollü Örnek Valf Tasarımı 24
Şekil 2.14. Altı Yollu Üç Konumlu Pnömatik Tahrikli Yön Kontrol Valfi 24
Şekil 2.15. Pnömatik Tahrikli Örnek Yön Kontrol Valfi Tasarımı 25
Şekil 2.16. Açık Merkezli Hidrolik Devrenin Görsel ve Şeması 25
Şekil 2.17. Açık Merkezli Hidrolik Devre 26
Şekil 2.18. Kapalı Merkezli Hidrolik Devrenin Görsel ve Şeması 26
Şekil 2.19. Kapalı Merkezli Hidrolik Devre 27
Şekil 2.20. Paralel Devreli Yön Kontrol Valf Örneği 28

Şekil 2.21. Paralel Devreli Hidrolik Sistem 28
Şekil 2.22. Örnek Paralel Devreli Hidrolik Valf Devre Şeması 29
Şekil 2.23. Seri Devreli Yön Kontrol Valfi Örneği 29
Şekil 2.24. Seri Devreli Hidrolik Sistem 30
Şekil 2.25. Örnek Seri Devreli Hidrolik Valf Devre Şeması 30
Şekil 2.26. Yön Kontrol Valfi 31
Şekil 2.27. Solenoid Valf (Kapalı) 32
Şekil 2.28. Solenoid Valf (Açık) 33
Şekil 2.29. Yön Kontrol Valfi Enerjisiz Nötr Konum Hidrolik Devre Şeması 33
Şekil 2.30. Yön Kontrol Valfi Enerjisiz Nötr Konum Akış Alanı 34
Şekil 2.31. Yön Kontrol Valfi Enerjili Nötr Konum Hidrolik Devre Şeması 35
Şekil 2.32. Yön Kontrol Valfi Enerjili Nötr Konum Akış Alanı 35
Şekil 2.33. Gövde Üzerinde Gösterilen Akış Alanının Kesit Gösterilişi 36
Şekil 3.1. Hidrolik Yön Kontrol Valfi Kısmi Kesiti Enerjsiz Konum 37
Şekil 3.2. Boşaltma Solenoid Valfi Enerjisiz Konum 38
Şekil 3.3. Hidrolik Yön Kontrol Valfi Kısmi Kesiti Enerjili Konum 38
Şekil 3.4. Boşaltma Solenoid Valfi Enerjili Konum 38
Şekil 3.5. PL2150 Test Tezgahı 39
Şekil 3.6. Hema Endüstri Deney Tezgahının Dijital Debimetresi 40
Şekil 3.7. Hema Endüstri Deney Tezgahının Parker Filtresi 41
Şekil 3.8. Hema Endüstri Deney Tezgahının Arkadan Görünüşü 41
Şekil 3.9. Traktör Hidrolik Sistem Şeması 42
Şekil 3.10. Farklı Sıcaklıklarda Hidrolik Yapın Viskosite Değişim Grafiği 44
Şekil 4.1. Türbülanslı Akış İçin Seçilen Çözüm Modeli 48
Şekil 4.2. CFD Modelinin Sınır Şartlarının Görüntüsü 48
Şekil 4.3. 10 lt/dk Hacimsel Yağ Debisinde VG100 Yağıyla Basınç Kontürü 49

Şekil 4.4. 10 lt/dk Hacimsel Yağ Debisinde VG68 Yağıyla Basınç Kontürü.....49
Şekil 4.5. 10 lt/dk Hacimsel Yağ Debisinde VG32 Yağıyla Basınç Kontürü.....49
Şekil 4.6. 60 lt/dk Hacimsel Yağ Debisinde VG100 Yağıyla Basınç Kontürü.....50
Şekil 4.7. 60 lt/dk Hacimsel Yağ Debisinde VG68 Yağıyla Basınç Kontürü.....50
Şekil 4.8. 60 lt/dk Hacimsel Yağ Debisinde VG32 Yağıyla Basınç Kontürü.....50
Şekil 4.9. 80 lt/dk Hacimsel Yağ Debisinde VG100 Yağıyla Basınç Kontürü.....51
Şekil 4.10. 80 lt/dk Hacimsel Yağ Debisinde VG68 Yağıyla Basınç Kontürü.....51
Şekil 4.11. 80 lt/dk Hacimsel Yağ Debisinde VG32 Yağıyla Basınç Kontürü.....51
Şekil 4.12. 100 lt/dk Hacimsel Yağ Debisinde VG100 Yağıyla Basınç Kontürü.....52
Şekil 4.13. 100 lt/dk Hacimsel Yağ Debisinde VG68 Yağıyla Basınç Kontürü.....52
Şekil 4.14. 100 lt/dk Hacimsel Yağ Debisinde VG32 Yağıyla Basınç Kontürü.....52
Şekil 4.15. 10 lt/dk Hacimsel Yağ Debisinde Vg100 Yağıyla Yapılan Enerjili Basınç Kontürü 53
Şekil 4.16. 10 lt/dk Hacimsel Yağ Debisinde Vg68 Yağıyla Yapılan Enerjili Basınç Kontürü 53
Şekil 4.17. 10 lt/dk Hacimsel Yağ Debisinde Vg32 Yağıyla Yapılan Enerjili Basınç Kontürü 53
Şekil 4.18. 60 lt/dk Hacimsel Yağ Debisinde Vg100 Yağıyla Yapılan Enerjili Basınç Kontürü 54
Şekil 4.19. 60 lt/dk Hacimsel Yağ Debisinde Vg68 Yağıyla Yapılan Enerjili Basınç Kontürü 54
Şekil 4.20. 60 lt/dk Hacimsel Yağ Debisinde Vg32 Yağıyla Yapılan Enerjili Basınç Kontürü 54
Şekil 4.21. 80 lt/dk Hacimsel Yağ Debisinde Vg100 Yağıyla Yapılan Enerjili Basınç Kontürü 55
Şekil 4.22. 80 lt/dk Hacimsel Yağ Debisinde Vg68 Yağıyla Yapılan Enerjili Basınç Kontürü 55

Şekil 4.23. 80 lt/dk Hacimsel Yağ Debisinde Vg32 Yağıyla Yapılan Enerjili Basınç Kontürü 55

Şekil 4.24. 100 lt/dk Hacimsel Yağ Debisinde Vg100 Yağıyla Yapılan Enerjili Basınç Kontürü 56

Şekil 4.25. 100 lt/dk Hacimsel Yağ Debisinde Vg68 Yağıyla Yapılan Enerjili Basınç Kontürü 56

Şekil 4.26. 100 lt/dk Hacimsel Yağ Debisinde Vg32 Yağıyla Yapılan Enerjili Basınç Kontürü 56

Şekil 4.27. 250000 Eleman Sayısı ile Yapılan Analiz Görüntüsünü Mesh Sonucu 57

Şekil 5.1. İki Yollu İki Konumlu Solenoid Valf Projesi 59

Şekil 5.2. Ana Yön Kontrol Valfinin Boşaltma Valfi ile Montajlanmış Hali 60

Şekil 5.3. Boşaltma Valfi Elektrik Bağlantılı Hali 60

Şekil 5.4. Test Tezgahı Gösterge Paneli 1 61

Şekil 5.5. Test Tezgahı Gösterge Paneli 2 61

Şekil 5.6. Yön Kontrol Valfi Test Düzeneği 62

Şekil 5.7. Traktör Test Düzeneği 64

Şekil 5.8. Sıcaklık Ölçüm Cihazı 65

Şekil 5.9. Bobin Sıcaklık Ölçümü 66

Şekil 5.10. Harici Güç Kaynağı Voltaj Ayarı 66

Şekil 5.11. Fluke Sıcaklık Ölçer 67

Şekil 5.12. Ölçüm Cihazlarının Hassasiyet Değerleri 67

Şekil 5.13. Yön Kontrol Valfinde A ve B Kesitlerinin Gösterilişi 69

Şekil 5.14. Traktör, Test Tezgahı, CFD Valf Basınç Kayıp Sonuçları 70

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Hema Endüstri Deney Tezgahı Seri Değişkenleri 39
Çizelge 3.2. Hema Endüstri Dişli Pompa Çalışma Özellikleri 40
Çizelge 3.3. Hema Endüstri Deney Tezgahı Pompa Özellikleri 40
Çizelge 3.4. Hema Endüstri Deney Tezgahı Filtre Özellikleri 41
Çizelge 3.5. Motor Devrine Göre Pompa Debisi 1 43
Çizelge 3.6. Motor Devrine Göre Pompa Debisi 2 43
Çizelge 4.1. Ağ Sayısının Artışına Göre Basınç Kayıp Sonuçları 57
Çizelge 5.1. Test Sonuçları CFD 71
Çizelge 5.2. Deneysel Test Sonuçları (Test Tezgahı) 71
Çizelge 5.3. Deneysel Test Sonuçları (Traktör) 72

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Dünyadaki tüm ülkelerin ekonomileri, sanayi, hizmetler ve tarım olmak üzere üç temel sektörden oluşmaktadır. Bu sektörler arasında tarım, gıda güvenliği, ulusal gelire katkısı ve sosyolojik önemi açısından özel bir yere sahiptir. Tarihsel süreç içerisinde tarımsal üretimde işgücüne olan bağımlılığın azaltılması ihtiyacı, tarımsal mekanizasyonun önemini ve kullanımını artırmıştır. Modern tarım makinaları ve ekipmanları, tarımsal faaliyetlerin daha hızlı, daha kolay ve daha verimli şekilde yapılmasını sağlamaktadır (Sayin vd, 2015).

Tarımda ilerleme, zamana ve doğaya karşı yönetilmek zorundadır. Tarımda hedeflenen hızlılık, mekanizasyon ile sağlanmış olup (Nak, 2019), zaman yönünden sınırlanmış işlerin zamanında bitirilmesine olanak sağlar. Mevsimlerin, ayların, günlerin hatta saatlerin bile önemli olduğu tarım işlerinde yaşanılan gecikmeler büyük maddi zararlar doğurabilir.

Sanayide ileri gitmiş ülkeler, tarımda mutlaka mekanizasyonu iyi yapmış ülkelerdir. Gelişen teknolojiye uyum sağlamak zorunda olan ülkemizde de eski ve ilkel tarım araçlarının kullanımı bırakılmakta eski ve ilkel yöntemlerden uzaklaşmakta ve teknolojik tarım makinaları ve hayatı kolaylaştıran iş makinalarının kullanımı hızla artmaktadır. Bu gelişmeler neticesinde, ülkemizde de gerek tarım makinaları, gerek iş makinaları, gerekse traktör imalatı önemli üretim sayılarına erişmiştir.

Ülkemizde de verimliliğin yükseltilmesi hedeflenirken yıllık kalkınma planlarında buna değinilmiştir. Tarım, ormancılık, inşaat politikalarında hedeflenen yere gelinmesinde traktör ve iş makinası üreticilerinin payı büyüktür. Traktör ve iş makinası firmalarının Ar-Ge departmanları hedeflenen yere gelinmesinde büyük rol oynamaktadır.

Günümüzde tarım ve inşaat sektörlerinde önemli bir yere sahip olan iş makineleri ve traktörler, verimliliği artırmak, iş yükünü azaltmak ve daha hızlı sonuçlar elde etmek için kullanılan temel araçlardır. İş makineleri, genellikle ağır işlerde kullanılan motorlu makinelerdir. Bu makineler, toprak kazma, yük taşıma, delme, kaldırma ve benzeri işlerde kullanılmaktadır. İnşaat sektöründe sıkça kullanılan iş makineleri arasında ekskavatörler, vinçler, silindirler, yükleyiciler ve greyderler bulunmaktadır. Bu makineler, inşaat projelerinin hızlı bir şekilde ilerlemesine ve büyük ölçekli işlerin kolayca tamamlanmasına olanak sağlar. Traktörler ise tarım sektöründe temel araçlardır. Tarlada toprak işleme, ekim, sulama, gübreleme ve hasat gibi işlerde kullanılırlar. Ayrıca, tarım makinelerini çekmek ve güç sağlamak için de kullanılırlar (Belcher, 2022). Tarım traktörleri genellikle çift tekerlekli veya dört tekerlekli olup, çeşitli aksesuarlar ve ekipmanlarla donatılabilirler, bu da farklı tarım işlemlerine uyum sağlamalarını sağlar. İş makineleri ve traktörler, insan gücünden daha hızlı ve verimli bir şekilde çalışabilirler. Bu, projelerin daha kısa sürede tamamlanmasını ve tarım işlerinin daha verimli bir şekilde yapılmasını sağlar. İş makineleri, ağır ve tehlikeli işleri insan gücü kullanmadan yapabilirler. Bu da iş kazalarının önlenmesine ve iş güvenliğinin artmasına yardımcı olur. (Daum 2023).

Traktör ve iş makinelerinde verimlilik, önemli bir tasarım kriteridir. Bu bağlamda, basınç kayıplarının en aza indirilmesi kritik öneme sahiptir. Basınç kayıplarının önemli bir kaynağı da yön kontrol valfleridir. Hidrolik valfler, hidrolik akışkan, kontrol sinyali ve hidrolik aktüatörler arasındaki arabirimi oluşturur. Hidrolik valfler, hidrolik sistemlerde debi, akış yönü ve akışkan basıncının kontrol edilmesi için kullanılır. Bu kontrol değişik sinyallerle olabilir bunlar mekanik, pnömatik, hidrolik veya elektrikli olabilir. Bir valf içerisinde birden fazla valf bulunabilir ve bu şekilde birleşik valf elde edilebilir. Örnek verilecek olursa tek yönlü bir hız kontrol valfi elde etmek için çek valf ile akış kontrol valfi birleştirilebilir (Korkmaz, 2020).

Sistemin basınç kayıplarına neden olan en önemli ekipmanlarından yön kontrol valfleri, akışkanı istenilen yöne yönlendirmek için kullanılırlar. En basit yön kontrol valfleri sadece tek yönde akışın geçişine izin veren çek valflerdir. Bu kapsamda yön kontrol valflerinin basınç kayıplarını azaltarak sistem verimliliğini arttırmak hedeflenmiştir. (Korkmaz, 2020)

Bu çalışmanın en büyük önemi, traktör ve iş makinalarının verimliliğini arttırmak için hidrolik valflerin basınç kayıplarını düşük bir maliyetle indirmektir. Bu

sayede hem yakıt tasarrufu sağlanacak hem de daha çevreci bir traktör ve iş makinası üretilecektir. Bu çalışma, bütün traktör ve iş makinalarına uygulanabilir ve özellikle yüksek beygir gücü içeren traktörlerin debi ihtiyacı daha fazla olacağı için yakıt tasarrufu daha da yüksek olacaktır.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR TARAMASI

Traktörlerde hidrolik valf, hidrolik sistemlerde kullanılan bir bileşendir ve genellikle hidrolik akışını kontrol etmek ve yönlendirmek için tasarlanmıştır (Cundiff, 2001). Bu valfler, traktörün çeşitli fonksiyonlarını gerçekleştirmek için hidrolik güç kullanır. Örneğin, traktör hidrolik valfleri, kaldırma sistemi, direksiyon sistemi, fren sistemleri ve dış hidrolik ekipmanları gibi çeşitli sistemleri kontrol etmek için kullanılabilir (Manring, 2005). Bu valfler, sıvının akışını yönlendirerek veya basıncını ayarlayarak belirli bir işlevi gerçekleştirecek şekilde tasarlanmıştır. Traktörlerde hidrolik valfler genellikle sürücü tarafından kumanda edilir ve traktörün verimliliğini, güvenliğini ve kullanılabilirliğini artırmak için önemli bir rol oynar. Tarım sektöründe, traktörlerin yakıt verimliliği önemli bir endişe kaynağıdır. Yakıt tüketiminin azaltılması, çiftçilerin maliyetlerini düşürmek ve çevresel sürdürülebilirliği artırmak için kritik öneme sahiptir (Casey, 2001).

Hidrolik valflerin doğru şekilde yapılandırılması ve optimize edilmesi, hidrolik sistemlerin verimliliğini artırabilir (Parambath, 2016). Daha verimli bir hidrolik sistem, traktörün daha az yakıt tüketmesine ve daha uzun süre dayanmasına yardımcı olabilir. Hidrolik valfler, hidrolik akışı kontrol etmek için kullanılır. Akış kontrolü, hidrolik sistemdeki gereksiz enerji kayıplarını azaltarak yakıt tasarrufuna katkıda bulunabilir. Doğru basınç ayarı, hidrolik sistemlerin gereksiz yere fazla güç tüketmesini önleyebilir. Bu da yakıt tasarrufu sağlayabilir. Hidrolik valfler, hidrolik akışın yönünü değiştirmek için kullanılır. Doğru şekilde yönlendirilmiş hidrolik akışı, traktörün işlevlerini daha verimli bir şekilde gerçekleştirmesine yardımcı olabilir. Bazı modern hidrolik sistemler,

enerjiyi geri kazanarak yakıt tasarrufu sağlayabilir. Bu sistemler, hidrolik valfler aracılığıyla akışın yönünü değiştirerek enerjiyi geri kazanabilir (Rydberg, 2015). Traktörlerde hidrolik valflerin doğru şekilde kullanılması ve optimize edilmesi, yakıt tasarrufunu artırabilir. Hidrolik valflerin akış kontrolü, basınç ayarı, yön kontrolü ve enerji geri kazanımı gibi özellikleri, traktörlerin daha verimli bir şekilde çalışmasını sağlayabilir. Bu da çiftçilere maliyetlerini düşürme ve çevresel etkileri azaltma konusunda yardımcı olabilir.

Traktör hidrolik valfler ve yakıt tasarrufu ile ilgili yapılmış olan bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Acar vd. (2011) çalışmalarında, traktörlerin tarımsal uygulamalardaki önemini vurgulanmaktadır. Bu kapsamda toprağı işleme, toprak üzerine dikim yapma, toprağı ilaçlama, hasat toplama gibi çeşitli işlemler anlatılmıştır. Bu işlemlerin etkin ve verimli şekilde yapılabilmesi için, tarım aletleri, ve tarım ekipmanları kullanılmaktadır. Bu çalışmada, tarımsal işlemlerde kullanılan çeşitli aletler, makineler ve ekipmanlar hakkında genel bir bilgi verilmiştir.

Araci, S. (2017) boru içi akışlarda basınç kayıplarının incelenmesi hakkındaki çalışmasında laminar ve türbülanslı akışlarda basınç kayıplarını analitik ve deneysel olarak incelemiştir, bu çalışma traktör borulamasında önemli rol oynamaktadır.

Akçasu (1963), 445 modeli Türk Traktöründe üç nokta askı sisteminin verimini incelemiştir. Çalışmada, farklı aletler ve toprak koşullarında askı sisteminin verimliliği test edilmiştir.

Bao vd. (2016) isimli çalışmalarında, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) tekniğini kullanarak bir hidrolik valfin basınç kayıplarını analiz etmişlerdir. Farklı akış oranları ve valf konumları için basınç kayıpları hesaplanmıştır. Sonuçlar, akış ve valf konumundaki değişikliklerin basınç kayıplarını önemli ölçüde etkilediğini, ancak sürgü tasarımındaki değişikliklerin daha az etkili olduğunu göstermiştir.

Burak ve Turgay'ın (2018) yürüttüğü çalışmada, traktörlerde kullanılan hidrolik pompaların enerji ve yakıt tüketimi incelenmiştir. Bu çalışma, tarım makinelerinin verimliliğini ve sürdürülebilirliğini optimize etmek için önemli bilgiler sunmaktadır. Burak ve Turgay (2018)'ın araştırmasına göre, traktörlerde kullanılan hidrolik pompalar 19 bar basınç üretmek için 0.56 kW enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Bu enerjiyi üretmek için ise 100 HP gücünde bir traktörün saatte 0.18 litre yakıt tüketmesi gereklidir. Bu

bulgular, hidrolik pompaların traktörlerin yakıt tüketiminde önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

Çayıroğlu, A (2021) yaptığı çalışmada hidrolik yağın aşındırıcı maddelere maruz kalmasının, pistonlar ve hidrolik sistemin diğer bileşenleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Farklı çalışma saatleri ve çalışma ortamının yağ özellikleri üzerindeki etkisi de araştırılmıştır. Bu çalışma tünel gibi tozlu ortamlarda çalışan iş makinelerinin hidrolik yağlarındaki zararlı madde birikiminin temiz ortamlara kıyasla %35 daha fazla olduğunu göstermiştir. Ayrıca, çalışma saatlerinin uzaması ile birlikte sistem performansında düşüş ve problem riskinin arttığı gözlemlenmiştir. Hidrolik yağ analizleri, arıza riskini önleyerek ve bakım maliyetlerini optimize ederek işletmelere önemli ölçüde tasarruf sağlayabilir.

Olum vd. (2020) yılında yaptığı çalışmada OECD kod 2 traktör performans standardına dayalı olarak, birbirlerine benzer ve yakıtlarını motor sıcaklığı ile ısıtabilen 10 adet traktör, yakıt sıcaklığının traktör performansı üzerindeki etkisi açısından incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda, tüm traktörlerde yakıt sıcaklığının düşmesi ile traktör motor gücünde %3,49'a varan artış gözlemlenmiştir. Ayrıca, yakıt sıcaklığının traktör motor gücü üzerindeki etkisi yanında motor torku, saatlik yakıt tüketimi ve özgül yakıt tüketimi üzerindeki etkisi de araştırılmıştır. Bu çalışma traktör performans deneylerinde yakıt sıcaklığının sabit tutulması, deneylerde kullanılan traktörlerin aynı kriterlerle değerlendirilmesini ve mevsimsel değişimlerin traktör performansına olan etkilerinin bertaraf edilmesini sağlayacaktır. Bu sayede daha doğru ve tutarlı sonuçlar elde edilebilecektir. Bu çalışma, atmosferik koşulların dizel motor performansı üzerindeki etkisini ve yakıt sıcaklığının traktör performansı üzerindeki önemli rolünü vurgulayarak, traktör performans değerlendirmelerinde dikkate alınması gereken önemli bir parametre olduğunu ortaya koymaktadır.

Uymaz (2008), çalışmasında, kontrol valflerinin çalışma prensibini ve işlevini anlatmıştır.

Gradl ve Scheidl (2017), enerji verimliliği yüksek ve düşük güçlü bir step motor sürücüsünün geliştirilmesini ele almıştır. 600 W hidrolik çıkış gücüne sahip bir prototip tasarlanmış, üretilmiş, araştırılmış ve iyileştirilmiştir. Bu çalışmada step sürücü, bir valf tarafından kontrol edilen bir hidrolik silindir ünitesinden oluşmaktadır. Enerji tasarrufu için, pistonun kinetik enerjisi basınç fazlası olarak depolanarak, akışkanın bir kısmı

yardımcı hattan hidrolik enerji olmadan çıkarılır. Araştırmacılar, bu tür bir sistemin standart servo hidrolik sistemlere göre, özellikle hidrolik sistemin sürekli kullanılmasını gerektirmeyen uygulamalarda %30'a varan bir enerji tasarrufu sağlayabileceğini göstermiştir.

Herakovic (2015) çalışmasında, hidrolik valflerin enerji tüketimini azaltmanın bir yolu olarak, hidrolik valflerden geçen akışkanın oluşturduğu eksenel statik kuvvetleri azaltmanın önemini vurgulamıştır. Çalışmada, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) analizi kullanılarak bir hidrolik valf analiz edilmiştir. Analiz sonucunda, valf gövdesi ve sürgü tasarımındaki değişikliklerin eksenel kuvvetleri önemli ölçüde azaltabileceği ve bunun da enerji tüketiminde tasarruf sağlayacağı tespit edilmiştir.

Polat ve Manavbaşı (2012) çalışmalarında, traktörlerin farklı toprak işleme koşullarında ne kadar yakıt tükettiği ve bu yakıt tüketimine karşılık gelen karbondioksit salınım miktarını incelenmiştir. Bu çalışma, arazi toplulaştırmasının kırsal alanlarda yakıt tüketimi ve karbondioksit salınımı üzerindeki etkisini belirlemeye yöneliktir. Bu bulgular, sürdürülebilir tarım uygulamalarının geliştirilmesi ve iklim değişikliği ile mücadelede önemli olabilir.

Keçecioğlu ve Gülsoylu'nun (2005) çalışmasında, traktörlerin çeşitli yönleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. İncelediklerı arasında traktörün temel yapısı, mekanik özellikleri, hidrolik yapısı, tekerlekleri ve jantları vardır. Bu yönler aracın işlevlerini yerine getirebilmesi için birlikte çalışır. Ayrıca, traktörlerin beklenmedik durumlarda devrilme olasılığı, kuyruk mili ve bağlama elemanları ve traktör testleri de bu çalışmanın kapsamı içerisindedir. Bu çalışma, traktörlerin işlevselliği ve güvenliği üzerine kapsamlı bir bakış açısı sunmaktadır.

Korkmaz (2020) çalışmasında, temel hidrolik ekipmanların basınç kayıplarının azaltılması ve sistem verimliliğinin artırılması üzerine bir araştırma sunmuştur. Banjo döner dirsek, hidrolik yön kontrol valfi ve iğne tip kısma valfi deneysel ve sayısal yöntemlerle incelenmiştir. Doğru bağlantı ile banjo döner dirseğin basınç kaybında %33-57 oranında, yön kontrol valfinde %30-55 oranında iyileşme sağlanmıştır. Kısma valfinde akışın durumu incelenmiş, basınç kaybına neden olan bölgeler belirlenmiş ve üç farklı iğne tipi için akış katsayıları hesaplanmıştır. Her iğne tipinin avantajları ve dezavantajları belirlenmiştir. Çalışılan ekipmanların toplam verimlilikleri hesaplanmış

ve %8'e varan artış sağlanmıştır. Sonuçlar, basınç kayıplarının azaltılması için yapılan iyileştirmelerin hidrolik sistemlerin verimliliğini önemli ölçüde artırabileceğini göstermektedir.

Perumal vd (2016) çalışmasında, farklı Reynolds sayıları için dirseklerde basınç kayıplarını CFD analizi ile hesaplamışlardır. k-ε türbülans modelinden yararlanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, daha önceki çalışmalarla karşılaştırılmış ve benzer sonuçlar elde edilmiştir. Araştırmacılar, bağlantı elemanlarının basınç kayıp katsayılarının tahmini için CFD simülasyonunun kullanışlılığını göstermişler ve CFD modeli kullanarak kayıp katsayılarının belirlenmesinin deneysel çalışmalara kıyasla daha ucuz ve pratik bir alternatif olduğunu savunmuşlardır. Sonuçlar CFD simülasyonlarının boru bağlantı elemanlarının akışkan mekaniğini analiz etmede ve optimize etmede değerli bir araç olduğunu göstermektedir.

Li vd. (2020), akış kuvvetini azaltmak amacıyla yaptığı derleme (review) çalışmada akış kuvvetini etkileyen tasarım faktörleri hakkında özellikle de jet açısı, vana gövde akış kanalı, sürgü boyun çapları hakkında bilgi vermiştir ve bunlardaki değişikliklerin akış kuvvetlerini azalttığı gibi basınç kayıplarına da etki ettiğini vurgulamıştır.

Lisowski vd (2015)**,** 10 mm nominal çap ve 35 MPa çalışma basıncına sahip dört portlu, üç konumlu, doğrudan çalıştırılan WE10J tipi yön kontrol valfinin sürgüsüne etki eden akış kuvvetlerini CFD analizi ile incelemişlerdir. Çalışmada, valf içerisindeki akışkan akışının sürgüye uyguladığı hidrolik kuvvetlerin, sürgü geometrisini optimize ederek azaltılıp azaltılamayacağı araştırılmıştır. 120 lt/dak nominal akış kapasitesine sahip valf için 160 lt/dak debide CFD analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, akış hızının varsayılandan daha geniş bir aralığa sahip olabileceğini göstermiştir. Bununla birlikte, valf sürgüsü üzerinde oluşan akışkan kuvvetlerinin solenoid kuvvetine zıt yönde gerçekleştiği ve bu durumun valf performansını etkileyebileceği belirlenmiştir.

Lisowski vd. (2017) yaptıkları çalışmada, sürgülü bir yön kontrol vanasının akış katsayısını CFD simülasyonları ile incelemişlerdir. Çalışmada, vananın akış katsayısı farklı sürgü konumlarında ve hacimsel akış hızlarında belirlenmiştir. Sonuçlar, boşluk genişliği ve akış katsayısının sürgü konumu ve akış hızıyla doğrudan ilişkili olduğunu göstermiştir. Bu bulgulara dayanarak, akış katsayısının sürgü konumu ve akış hızının bir

fonksiyonu olarak modellenmesi önerilmiştir. Bu modelleme yaklaşımı, hidrolik sistemlerin araştırılmasını önemli ölçüde basitleştirerek ve sürecin kısaltılmasına katkıda bulunarak faydalı hale gelmiştir. Bu Çalışma, CFD simülasyonlarının oransal kontrol vanalarının akış katsayısını analiz etmede ve hidrolik sistemlerin araştırılmasını optimize etmede değerli bir araç olduğunu göstermektedir.

Shabani vd (2019), yaptıkları çalışmada, kanatlı ve kanatsız dairesel kesitli boru dirseklerinde türbülanslı akışların neden olduğu basınç dağılımını ve basınç kayıplarını sayısal simülasyon yoluyla incelemişlerdir. Çalışmanın amacı, boru büküm açısının ve Reynolds sayısının tek fazlı türbülanslı akışın akış ayrımını nasıl etkilediğini belirlemektir. Bu amaçla, deney sonuçlarıyla doğrulanmış simülasyonlar kullanılarak 45° ila 135° arasında değişen boru bükülme açılarında kayıp katsayısı hesaplanmıştır. Yapılan çalışma, boru açısının arttıkça boru dirsek kayıp katsayısının da arttığını, ancak boru dirseğinde kılavuz kanat kullanılmasının bu katsayıyı azalttığını göstermiştir. İki kanatçık kullanımı, tek kanatçıka kıyasla dirsek basınç kayıplarını %25 oranında daha fazla azaltabilecek kadar etkilidir. Ayrıca, iki kanatçık kullanımı kayıp katsayısını %50'den fazla düşürebilmektedir. Bu çalışma, kanatlı dirsek borularında basınç kayıplarını azaltmak için iki kanatçık kullanımının etkinliğini göstermektedir.

Saral (1997), traktörlerin genel anlatımını ve işlevlerini detaylı bir şekilde incelemiştir. Çalışma, traktörlerin kendi içinde ayırt edici özelliklerini ve sahip olduğu sistemleri ayrıntılı bir şekilde ele almaktadır. Bu özellikler ve sistemler, traktörlerin tarım ve diğer endüstrilerdeki uygulamalarını belirler.

Tunç, (2019), yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında yüke duyarlı ve basınç kompanzatörlü bir hidrolik valfle yeni tasarladığı aynı özellikteki yön kontrol valfini enerji verimliliği açısından karşılaştırmıştır. Çalışmada öncelikle basınç kompanzatörünün sistem beklentilerini karşılayamadığı tespit edilmiş ve bunun yerine akış oranlama kompanzatörü kullanılmıştır. Ayrıca yeni tasarımda maça ve mil tasarımları da değiştirilmiştir. Yapılan bu yeni tasarımla 42,5 kW güç ihtiyacı duyan sistem eski valfe göre yeni valfle %24 daha az, yani 26,4 kW güç ihtiyacı duymuştur. Bu bulgular doğrultusunda, dizel motor kullanılan bir iş makinesinde 4,8 L/h lik bir yakıt tasarrufu sağlandığı hesaplanmıştır. Bu çalışma, akış oranlama kompanzatörü ve yeni maça ve mil tasarımları ile yüke duyarlı oransal yön kontrol vanalarında enerji verimliliğinin önemli ölçüde artırılabileceğini göstermektedir. Bu bulgular, hidrolik sistemlerin tasarımı ve optimizasyonu için önemli bir katkı sunmaktadır.

Gajbhiye vd (2020), çalışmalarında CFD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) yöntemi kullanarak çeşitli boru bağlantı elemanlarındaki (dirsek, bükülme, T ve redüktör) hidrodinamiği incelemişlerdir. Çalışmada, dirsek, bükülme, T ve redüktör gibi farklı boru bağlantı elemanlarının hız profilleri ve basınç kayıpları CFD simülasyonları ile analiz edilmiştir. Redüktörde, çap farklılığından dolayı giriş ve çıkıştaki hızlarda önemli bir farklılık gözlemlenmiştir. Dirseklerde ise akış, dirsek boyunca kesit alanının değişimi ve merkezkaç kuvvetlerinin etkisiyle karmaşık bir hal almıştır. Simülasyonlar, dirsek boyunca akış hızının ve basıncın önemli ölçüde değiştiğini göstermiştir. Bu çalışma CFD yönteminin boru bağlantı elemanlarındaki türbülanslı akışı incelemek için etkili bir araç olduğunu göstermiştir ve boru sistemlerinin tasarımı ve optimizasyonu için önemli bir katkı sunmaktadır.

Yevale vd (2018), çalışmalarında CFD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) yöntemini kullanarak bir kontrol vanasının farklı açıklık durumlarına göre akış katsayılarını hesaplamışlardır. Çalışmada, bir kontrol vanasının farklı açıklık ayarlarında akış hızı ve basınç dağılımı CFD simülasyonları ile analiz edilmiştir. Elde edilen CFD sonuçları, deneysel ölçümlerle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda, CFD ve deneysel sonuçlar arasında %6 hata payı olduğu gözlemlenmiştir. Bu hata payının kabul edilebilir bir aralıkta olduğu ve CFD yönteminin kontrol vanalarının akış katsayılarını hesaplamak için güvenilir bir araç olabileceğini göstermiştir.

Long (2001)'e göre traktör hidrolik valfleri, tarım makinelerinde kullanılan önemli bileşenlerden biridir. Bu valfler, hidrolik sistemlerdeki akışı kontrol etmek ve yönlendirmek için tasarlanmıştır.

Jacobson (2016)'ya göre traktörlerde hidrolik valfleri, çeşitli işlevler için kullanılır ve genellikle traktörün kaldırma ve dış hidrolik sistemlerini kontrol etmek için kullanılır.

Perumal vd (2016)'ya göre hidrolik valfler, hidrolik akışını kontrol etmek için bir dizi vana ve kontrol mekanizması içerir. Bu valfler, hidrolik sistemdeki basıncı, akış hızını ve yönü ayarlamak için tasarlanmıştır.

Brock (2015)' e göre traktör hidrolik valfleri, genellikle kumanda kolları veya elektro-hidrolik kontroller aracılığıyla sürücü tarafından kontrol edilir.

Johnson (2019)'a göre traktör hidrolik valfleri, bir dizi farklı tip ve boyutta bulunabilir. Bunlar arasında basınç kontrol valfleri, akış kontrol valfleri, yönlendirme valfleri ve regülatör valfler bulunur. Her bir valf tipi, belirli bir işlevi yerine getirmek üzere tasarlanmıştır ve traktörün ihtiyaçlarına göre seçilir.

Thompson (2016)'ya göre traktör hidrolik valfleri, traktörün çalışma verimliliğini artırmak ve çeşitli tarım uygulamalarında daha iyi performans sağlamak için kritik öneme sahiptir. Bu valfler, traktörün yük taşıma kapasitesini artırmak, ekipman bağlantılarını kontrol etmek ve tarım işlemlerini optimize etmek için kullanılır. Ek olarak, traktör hidrolik valfleri yakıt tasarrufu sağlamak için de kullanılabilir. Doğru şekilde yapılandırılmış ve optimize edilmiş bir hidrolik sistem, traktörün yakıt verimliliğini artırabilir ve işletme maliyetlerini düşürebilir (Patel, 2018). Sonuç olarak, traktör hidrolik valfleri, tarım makinelerinde hidrolik sistemlerin temel bileşenleridir ve traktörün işlevselliğini, verimliliğini ve yakıt tasarrufunu artırmak için kritik öneme sahiptir. Bu valfler, çeşitli tarım uygulamalarında kullanılan traktörlerin performansını artırmak için tasarlanmıştır.

Manzoor ve Hessel (2017), inşaat makinelerinde hidrolik sistem kayıplarının azaltılmasının yakıt ekonomisine nasıl katkı sağlayabileceğini araştıran bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırma, hidrolik sistemlerdeki enerji kayıplarının azaltılmasının, makinelerin toplam yakıt tüketimini ve işletme maliyetlerini nasıl düşürebileceğini değerlendirmektedir. Bu çalışma, bir dizi deneysel test ve simülasyon kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İlk olarak, hidrolik sistemlerdeki farklı kayıp noktaları ve bu kayıpların genel enerji verimliliği üzerindeki etkisi belirlenmiştir. Daha sonra, optimizasyon teknikleri ve yenilikçi valf tasarımları gibi çeşitli yöntemlerle bu kayıpların azaltılması incelenmiştir. Manzoor ve Hessel (2017), hidrolik sistemlerdeki enerji verimliliğini artırmanın, inşaat makinelerinin performansını ve iş güvenilirliğini artırabileceğini vurgulamaktadır. Ayrıca, çevresel sürdürülebilirlik açısından da önemli bir adım olan bu optimizasyonların, iş makinelerinin karbondioksit emisyonlarını da azaltabileceği belirtilmektedir. Bu çalışma inşaat makinelerinde hidrolik sistemlerin enerji verimliliğini artırarak yakıt tasarrufu sağlama potansiyelini ve sektördeki uygulama önemini vurgulamaktadır.

Sławiński ve Wojciechowski (2018), tarım traktörlerinde hidrolik sistem optimizasyonunun verimliliği nasıl artırabileceğini araştıran bir çalışma yapmışlardır. Araştırma, hidrolik sistemlerin doğru tasarımı ve işletilmesinin traktörlerin performansı

ve yakıt tüketimi üzerindeki etkilerini incelemektedir. Çalışma, tarım makinelerinde hidrolik sistemlerin önemini vurgulayarak başlamaktadır. Hidrolik sistemlerin doğru optimizasyonu sayesinde traktörlerin çeşitli işlevlerini daha verimli bir şekilde yerine getirebileceği ve bu sayede enerji ve iş gücü tasarrufu sağlayabileceği belirtilmektedir.

Araştırma yöntemi olarak, deneysel testler ve matematiksel modellemeler kullanılmıştır. İlk olarak, mevcut hidrolik sistemlerin performansı değerlendirilmiş ve sistemdeki potansiyel enerji kayıpları tespit edilmiştir. Daha sonra, farklı valf ayarları, akış kontrol yöntemleri ve hidrolik sıvı seçimleri gibi optimizasyon teknikleri üzerinde çalışılmıştır.

Sławiński ve Wojciechowski'nin (2018), çalışması, tarım traktörlerinde hidrolik sistemlerin optimize edilmesinin, iş makinelerinin verimliliğini artırabileceği ve operasyon maliyetlerini düşürebileceği sonucuna varmaktadır. Ayrıca, çevresel sürdürülebilirlik açısından da bu tür optimizasyonların önemli olduğu vurgulanmaktadır.

Bu çalışma, tarım makinelerinde hidrolik sistem optimizasyonunun önemini ve potansiyel kazanımlarını açıkça ortaya koymaktadır, bu da tarım sektöründe daha etkili ve sürdürülebilir bir işletme yönetimi sağlayabilir.

Uzun ve Can (2019), off-highway araçlarda (arazi araçları) hidrolik sistem verimliliğinin yakıt tüketimi üzerindeki etkisini araştıran bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Araştırma, hidrolik sistemlerin verimliliğinin artırılmasının arazi araçlarının genel performansı ve yakıt tüketimi üzerindeki potansiyel etkilerini değerlendirmektedir. Çalışmada, hidrolik sistemlerin enerji verimliliği üzerine odaklanılarak başlanmıştır. Öncelikle, off-highway araçlarda hidrolik sistemlerin mevcut durumu ve kullanılan teknolojilerin değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu değerlendirme sürecinde, sistemdeki enerji kayıpları ve verimlilik düşüklükleri belirlenmiştir. Araştırma yöntemi olarak deneysel çalışmalar ve simülasyonlar kullanılmıştır. Çeşitli hidrolik valf ayarları, pompa performansı ve boru hatları gibi faktörlerin yakıt tüketimi üzerindeki etkileri test edilmiştir. Sonuçlar, hidrolik sistemlerdeki verimlilik artışının arazi araçlarının yakıt tüketiminde önemli ölçüde azalmaya yol açabileceğini göstermiştir. Uzun ve Can (2019) çalışması, off-highway araçlarında hidrolik sistemlerin doğru şekilde optimize edilmesinin, işletme maliyetlerini düşürebileceği ve çevresel etkileri azaltabileceği konusunda önemli bir bilgi sağlamaktadır. Bu optimizasyonlar, hem ekonomik hem de çevresel

sürdürülebilirlik açısından sektördeki uygulayıcılara ve araştırmacılara yönelik değerli bir katkı sunmaktadır.

Choi ve Lee (2020), iş makinelerinde hidrolik sıvıların ve sistem tasarımının optimizasyonunun yakıt tasarrufu sağlamadaki potansiyel etkilerini araştıran bir çalışma yapmışlardır. Çalışma, özellikle yüksek miktarda yakıt tüketen iş makineleri için önemli bir optimizasyon alanı olan hidrolik sistemlerin tasarımı ve sıvı kullanımı üzerinde odaklanmaktadır. Araştırma, hidrolik sistemlerde kullanılan sıvıların viskozitesi, termal özellikleri ve aşınma direnci gibi özelliklerinin yakıt tüketimine olan etkilerini değerlendirmektedir. Ayrıca, farklı hidrolik valf ayarları, pompa seçenekleri ve boru hatlarının optimizasyonu gibi faktörlerin de yakıt tasarrufuna nasıl katkı sağlayabileceği üzerinde çalışılmıştır. Çalışmanın yöntemi, deneysel testler ve matematiksel modellemeler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, farklı optimizasyon senaryoları simüle edilerek, her bir senaryonun iş makinelerinin yakıt tüketimi üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Sonuçlar, doğru hidrolik sıvı seçiminin ve sistem tasarımının, iş makinelerinin operasyon maliyetlerini düşürebileceğini ve çevresel etkilerini azaltabileceğini göstermiştir Choi ve Lee (2020) çalışması, iş makinelerinde hidrolik sistem optimizasyonunun önemini vurgulayarak, sektördeki uygulayıcılara ve araştırmacılara yönelik pratik öneriler sunmaktadır. Bu tür optimizasyonların, hem ekonomik hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından büyük önem taşıdığı belirtilmektedir.

Basso ve Cerruti (2021), tarım makinelerinde hidrolik sistemlerin enerji verimliliğinin nasıl artırılabileceğini inceleyen bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Araştırma, tarım sektöründe kullanılan makinelerdeki hidrolik sistemlerin optimizasyonunun önemini vurgulamaktadır. Çalışma, hidrolik sistemlerin enerji verimliliği üzerine odaklanarak başlamaktadır. İlk olarak, mevcut tarım makinelerindeki hidrolik sistemlerin yapısal ve operasyonel özellikleri değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sürecinde, sistemdeki enerji kayıpları ve verimlilik düşüklükleri üzerinde durulmuştur. Araştırma yöntemi olarak deneysel çalışmalar ve simülasyonlar kullanılmıştır. Çeşitli hidrolik valf ayarları, pompaların performansı, boru hatları ve hidrolik sıvıların özellikleri gibi faktörlerin enerji verimliliği üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Sonuçlar, hidrolik sistemlerde yapılan doğru optimizasyonların tarım makinelerinin enerji tüketimini düşürebileceğini göstermiştir. Basso ve Cerruti (2021) çalışması, tarım sektöründe hidrolik sistemlerin enerji verimliliğinin artırılmasının,

işletme maliyetlerini düşürebileceği ve çevresel etkilerini azaltabileceği konusunda önemli bir katkı sağlamaktadır. Bu tür optimizasyonların, tarım makinelerinin verimliliğini artırarak sürdürülebilir tarım uygulamalarının teşvik edilmesine yardımcı olabileceği belirtilmektedir.

2.1. Traktörlerde Hidrolik Yön Kontrol Valfleri

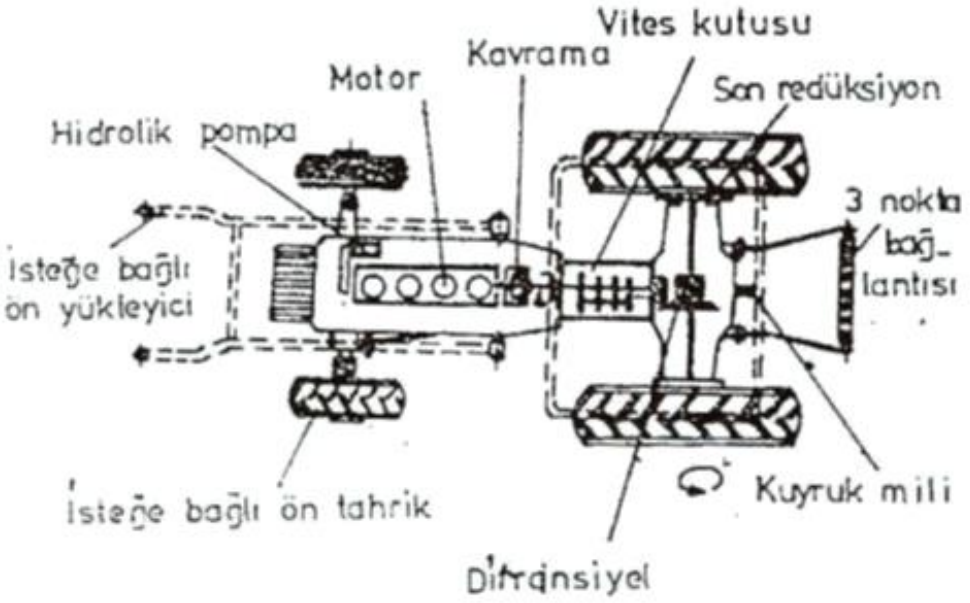
Hidrolik yönlendirme kontrol valfleri, modern traktörlerdeki hidrolik sistemlerin temel bileşenlerinden biridir ve tarımsal faaliyetlerin etkin bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanır.

Geleneksel traktörlerde, hidrolik sistemler genellikle sınırlı fonksiyonlara sahipti ve operatörlerin işleri daha verimsiz bir şekilde yapmalarına neden olabiliyordu. Ancak, günümüzde, traktörlerde kullanılan hidrolik yönlendirme kontrol valfleri, operatörlere daha fazla kontrol ve esneklik sunar. Bu valfler, çeşitli tarımsal işlemler için özel olarak tasarlanmıştır ve operatörlerin farklı ekipmanları kolayca kontrol etmelerini sağlar (Cundiff, 2001).

Hidrolik yön kontrol valfleri, traktörlerin yük kaldırma sistemlerinden, hidrolik direksiyon sistemlerine kadar çeşitli uygulamalarda kullanılabilir. Bu valfler, operatörlerin yükleri kaldırmasını, taşımasını ve yerleştirmesini kolaylaştırırken, aynı zamanda traktörlerin daha hassas bir şekilde yönlendirilmesine de olanak tanır. Bu da tarımsal faaliyetlerin daha verimli bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlar (Eposito, 1996).

Hidrolik yön kontrol valfleri, traktörlerin hidrolik sistemlerindeki yağ akışını kontrol eder. Bu valfler, operatörlerin istedikleri hidrolik fonksiyonları seçmelerine ve yönlendirmelerine olanak tanır. Örneğin, bir operatör, yük kaldırma silindirlerini yükseltmek veya alçaltmak için hidrolik yön kontrol valflerini kullanabilir. Bu valfler, traktörlerin hidrolik sistemlerinin güvenilir bir şekilde çalışmasını sağlar. Operatörler, tarımsal işlemleri daha kolay ve verimli bir şekilde gerçekleştirebilirken, aynı zamanda traktörlerin bakımını ve onarımını da daha kolay yapabilirler.

Traktörler, tarımsal üretimde ve diğer alanlarda kullanılan karmaşık makinelerdir. Farklı güç ve işlevlere sahip çeşitli traktör modelleri mevcuttur. Temel olarak, traktörlerin çalışma prensibi, motor tarafından üretilen gücün, hidrolik sistem ve şanzıman aracılığıyla tekerleklere aktarılması ve bu sayede çekiş gücü sağlanmasıdır.



Şekil 2.1. Traktörün Temel Yapısal Elemanları

Traktörlerin genel yapı elemanları şekil 2.1.'de gösterilmiştir. Bu elemanların içerisinde hidrolik pompa sistemin kalbi olarak düşünülebilir, motor traktörün gücünü üretir, kavrama motor gücünü vites kutusuna aktarmak için kullanılır, vites kutusu gücü farklı hızlara ve torklara dönüştürür.

2.1.1. Hidrolik Valfler

Sanayide kullanılan hidrolik sistemler, güçlü ve hassas hareket kontrolü sağlamak için önemli bir rol oynar. Bu sistemlerin temel bileşenlerinden biri de hidrolik valflerdir. Hidrolik valfler, hidrolik akışkanın yönlendirilmesini, basıncını kontrol etmeyi ve işletmeyi sağlar. Endüstriyel otomasyonun kalbi olan hidrolik valfler, çeşitli uygulamalarda kullanılarak üretkenliği artırır ve işletmelerin verimliliğini artırır.

Hidrolik valfler, hidrolik sistemlerin karmaşık işlevselliğini sağlayan anahtar bileşenlerdir. Bu valfler, hidrolik akışkanın çeşitli yönlerde ve basınçlarda hareket etmesini sağlar. Kontrol valfleri, basınç valfleri, akış valfleri ve yönlendirme valfleri gibi çeşitli tiplerde hidrolik valfler bulunmaktadır. Her bir valf türü, belirli bir uygulama veya işlev için tasarlanmıştır ve sistemdeki hidrolik akışı kontrol etmek için farklı bir mekanizma kullanır.

Hidrolik valfler, endüstriyel makinelerin güvenli ve verimli bir şekilde çalışmasını sağlar. Bu valfler, operatörlerin makineleri kontrol etmesini, hareket

ettirmesini ve işlevlerini değiştirmesini sağlar. Ayrıca, hidrolik valfler, ağır yükleri kaldırmak, taşımak ve yerleştirmek gibi görevlerde kullanılarak işletmelerin üretkenliğini artırır.

Hidrolik valfler, endüstriyel otomasyon sistemlerinin karmaşıklığını azaltır ve bakımını kolaylaştırır. Bu valfler, sistemdeki hidrolik akışı kontrol etmek için elektrik, pnömatik veya mekanik sinyalleri kullanabilir. Bu da operatörlere ve mühendislere sistemdeki değişiklikleri yapma ve sistem performansını optimize etme esnekliği sağlar. hidrolik valfler endüstriyel otomasyonun temel taşlarıdır ve modern üretim süreçlerinin vazgeçilmez bir parçasıdır. Bu valfler, endüstriyel makinelerin güvenli ve verimli bir şekilde çalışmasını sağlarken, işletmelerin rekabetçiliğini artırmak için önemli bir rol oynarlar (Manring, 2005).

Hidrolik valfler, bir hidrolik devre içindeki hidrolik akışkan akışını manipüle etmek için kullanılır ve mekanik veya elektronik olarak etkileştirilir. Hidrolik valfler hidrolik akış kontrol vanaları, hidrolik basınç kontrol vanaları, hidrolik yön kontrol valfleri olmak üzere 3 çeşit olarak tanımlanabilir. Yön kontrol valfleri, hidrolik sistemlerde en sık kullanılan vanalardır. Yağ akışının yönü, bir sürgünün konumu ile belirlenir. Bir hidrolik sistem sadece valfler kullanılarak çalışabilir (Ergür, 2021).

2.1.2. Yön Kontrol Valfleri

Hidrolik sistemde meydana getirilen kuvvet ile hareketin başlatılması, durdurulması veya yönünün belirlenebilmesinde kullanılan valflere yön denetim valfleri denir. Yön kontrol valfleri açık merkezli veya kapalı merkezli olabilir, aynı zamanda bununla birlikte seri devreli veya parallel devreli olarak karşımıza çıkabilir (Parambath, 2016). Bir valf açık merkezli veya kapalı merkezli olmak zorundadır aynı şekilde seri veya parallel devreli olmak zorundadır. Örnek olarak bir yön kontrol valfi açık merkezli seri devreli yön kontrol valfi olarak tanımlanabilir.

Yön kontrol valflerinin tasarım ve fonksiyonlarına göre üç değişik tipi vardır:

- Sürgülü yön denetim valfleri
- Oturtmalı tip yön denetim valfleri
- Döner sürgülü yön denetim valfleri

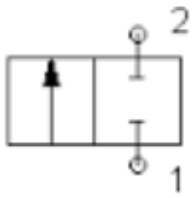
Sürgülü yön denetim valfleri;

- Basit tasarım
- Yüksek çalışma gücü
- Düşük kayıp değerleri
- Kontrol fonksiyonlarının çeşitliliği

Üstünlüklerinden dolayı en yaygın şekilde kullanılan türdür.

2.1.2.1. Sürgülü Yön Kontrol Valfleri

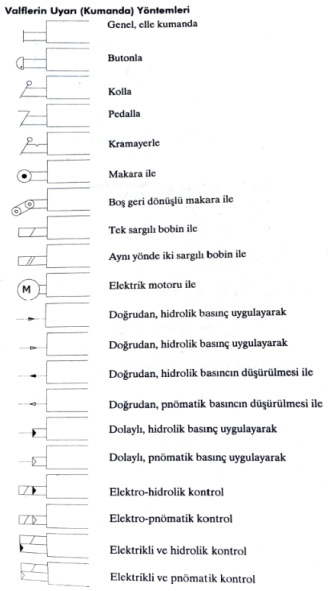
Bir yön denetim valfini tanımlarken, valfin giriş-çıkış yollarının sayısına ve kaç konumlu olduğuna bakılır.



Şekil 2.2. İki yollu iki konumlu valf hidrolik devre şeması

Yukarıdaki şekilde her bir kare şekli konumu temsil etmektedir ve yol olarak da 1 ve 2 numaralı karşılıklı yerler referans alınmaktadır.

Sürgülü yön kontrol valflerinde valflerin uyarı (kumanda) yöntemleri arasında çok fazla metot bulunmaktadır. Bunlar aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.

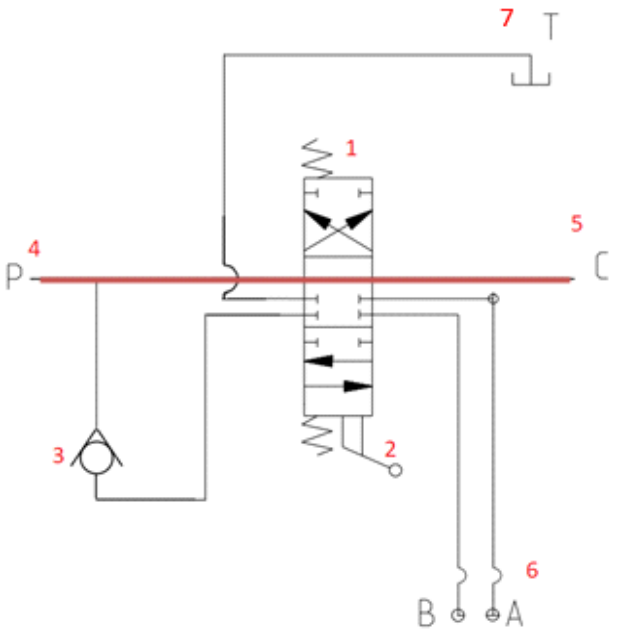


Şekil 2.3. Valf Kumanda Yöntemleri (Kılıç, 2012)

Yukarıda gösterilen kumanda yöntemlerinden sektörde en sık kullanılanlarının örnek tasarımları ve çalışma mekanizmalarından aşağıda bahsedilmiştir.

2.1.2.2. Mekanik Kontrollü Yön Kontrol Valfi

Şekil 2.4'te mekanik kontrollü yön kontrol valfinin numaralandırmasıyla birlikte devre şeması gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Altı yollu üç konumlu yay merkezlemeli kumanda kollu valf

Yukarıdaki yön kontrol valfi nötr konuma (P→C) yay aracılığıyla kendiliğinden gelmektedir. Sürgü hareket ettirilmediği taktirde yön kontrol valfi nötr pozisyonda durmaktadır, yani akış 4 numaradan 5 numaraya doğru olmaktadır. Sürgü kumanda kolu ile mekanik olarak hareket ettirildiğinde yay sıkışmaktadır ve bu sayede pompadan gelen yağ istenen porta geçiş yapmaktadır. Bir diğer ifadeyle 4 numaradan başlayıp 3 numaralı çek valfin üzerinden geçip 6 numaralı silindir hattına gitmektedir. Sistemde kullanılan çek valf ise akışın tek yönlü olarak istenilen silindire iletilmesine yardımcı olur, sürgü operatör tarafından aniden nötr konuma getirildiğinde silindir içindeki yağın boşalmamasını sağlar. Burada önemli hususlardan biri çoğu zaman nötr konumda çalışacak yön kontrol valfinin bu konumdaki basınç kayıplarının minimum tutulmasıdır.

1 numara: Valfin yay merkezlemeli olduğunu gösterir.

2 numara: Valfin mekanik kumanda kolu ile hareket ettirildiğini gösterir.

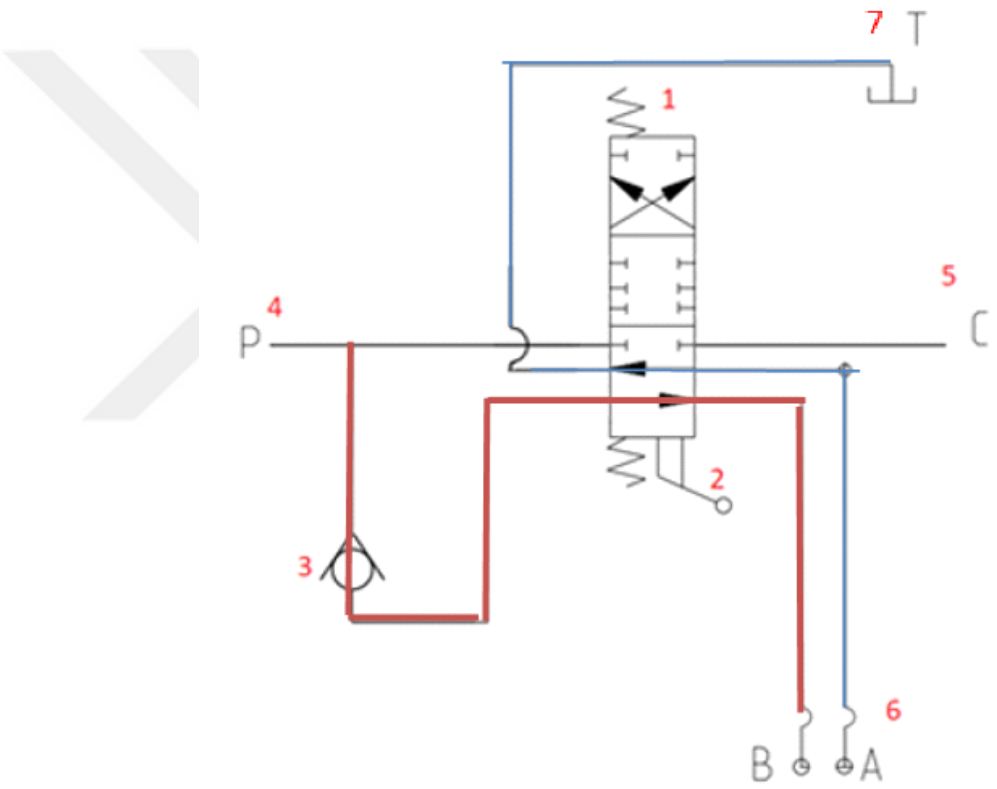
3 numara: Çekvalf (Silindir veya silindirlerdeki yağın geri boşalmamasını sağlar.)

4 numara: Pompanın kısa gösterimidir.

5 numara: C veya HPCO (High pressure carry over) yüksek basınç iletim hattıdır.

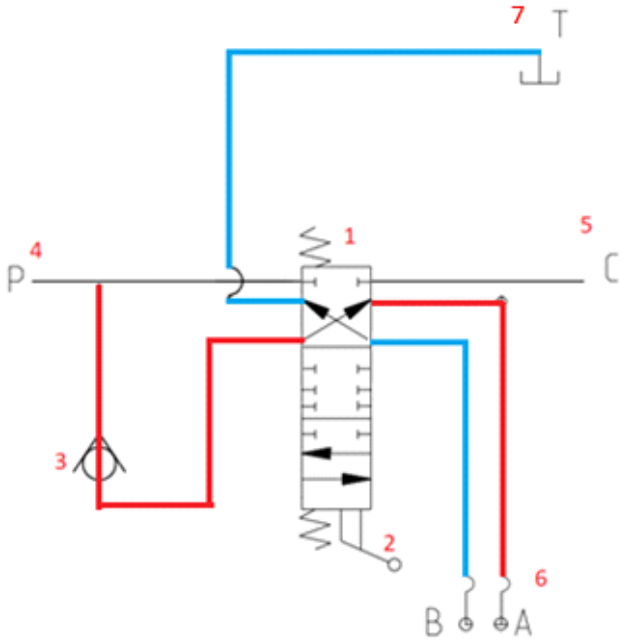
6 numara: İş yapan silindirleri temsil eder.

7 numara: Tank hattını temsil eder. İş yapan silindirlerden çıkan yağ buraya gider.



Şekil 2.5. Altı yollu üç konumlu yay merkezlemeli kumanda kollu valf sürgü içeri konum

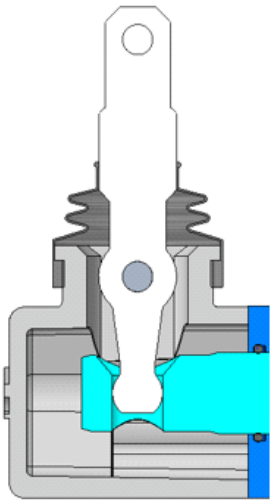
Yukarıdaki yön kontrol valfi sürgü içeri, yani mekanik kumanda kolu dışarı pozisyondayken pompa hattından gelen yağ çek valf üzerinden geçerek silindir portuna geçiş yapmaktadır, 4 numaradan başlayıp 3 numaralı çekvalfin üzerinden geçip b portundaki silindir hattına gitmektedir, bu esnada diğer silindir hattındaki yağ tank hattına tahliye olmaktadır. Bu pozisyon kumanda kolu serbest bırakıldığında tekrar nötr konuma yay aracılığıyla geri dönmektedir.



Şekil 2.6. Altı yollu üç konumlu yay merkezlemeli kumanda kollu valf sürgü dışarı konum

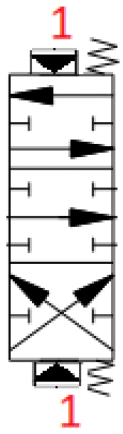
Şekil 2.5'e benzer şekilde, şekil 2.6'daki konumda da yön kontrol valfi sürgü dışarı, yani mekanik kumanda kolu içeride pozisyondayken pompa hattından gelen yağ çek valf üzerinden geçerek silindir portuna geçiş yapmaktadır, bu esnada diğer silindir hattındaki yağ tank hattına tahliye olmaktadır. Bu pozisyon kumanda kolu serbest bırakıldığında tekrar nötr konuma yay aracılığıyla geri dönmektedir. Bu pozisyonun Şekil 2.5'teki konumdan farkı sürgünün hareket ettirildiği yöndür. Şekil 2.6 üzerindeki devrende de anlaşılabileceği gibi akış sürgü dışarı pozisyondayken A harfi ile temsil edilen iş portuna doğru olmaktadır.

Şekil 2.7'de valf mekanik tahrik aparatı olan kumanda kolunun görseli verilmiştir.



Şekil 2.7. Mekanik kumanda kolu

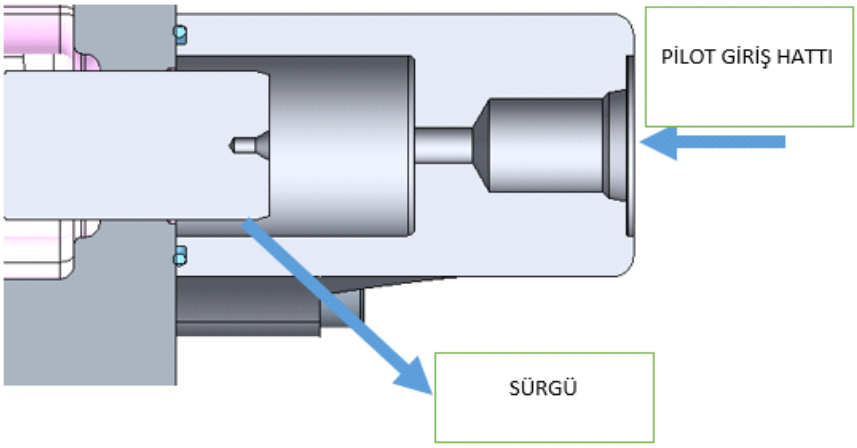
2.1.2.3. Pilot Uyarı Kontrollü Yön Kontrol Valfi



Şekil 2.8. Altı yollu üç konumlu yay merkezlemeli pilot uyarı kontrollü valf

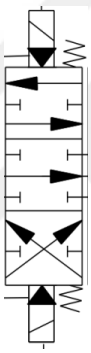
Yukarıdaki yön kontrol valfi nötr konuma, yani mevcut konumuna yay aracılığıyla kendiliğinden gelmektedir. Sürgü hareket ettirilmediği taktirde yön kontrol valfi nötr pozisyonda durmaktadır. Sürgü pilot uyarı ile hareket etmektedir. Pilot, uyarı sinyalleri yağ ile sürgüyü istenilen yöne yönlendirir. Sürgünün hangi yöne hareket edeceği, uyarının hangi tarafa verilmesiyle tayin edilir. Pilot uyarı basıncı tasarımcı tarafından belirlenir ve pilot basıncı en yüksek seviyeye gelene kadar sürgüyü oransal olarak kontrol etmek mümkündür. Bu sayede mekanik kontrolün aksine sürekli istenilen hassasiyette çalışabilir.

Şekil 2.9'da pilot uyarı ile tahrik olan örnek bir valfin görseli bulunmaktadır.



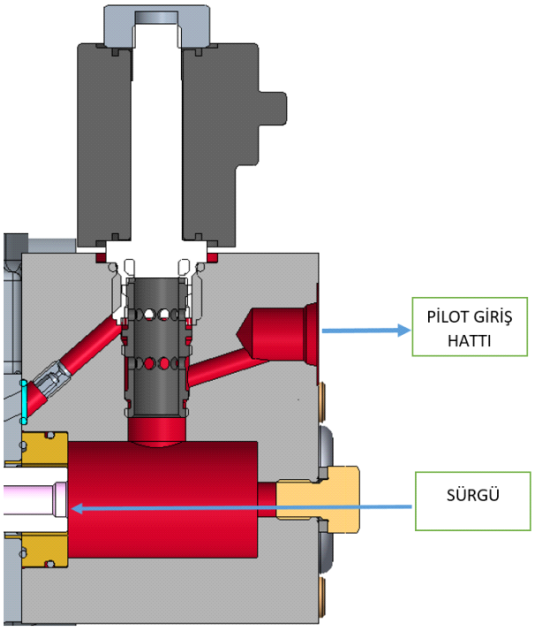
Şekil 2.9. Pilot uyarı kontrollü örnek valf tasarımı

2.1.2.4. Elektro Hidrolik Kontrollü Yön Kontrol Valfi



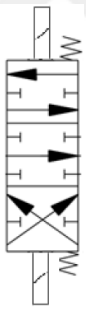
Şekil 2.10. Altı yollu üç konumlu yay merkezlemeli elektro-hidrolik kontrollü valf

Pilot uyarı kontrollü valfe benzer şekilde Şekil 2-10'daki elektro-hidrolik kontrollü yön kontrol valfi nötr konuma, yani mevcut konumuna yay aracılığıyla kendiliğinden gelmektedir. Sürgü hareket ettirilmediği taktirde yön kontrol valfine solenoid üzerinden yağ geçişi olmadığı için nötr pozisyonda durmaktadır. Pilot, uyarı sinyalleri yağ ile solenoid aracılığıyla sürgüyü istenilen yöne yönlendirir. Sürgünün hangi yöne hareket edeceği, hangi solenoidin aktif hale getirilmesine bağlıdır. Fakat elektro-hidrolik kontrollü valfin pilot uyarılı valften farkı oransal veya on/off solenoidle akışı kontrol edip bu şekilde hareketi sağlamasıdır. Özetlemek gerekirse kontrol solenoid valf aracılığıyla elektrik verildiği takdirde gerçekleşerek sürgü hareketi sağlanır.



Şekil 2.11. Elektro-hidrolik kontrollü örnek valf tasarımı

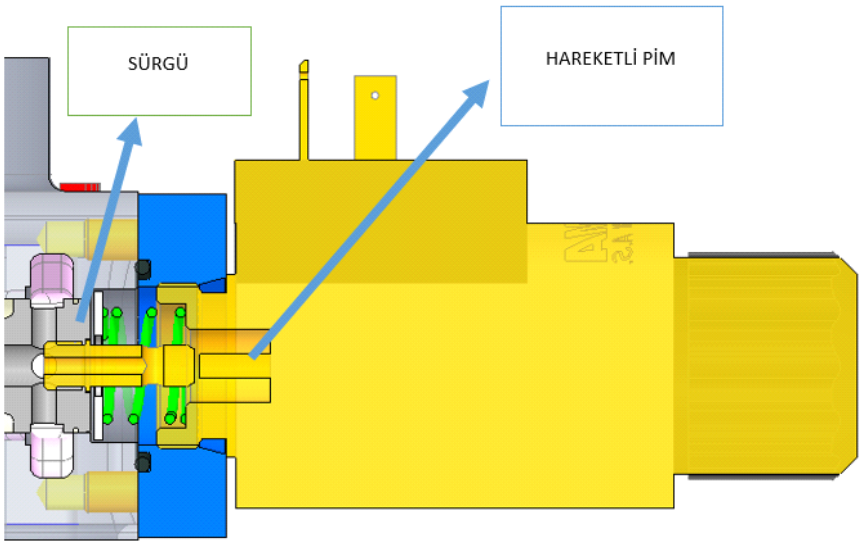
2.1.2.5. Elektrik Kontrollü Yön Kontrol Valfi



Şekil 2.12. Altı yollu üç konumlu yay merkezlemeli elektrik kontrollü valf

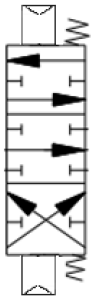
Şekil 2.12'deki yön kontrol valfi nötr konuma yani mevcut konumuna yay aracılığıyla kendiliğinden gelmektedir. Sürgü hareket ettirilmediği taktirde yön kontrol valfi nötr pozisyonda durmaktadır. Sürgünün sağ ve solunda bulunan solenoid valflerin hangisine enerji verilirse enerji verilen solenoidin diğer yönüne doğru sürgü hareket eder. Elektrik kontrollü valfin elektro-hidrolik kontrollü valften farkı ise elektrik verilen solenoidin çalışma prensibinden kaynaklanmaktadır. Elektrik kontrollüde, enerji verilen solenoid içerisinde bulunan pim manyetik alana maruz kalıp sürgüyü mekanik olarak ittirmektedir. Bu ürünün tasarımı elektro-hidrolik kontrollü yön kontrol valfine göre daha zordur. Akış kuvvetleri hesaplanarak sürgü ittirme kuvveti tespit edilip ona göre elektrikli solenoid tasarımının yapılması gerekir.

Şekil 2.13'te elektrik kontrollü olan örnek bir valfin görseli bulunmaktadır.



Şekil 2.13. Elektrik kontrollü örnek valf tasarımı

2.1.2.6. Pnömatik Kontrollü Yön Kontrol Valfi

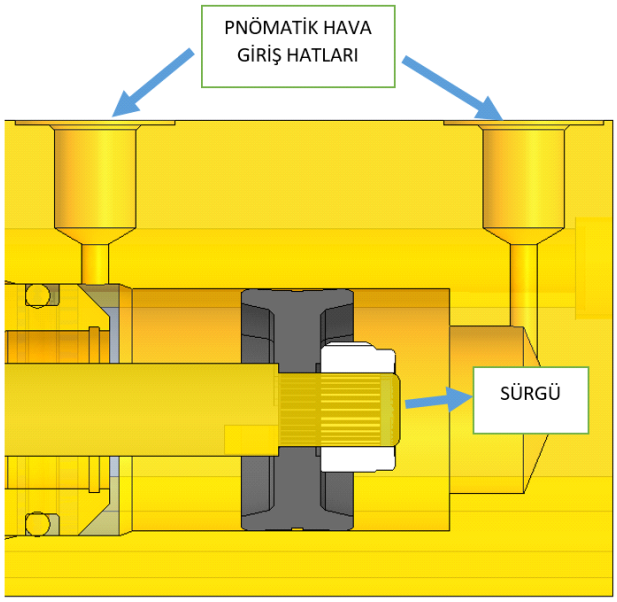


Şekil 2.14. Altı yollu üç konumlu pnömatik tahrikli yön kontrol valfi

Şekil 2.14'teki pnömatik tahrikli yön kontrol valfi nötr konuma yani mevcut konumuna yay aracılığıyla kendiliğinden gelmektedir. Sürgü hareket ettirilmediği taktirde yön kontrol valfi nötr pozisyonda durmaktadır. Sürgünün sağ veya sol tarafına iki girişi olan bir blok tasarımı yapılarak blokun hangi tarafına pnömatik hava verildiğine göre sürgü hareket yönü tayin edilir. Burada önemli olan blok üstüne verilen havanın blok içinde sızdırmazlığının sağlanmasıdır. Yağ hattından ayırmak için özel keçeler tercih edilmelidir. Pnömatik tahrikli yön kontrol valfinin çöp kamyonları ve pnömatik tahrikli otobüslerde kullanımı yaygındır. Oransallık yakalanması çok zordur.

on/off çalışan sistemlere daha uygundur hassasiyet aranan yerlerde çok fazla tercih edilmez.

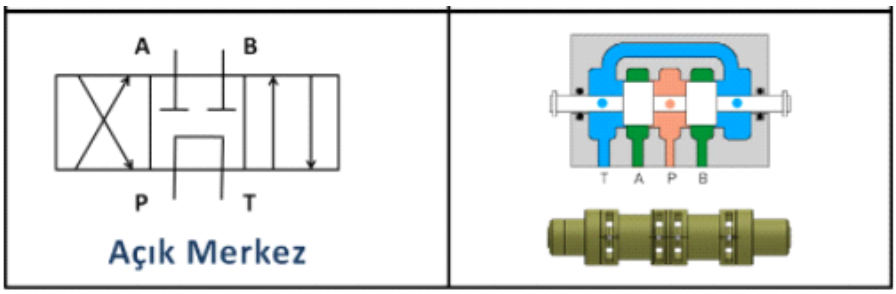
Şekil 2.15'te pnömatik tahrik içeren örnek bir valfin görseli bulunmaktadır.



Şekil 2.15. Pnömatik tahrikli örnek yön kontrol valfi tasarımı

2.1.2.7. Açık Merkezli Yön Kontrol Valfleri

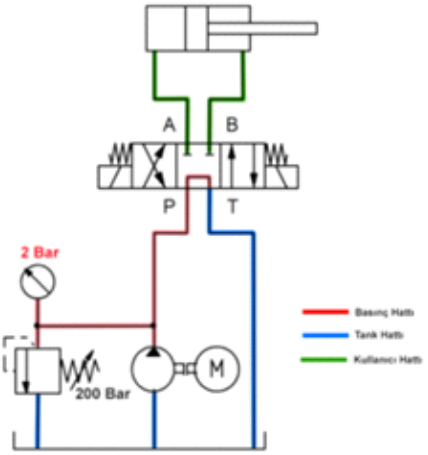
Hidrolik yön denetim valfleri hidrolik yağın yönünü denetler. Bir hattın başka bir hatta bağlanmasını ya da kapanmasını denetleyeceği gibi pompa tarafından aktarılan yağı hidrolik silindir ya da hidrolik motorun hatlarına yönlendirerek aktüatörlerin hareketlerini denetlenmesini sağlar.



Şekil 2.16. Açık merkezli hidrolik devrenin görseli ve şeması

Açık merkezli veya kapalı merkezli yön kontrol valfini hareket ettirmek sürgüler aracılığıyla olur. Sürgü mekanik kol, bobin veya değişik tahrik yöntemleriyle hareket ettirilebilir. Sürgü hareket etmediği zaman yay aracılığıyla sürekli orta konumda kalır. Bu bağlamda, açık merkezli valf ile kapalı merkezli valf arasındaki temel fark, valfin

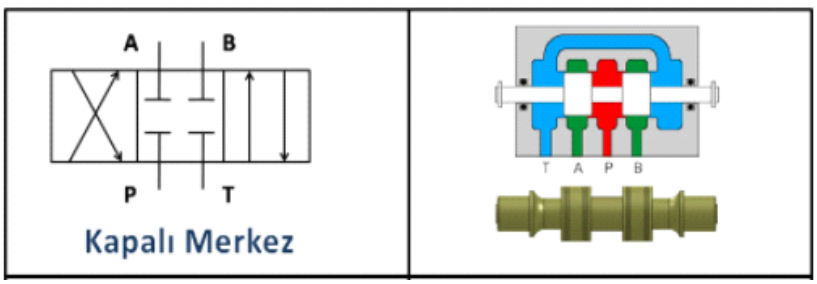
nötr konumdaki akış durumu olarak ortaya çıkmaktadır. Açık merkezli valfler, şekil 2.16'da yer alan hidrolik devrede gösterildiği gibi nötr konumdayken pompa basınç hattındaki yağın tank hattına serbestçe akmasına olanak tanıyarak, pompanın emniyet valfinin yüksek basınçta açılmasını önler. Bu durum kapalı merkezli valflere kıyasla önemli bir avantaj teşkil eder. Açık merkezli valflerde genellikle sabit deplasmanlı pompa kullanılır. Açık merkezli valfler nötr konumda düşük basınçta çalışarak, hidrolik yağın ısınmasını engeller. Ayrıca basınç kayıpları az olduğu için enerji sarfiyatını azaltır ve tüm ekipmanlar daha düşük basınçta çalıştığı için ömrünü uzatma açısından avantaj sağlar.



Şekil 2.17. Açık merkezli hidrolik devre

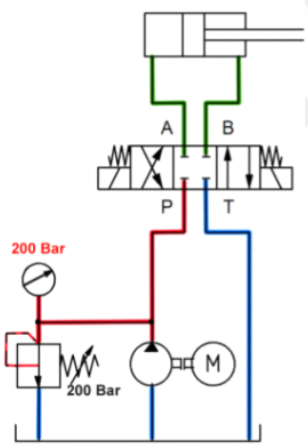
2.1.2.8. Kapalı Merkezli Yön Kontrol Valfleri

Kapalı merkezli yön kontrol valfleri nötr konumdayken tüm akışkanın akışını engeller. Bu sayede pompanın gereksiz yere çalışmasını ve aşırı ısınmasını önler. Açık merkezli valfler gibi akışı kontrol etmeye yardımcı olur ve özellikle yüksek basınç ile çalışan ve pompa debisinin yüksek olduğu sistemlerde tercih edilir.



Şekil 2.18. Kapalı Merkezli Hidrolik Devrenin Görseli ve Şeması

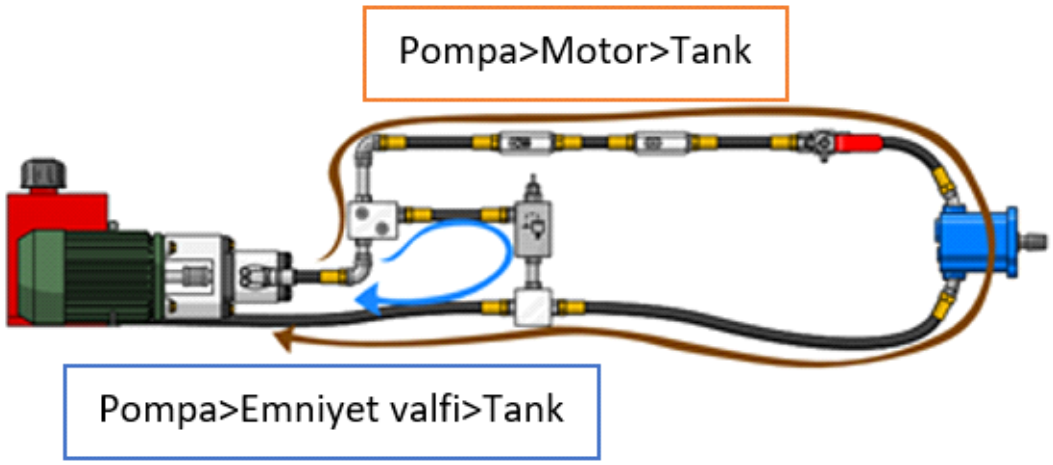
Kapalı merkezli valfler dış görünüş olarak açık merkezli valflere çok benzerlik gösterir ve açık merkezli valflerde olduğu gibi aynı tahrik yöntemleriyle valf yönü kontrol edilebilir, fakat nötr konumda akış yolunun kapalı olması bu valfin çalışma prensibini ve kullanım alanını değiştirmektedir. Kapalı merkezli yön kontrol valfinin seçimi, uygulama gereksinimine göre yapılmalıdır. Daha hassas kontrol ve yüksek basınç ve akış hızı kapasitesi gerekiyorsa kapalı merkezli valf tercih edilmelidir. Kapalı merkezli valflerde orta konumda A, B, P ve T hatları tamamen kapalıdır. Bunun sonucu olarak valfin kumanda ettiği hidrolik silindir ya da hidrolik motoru durdurduğumuzda pompa hattının önü kapanacağından dolayı pompa, devrede emniyet valfi üzerinde yapılan basınç ayarında çalışır ve pompanın aktardığı yağ emniyet valfinden tanka aktarır. Bu tür valflerde genellikle değişken deplasmanlı pompa kullanılarak ihtiyaç olmadığı durumlarda pompa debi üretmemektedir. Kapalı merkezli valflerin tasarımı daha zor ve genelde değişken deplasmanlı pompalarla kullanıldığı için bunların ilk yatırım maliyeti yüksektir. Fakat uzun süreli kullanımlarda ihtiyaç kadar debi üretildiği için kapalı merkezli sistemlerde yakıt tasarrufu daha fazladır.



Şekil 2.19. Kapalı merkezli hidrolik devre

2.1.2.9. Paralel Devreli Yön Kontrol Valfleri

Yön kontrol valfleri paralel veya seri devreli olmak üzere iki tipe ayrılır. Paralel devreli yön kontrol valfleri akışın tercih edebileceği birden fazla yön olduğu için paralel devreli olarak anılır. En basit bir hidrolik sistemde bile birden fazla yol bulunabilir.



Şekil 2.20. Paralel devreli yön kontrol valf örneği

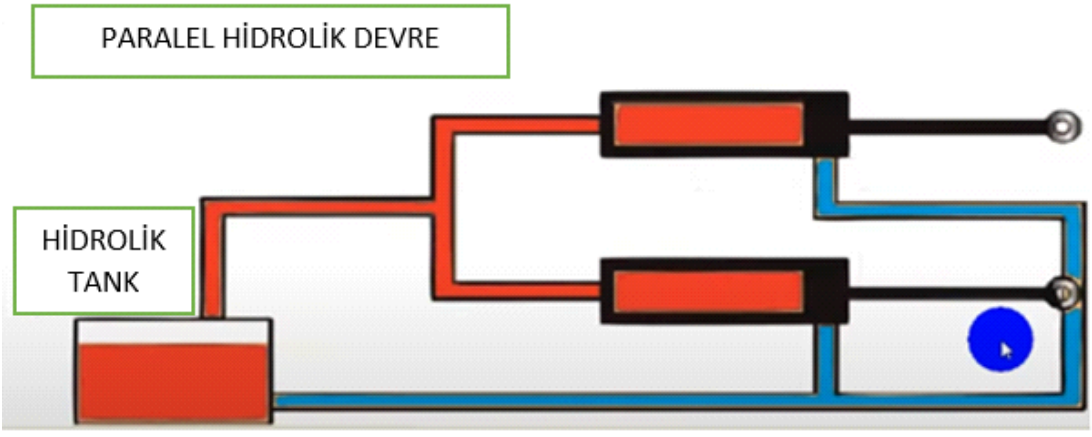
Yukarıda görüldüğü iki ayrı hat devreyi paralel yapmaktadır;

Bunlar;

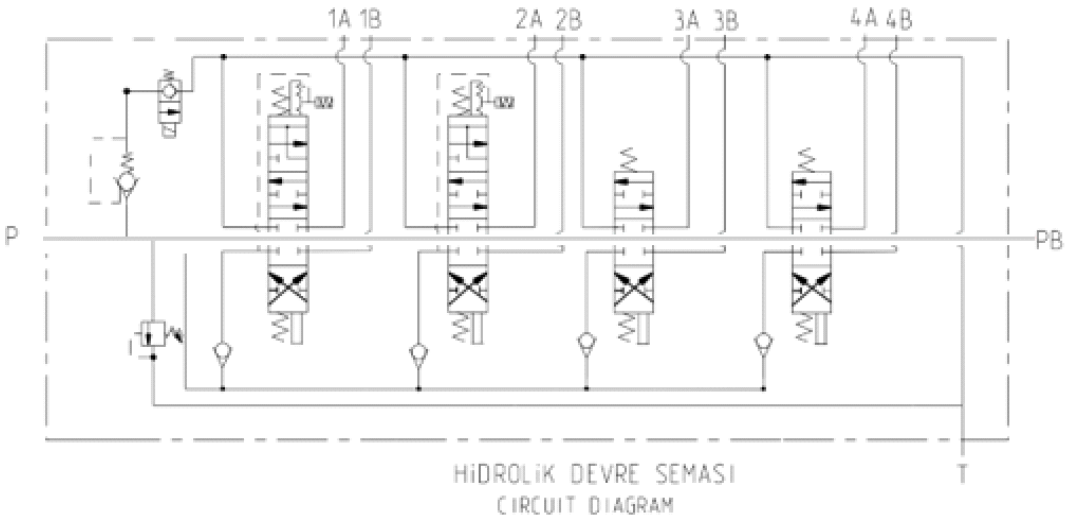
- Kahverengi hat ile gösterilende pompadan gelen yağ motora girerek ardından tanka geri dönüş sağlamaktadır.
- Mavi hat ile gösterilende ise pompadan gelen yağ emniyet valfini takip ederek ardından tanka geri dönüş sağlamaktadır.

Burada en önemli husus devrenin iki hattan birini tercih edecek olmasıdır, yani bu hatlar paralel olarak birbirine bağlıdır ve yağ geçişi yalnızca birinden olmaktadır.

Yön kontrol valfleri genellikle paralel devreli olarak tasarlanır. Herhangi bir silindirde hareket olduğu zaman bütün pompa debisi o silindire yönlendirilir ve aynı silindirin çıkışı tank hattına bağlanır.



Şekil 2.21. Paralel devreli hidrolik sistem

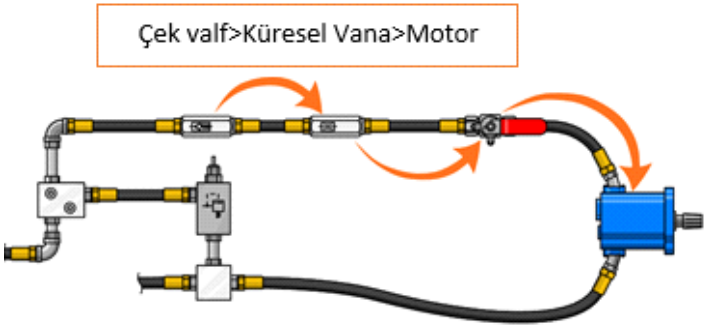


Şekil 2.22. Örnek paralel devreli hidrolik valf devre şeması

Hidrolik devreden de anlaşılabileceği gibi valf üzerinde birden fazla yol vardır. Herhangi dört, birbirinden bağımsız sürgüden biri yönlendirildiğinde yağ yönlendirilen tarafa doğru gitmektedir ve devre birbirine paralel bağlandığı için birden fazla silindirde aynı anda iş yapmak mümkün değildir.

2.1.2.10. Seri Devreli Yön Kontrol Valfleri

Seri devreli yön kontrol valfleri akışın tercih edebileceği tek bir yön olduğu için seri devreli olarak bilinir. Seri devrede bir hidrolik devre elemanından çıkan hidrolik yağ diğer hidrolik ekipmana giriş yapmaktadır, yani iki bileşen birbirine seri bağlıdır.

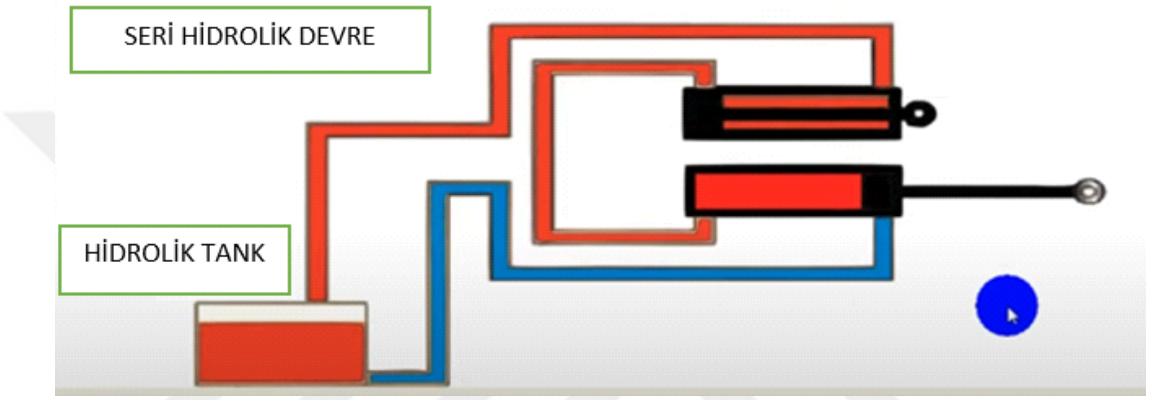


Şekil 2.23. Seri Devreli Yön Kontrol Valf Örneği

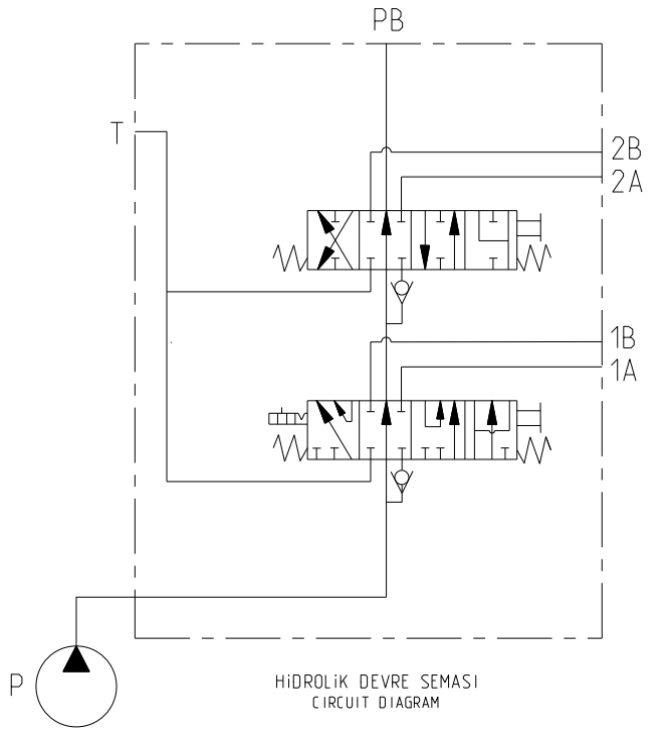
Her bileşen bir sonraki bileşene etki etmektedir o yüzden kendinden önceki bileşen seri devreli valflerde önem arz etmektedir.

Yukarıda görülen seri devrede; turuncu hat ile gösterilen devrede pompadan gelen yağ çek valf üzerinden bir orifise, ardından küresel vanaya, en son olarak ise motora girmektedir.

Yön kontrol valfleri genellikle paralel tasarlanmasına rağmen özel uygulamalarda seri devreli valfler kullanılmaktadır. Seri devreli valflerde bir önceki silindirden çıkan yağ diğer hidrolik devre elemanın silindirine girmektedir.



Şekil 2.24. Seri devreli hidrolik sistem



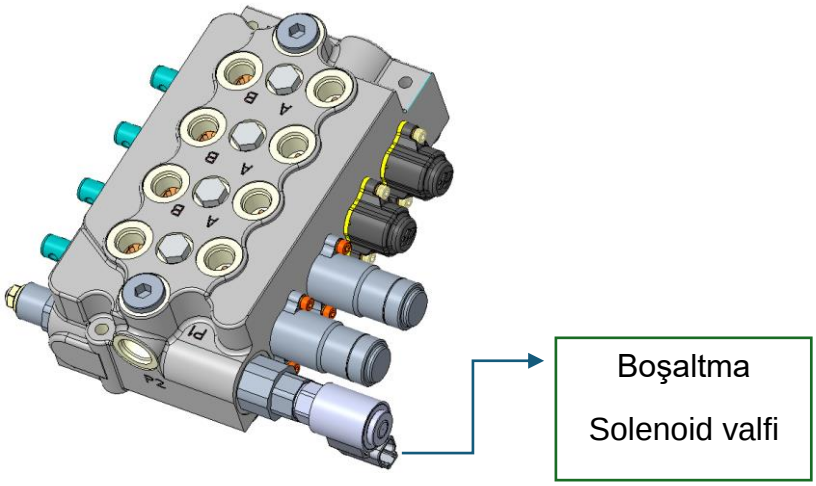
Şekil 2.25. Örnek seri devreli hidrolik valf devre şeması

Şekil 2.25'teki hidrolik devre şemasından da anlaşılabileceği gibi 1.sürgünün herhangi ileri veya geri hareketinde silindirden çıkan yağ tank yerine 2.sürgüye devam etmektedir. Bu şekilde iş makinası veya traktörlerde de birden fazla fiziksel aktiviteyi aynı anda yapma imkanı sağlanır.

2.2. Basınç Kaybını Düşüren Yeni Valf Tasarımı

Traktörlerde ve yükleyicilerde istenen özelliklerin en önemlilerinden bir tanesi de yakıt tasarrufu olarak bilinmektedir. Yakıt tasarrufunun sağlanması yağ akış kanallarının ideal boyutlarda olması ve sistemde serbest konumda basınç kaybı yaratacak mekanizmaların olmamasına bağlıdır. Özellikle yüksek basınç kayıpları yakıt sarfiyatını arttırmakla beraber, pompa ömrünü de kısaltmaktadır. Yakıt sarfiyatının çok olduğu valflerden biri yön kontrol valfleri olarak bilinir. Bu valflerin normal valflerden daha yüksek debiyle çalışıyor olması ve birçok fonksiyonu yapılabiliyor olması (kaldırma, indirme, kazma, bom hareketi, sağa/sola hareket gibi) valfin basınç kayıplarını çok yükseklere çıkarır.

Yakıt sarfiyatının azaltılması adına yapılan çalışmalardan biri boşaltma valfi adıyla bilinen mekanizmanın tasarımlarda kullanılmasıdır. Şekil 2.26'da gösterilen yön kontrol valfi içine montajlanmış boşaltma valfi literatürde emniyet valfi (relief valve) ile çok karıştırılmakla birlikte amacı emniyet valfinden farklı olarak sistem basınç kaybını minimize etmektir. Emniyet valfi ise adından da anlaşılacağı gibi sistem yüke maruz kaldığında hidrolik sistemin zarar görmesini engelleyerek yağı tank hattına tahliye eder.



Şekil 2.26. Yön kontrol valfi

2.2.1. Boşaltma Valf Solenoidinin Çalışma Anındaki Konumları ve Devre Şeması

Boşaltma solenoid valfi 2 yollu, 2 konumlu normalde kapalı olarak çalışmaktadır. Düşük basınçlarda yük tutmak için kullanılabilir.

Boşaltma valfi tasarımları ve istenilen fonksiyonu gerçekleştirebilmek için iki farklı konumda çalışır.

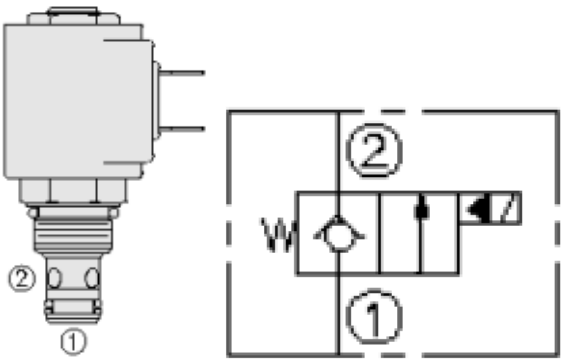
1 Kapalı konum

2 Açık konum

Boşaltma solenoid valfi traktör veya iş makinası üzerinde normalde kapalı konumda kullanılır, yani yakıt tasarrufu sağlanmaz. Çünkü Şekil 2.27 üzerindeki gösterilen 1 numaralı hat pompa hattına bağlıdır ve 2 numaralı hatta geçiş yapamamaktadır. Fakat operatör traktör pulluklarıyla tarlayı sürerken yada römork ile bir yerden bir yere seyahat ederken boşaltma solenoid valfini aktif hale getirir ve yakıt tasarrufu sağlanmış olur.

2.2.1.1. Kapalı Konum

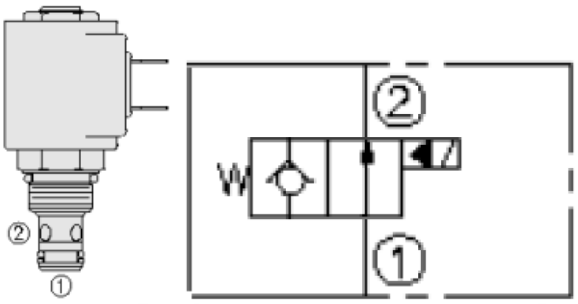
Boşaltma solenoid valfi kapalı (enerji yok) konumunda iken (şekil 2.27) valfin pompa hattına bağlı olan 1 numaralı bölgesi, tasarım gereği 2 numaralı bölge olan popetin arka kısmına geçişe izin vermemektedir. Geçiş tek yönlü olup kapalı konumunda 2 numaralı bölgeden 1 numaralı bölgeye geçiş vardır.



Şekil 2.27. Solenoid valf (kapalı)

2.2.1.2. Açık Konum

Boşaltma Solenoid valfi açık (enerji var) konumunda iken (şekil 2.28) popetin ön kısmında yer alan 1 numaralı bölge, valfin tank hattına bağlı olan 2 numaralı bölgeye geçişine izin vermektedir.

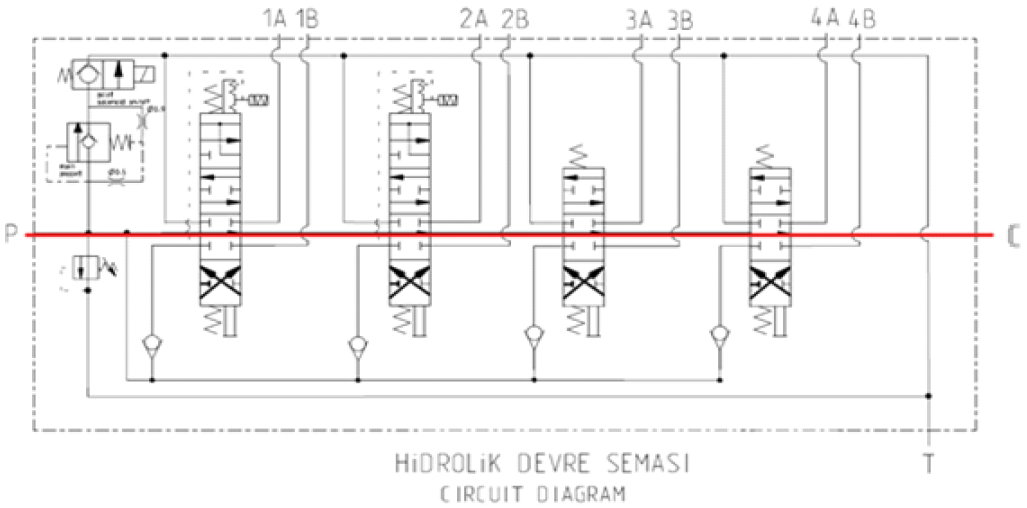


Şekil 2.28. Solenoid valf (açık)

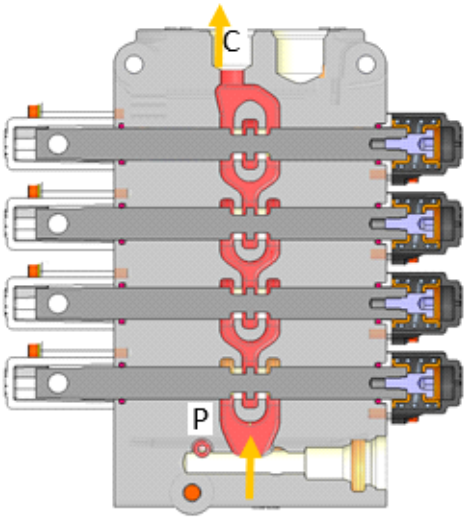
2.2.2. Yön Kontrol Valfinin Konumları ve Hidrolik Devre Şeması

2.2.2.1. Enerjisiz Nötr Konum

Yön kontrol valfi nötr konumdayken, hidrolik pompadan gelen yağ, solenoid'e enerji verilmemesi ve herhangi bir devre elemanının aktif olmaması nedeniyle doğrudan tank hattına tahliye edilir. Bu durum, valfin giriş ve çıkışında enerjili konuma kıyasla yüksek basınç farkı oluşmasına ve dolayısıyla yüksek basınç kaybına yol açar. Kırmızı ile çizili bölge valfin pompa hattından solenoide enerji verilmediği zaman nötr konumda tank hattına giden hidrolik devreyi göstermektedir. (Şekil 2.29)



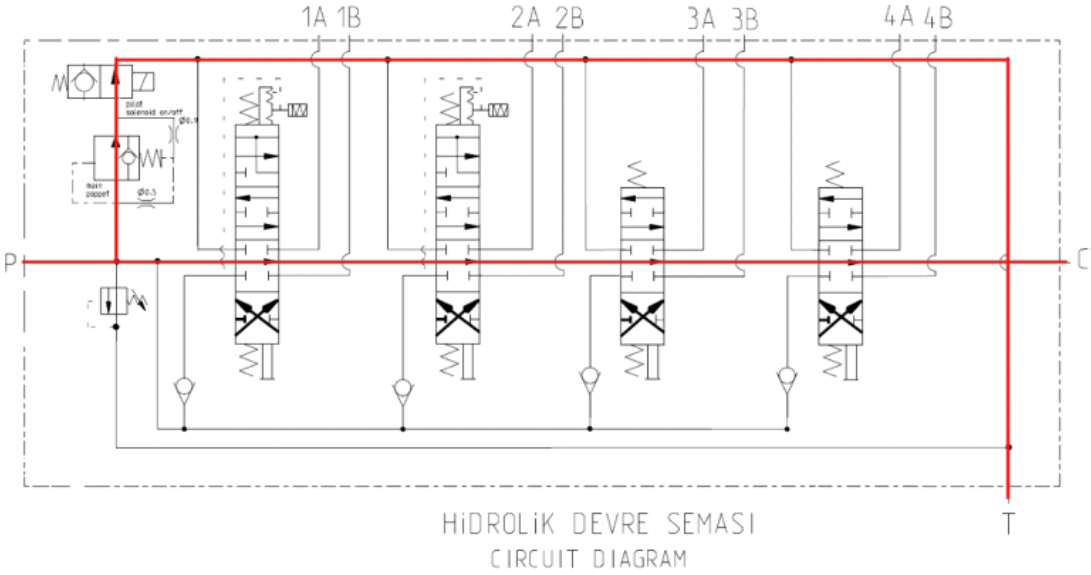
Şekil 2.29. Yön kontrol valfi enerjisiz nötr konum hidrolik devre şeması



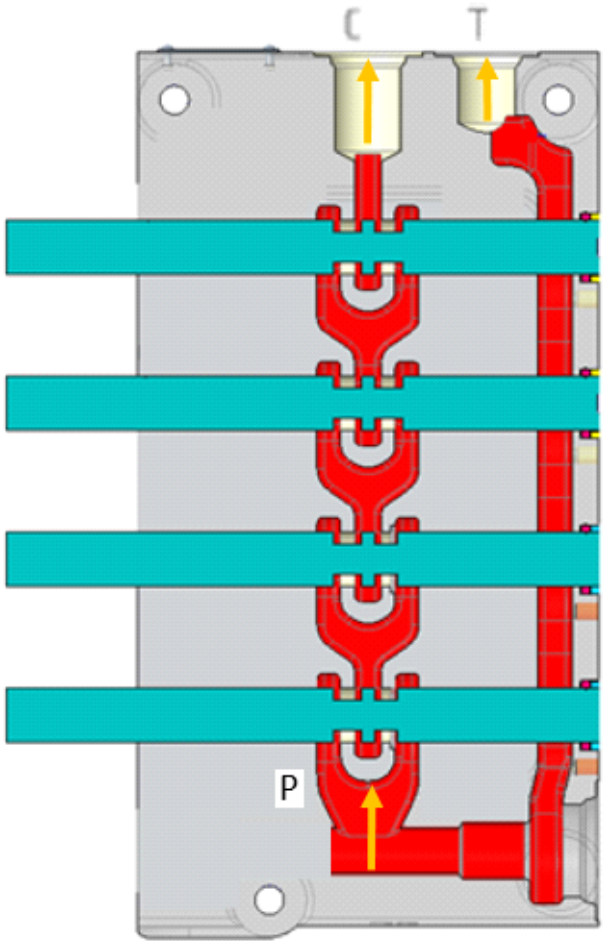
Şekil 2.30. Yön kontrol valfi enerjisiz nötr konum akış alanı

2.2.2.2. Enerjili Nötr Konum

Yön kontrol valfi nötr konumda iken hidrolik pompadan gelen yağı herhangi bir devre elemanı kullanmadığı için, solenoide enerji verildiği zaman solenoid valf üzerinden uyarılan pilot çek valf hattını açarak yağı basınç kaybı az olacak şekilde tank hattına tahliye etmektedir (Şekil 2.31). Bu konumda aynı zamanda yağ enerjisiz konumda olduğu gibi P hattından C hattına devam etmektedir. Kırmızı ile çizili bölge valfin pompa hattından solenoide enerji verildiği zaman nötr konumda tank hattına giden akış alanını ve aynı zamanda pompanın enerjisiz konumda yağı boşalttığı akış alanını göstermektedir (Şekil 2.32). Enerjili konumda pompadan gelen toplam debi hem enerjisiz konumda olan hattı takıp edip buna ilave olarak enerjili konum hattından tahliyeyi devam ettirmektedir. Bu tahliye işlemi enerjisiz konumda olduğu gibi tek yerden değil, Şekil 2.32'de gösterildiği gibi iki bölgeden yağı bölerek tamamlanır ve basınç kaybının düşük olmasının ana sebebi budur. Burada pompa debisi her iki konumda da aynıdır ve giriş çıkış debileri aynı olur. Enerjili konumda giriş debisi, tank hattından ve C hattından çıkan debilerin toplamına eşit olacaktır.

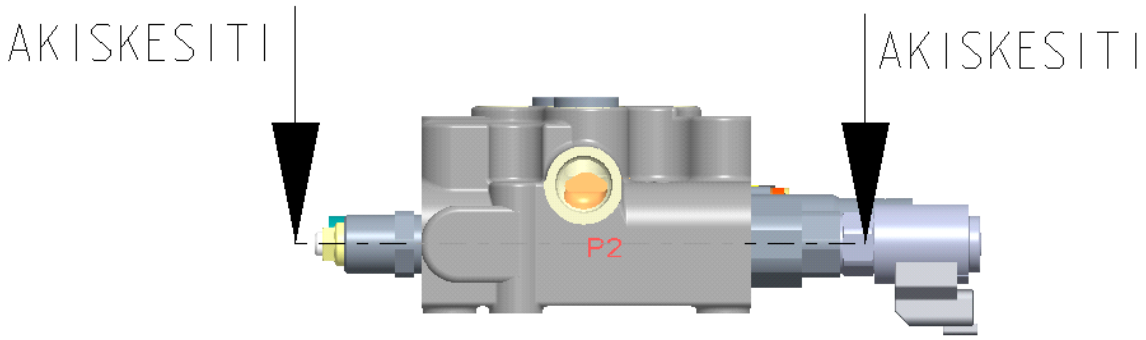


Şekil 2.31. Yön kontrol valfi enerjili nötr konum hidrolik devre şeması



Şekil 2.32. Yön kontrol valfi enerjili nötr konum akış alanı

Enerjili ve enerjisiz durumda akış için alınan kesit aynıdır ve gövde üzerinde yukarıdaki enerjisiz ve enerjili konumda gösterilen maça akış bölgesinin nereden kesit alındığı Şekil 2.33'te gösterilmiştir.



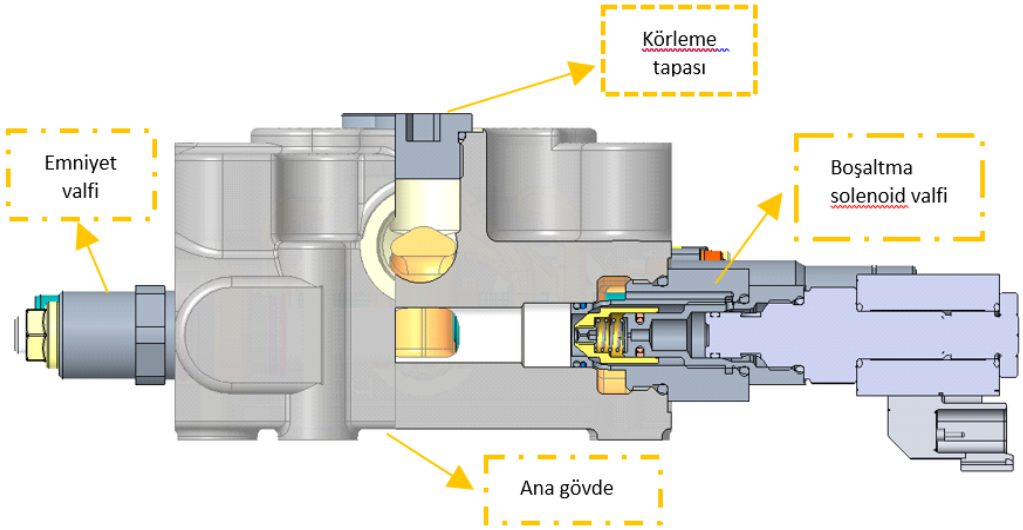
Şekil 2.33. Gövde üzerinde gösterilen akış alanının kesit gösterilişi

BÖLÜM 3

MATERYAL VE METOD

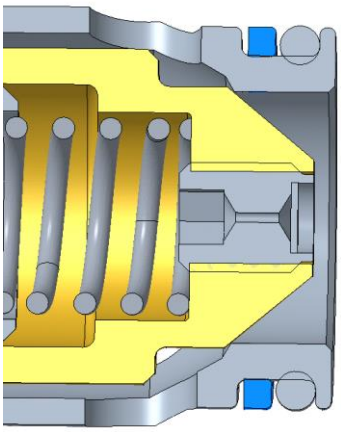
3.1. Materyal

Bu çalışmada yararlanılan ana valf aşağıda Şekil 3.1.'de gösterilmiştir. Ana valf içerisinde boşaltma solenoid valfi, emniyet valfi, körleme tapası ve bazı bağlantı parçaları yer almaktadır. Bu çalışmada kullanılan hidrolik yön kontrol valfinin nötr konumda enerjili ve enerjisiz şekilde basınç kayıp analizi yapılacaktır.

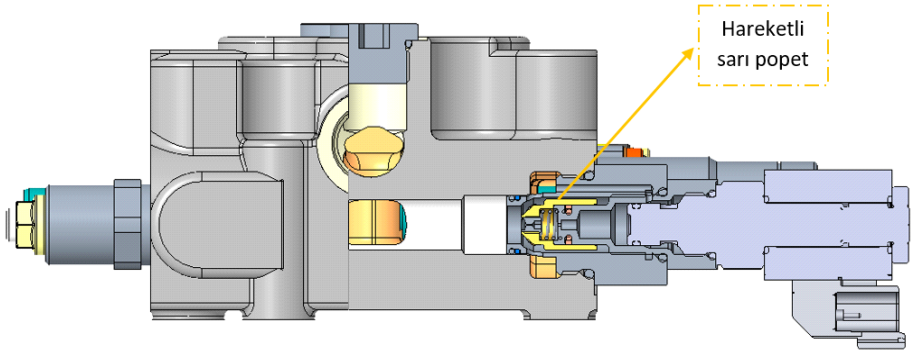


Şekil 3.1. Hidrolik Yön Kontrol Valfi Kısmı Kesiti Enerjisiz Konum

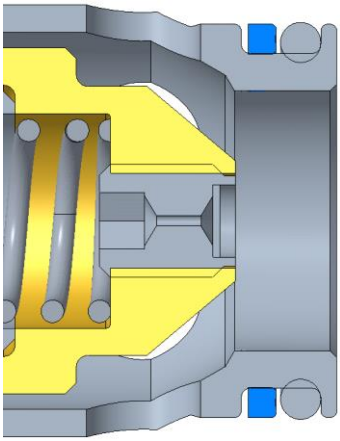
Şekil 3.2 içerisinde boşaltma solenoid valfi enerjisiz konumdaki pozisyonu yakın olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Boşaltma Solenoid Valfi Enerjisiz Konum



Şekil 3.3. Hidrolik Yön Kontrol Valfi Kısmı Kesiti Enerjili Konum



Şekil 3.4. Boşaltma Solenoid Valfi Enerjili Konum

Şekil 3.4'teki enerjili konum şeklinden anlaşılabileceği gibi şeklin içindeki hareketli sarı popet hareket ederek akışın bölünüp basınç kayıplarının azalmasını sağlamaktadır.

3.1.1. Deney Tezgahı

Şekil 3.5'te görülen deney tezgahı, Hema Endüstri A.Ş. tarafından PL2150 olarak adlandırılan bir hidrolik test tezgahıdır. Bu test tezgahı test verilerini toplamak amacıyla uygun ekipmanlar içermektedir. Test verilerini kaydedebilmek için Labview programı, tezgah üzerinde debimetre, manometre ve ihtiyaç olan bütün hidrolik ekipmanları içermektedir.



Şekil 3.5. PL2150 Test Tezgahı

Çizelge 3.1. Hema Endüstri Deney Tezgahı Tezgah Seri Değişkenleri (Hema 2024)

Seriler	**1**	**2**	**3**	**4**
Pompa Gövde Malzemesi	Küresel Dökme Demir EN-GJS-400-15 (/79 En(GJS/600-3)	Küresel Dökme Demir EN-GJS-400-15	Küresel Dökme Demir EN-GJS-400-15	Küresel Dökme Demir EN-GJS-400-15
Pompa Dişli Malzemeleri	Çelik 1.7139	Çelik 1.7139	Çelik 1.7139	Çelik 1.7139
Kirlilik maks	20µm	30µm	50µm	30µm
Ölçüm değerinden gelen doğruluk	±0.3% at 20mm^2/s	±0.5% At 20mm^2/s	±1% At 20mm^2/s	±0.5% At 20mm^2/s

Çizelge 3.1'de gösterilen seri değişkenler içerisinde kırmızı ile işaretlenen bölge Hema Endüstri test tezgahının özelliklerini içermektedir



Şekil 3.6. Hema Endüstri Deney Tezgahının Dijital Debimetresi

Çizelge 3.2. Hema Endüstri Dişli Motor Çalışma Özellikleri

Genel Karakteristikleri	
Tasarım	Dişli motoru
Bağlantı tipi	plaka bağlantısı /boru bağlantısı
Montaj pozisyonu	isteğe bağlı
Akış yönü	isteğe bağlı
Viskosite	1… 1000000 mm²/s
Max basınç kaybı	Δpmax: 16 bar

Çizelge 3.3. Hema Endüstri Deney Tezgahı Pompa Özellikleri

Çalışma Karakteristiği							
Nominal ölçü	**Geometrik diş hacmi**	**Max. Çalışma basıncı**		**Pik basınç değeri**		**Ses seviyesi**	**Çözünürlük**
		Standart versiyon	**Yüksek basınç versiyon(/79)**	**Standart versiyon**	**Yüksek basınç versiyon (/79)**		
	V_{gz} Cm^3	**P_{max} bar**	**P_{max} bar**	**P_{max} bar**	**P_{max} bar**	**L_A Db (A)**	**lmp/l**
1	1.036	400	-	480	-	<70	965.25
3	3.000	315	400	350	480	<70	333.33
5	5.222	315	400	350	480	<72	191.50
12	12.000	400	-	480	-	<80	83.33
16	16.000	400	-	480	-	<80	62.50

Çizelge 3.3'te gösterilen pompa özellikleri içerisinde kırmızı ile işaretlenen kısım Hema Endüstri test tezgahının özelliklerini içermektedir.

Şekil 3.7'de gösterildiği gibi tezgahta Parker marka filtreler kullanılmaktadır.



Şekil 3.7. Hema Endüsti Deney Tezgahının Parker Filtresi (Hema 2024)

Çizelge 3.4. Hema Endüstri Deney Tezgahı Filtre Özellikleri

Filtrasyon derecesi					
Ortalama filtrasyon beta oranı β (ISO 16889) parçacık boyutu µm [c]					
β (x) = 2	β x (c)=10	β x (c)=75	β x (c)=100	β x (c)=200	β x (c)=1000
Yukarıdakş beta oranına göre (βx) % verimlilik					
50.0%	90.0%	98.7%	50.0%	99%	99.9%
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	4.5
N/A	N/A	4.5	5	6	7
N/A	6	8.5	9	10	12
6	11	17	18	20	22

Tezgâhta seviyesi görüntülenebilen, ısıtma, soğutma ve ayrı sirkülasyon hattı olan bir yağ tankı bulunmaktadır.



Şekil 3.8. Hema Endüstri Deney Tezgahı Arkadan Görünüşü

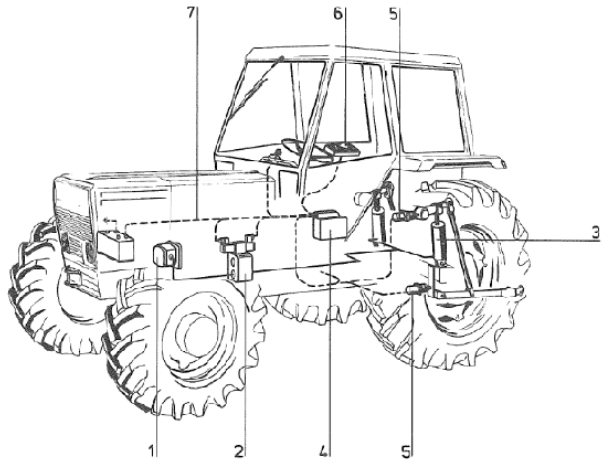
Tezgâhta, kontrol ve veri toplama işlemleri Labview yazılımı ve ürünleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu sistem, debi, sızıntı, tank sıcaklığı ve pompa açma/kapama gibi parametreleri izleyip kontrol etme imkanı sunmaktadır.

3.2. Metod

Bu çalışmada, gereksinimleri karşılayan uygun ve gerçek koşulları yansıtan bir deney düzeneği kurulmuştur. Bu kurulan düzeneğin test yapabilmek için gerekli çalışma debisini, simülasyon verilerini kıyaslamak için uygun hidrolik yağı, debimetre ve manometre gibi uygun devre elemanlarını içermesi gerekmektedir.

3.2.1. Traktör Hidrolik Devre Bağlantısı

Aşağıda traktör üzerinde ekipmanların hidrolik sistem şeması gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Traktör Hidrolik Sistem Şeması (Lift 1992)

1. Hidrolik pompa
2. Kontrol valfi
3. Kaldırıcı silindiri
4. Hidrolik dağıtım merkezi
5. Alt askı kolu güç kontrol iletim merkezi
6. Kontrol merkezi
7. Hidrolik borulama

Traktörlerin hidrolik devreleri, üretici firmaya göre değişiklik gösterebilmektedir. Şekil 3.9'da gösterilen devre, basit bir hidrolik devresini temsil etmektedir.

Şekil 3.9'da gösterilen şemada, pompa, motordan aldığı mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye dönüştürmektedir. Hidrolik enerjiyle birlikte hareket eden yağ, çelik borulama veya hortumlar aracılığıyla hidrolik kontrol kısmında yer alan yön kontrol valfine iletilmektedir. Yön kontrol valfine ulaşan yağ, operatörün müdahalesiyle yağı ihtiyaç olan kısımdaki silindirlere veya tanka yollamaktadır (Nak 2019).

Traktörlerde 800 devir/dk rölanti olarak kabul edilir, traktörler model ve markaya göre maksimum 2500 ile 3000 devir/dk'da çalışmaktadırlar. Çalışma devrine ve tahvil oranına bağlı olarak pompa sisteme debi göndermektedir (Nak 2019).

Traktör üreticileri tasarladıkları traktör ve traktörlerin ihtiyaçlarına göre pompa seçimi yapmaktadır.

Örnek 1. Çizelge 3.5'teki çalışmada 14 cm^3 /dev hacimli ve 1,3 tahvil oranına sahip bir pompanın farklı devirlerde sağlayacağı debiyi hesaplamak amaçlanmıştır. Aşağıda motor devrine göre pompa debisi hesaplanan çizelgelerde volümetrik verim %95 ile %98 arası hesaplanmıştır (Hema, 2024).

Debi = Tahvil oranı x pompa debisi x motor devri (3.1)

Çizelge 3.5. Motor devrine göre pompa debisi 1.

Devir(dev/dk)	Pompa Debisi (lt/dk)
800	13.83-14.26
1000	17.29-17.83
1500	25.93-26.75
2000	34.58-35.67
2500	43.22-44.59
3000	51.87-53.50

Örnek 2. Çizelge 3.6'daki çalışmada 15 cm^3 /dev hacimli ve 1,2 tahvil oranına sahip bir pompanın farklı devirlerde sağlayacağı debiyi hesaplamak amaçlanmıştır.

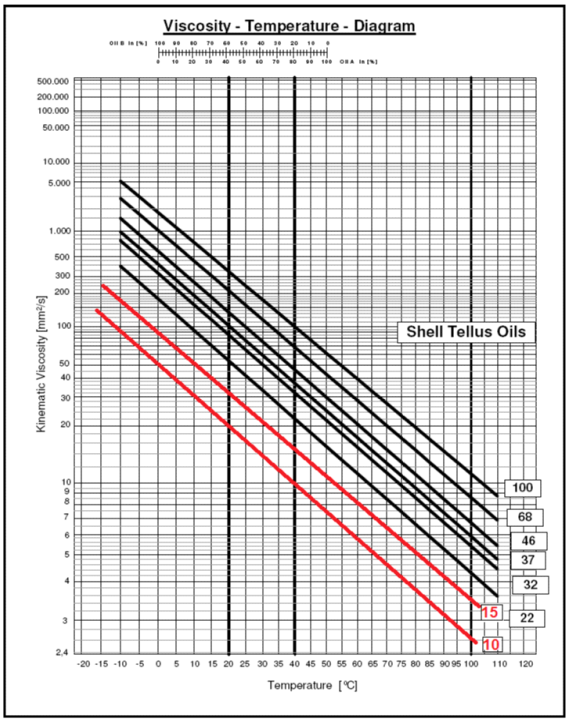
Çizelge 3.6. Motor devrine göre pompa debisi 2.

Devir(RPM)	Pompa Debisi (lt/dk)
800	13.68-14.11
1000	17.1-17.64
1500	25.65-26.46
2000	34.2-35.28
2500	42.75-44.10
3000	51.3-52.92

3.2.2. Traktör ve Yükleyicilerde Kullanılan Yağlar

Traktörlerde ve yükleyicilerde kullanılan hidrolik pompalar, yağ deposu olarak genellikle transmisyonu tercih eder. Transmisyondaki hidrolik yağ, pompa tarafından valfler aracılığıyla ekipmanlara gönderilir. Bu çalışmada, traktör ve yükleyici üreticilerinin transmisyonlarında kullandıkları yağ ile aynı özelliklere sahip yağ kullanılmıştır.

Traktör ve yükleyicilerde hidrolik sistemin verimli ve güvenli çalışması için doğru yağ seçimi oldukça önemlidir. Bu nedenle, çalışmada traktör ve yükleyici üreticilerinin önerdiği yağlar tercih edilmiştir. Bu yağların viskozite değerleri, Şekil 3.10'da sıcaklık ve yağ cinslerine göre gösterilmektedir.



Şekil 3.10. Farklı Sıcaklıklarda Hidrolik Yağın Viskozite Değişim Grafiği (Shell 2019)

BÖLÜM 4

NÜMERİK ANALİZLER

Bu çalışmada, yön kontrol valfi içerisindeki basınç kayıplarını azaltmak hedefiyle, boşaltma valfi üzerinden yağ akışı geçirilerek valf gövdesi üzerindeki basınç kayıpları Ansys Fluent CFD (Computational Fluid Dynamics) analiz programı kullanılarak incelenmiştir. Bu inceleme çıkış basıncı 0 bar olarak kabul edilerek yapılmıştır. Bu kapsamda yağ debi değerleri 10, 60, 80, 100 lt/dk değerleri alınmıştır.

Ansys Fluent CFD 2016 (Computational Fluid Dynamics), akışkanlar mekaniği (CFD) analizleri için kullanılan bir yazılımdır. Bu program, ürün tasarım aşamasında akış, basınç, sıcaklık ve bunlara benzer parametrelerin analiz edilmesini sağlar. Ansys'in programları arasında yer alan CFD 2016, yeni ürünlerin hızlı bir şekilde doğrulanması ve tasarım hatalarının önceden belirlenmesi için faydalı bir araçtır.

Ansys Fluent CFD 2016, hidrolik yağ içeren kayıplara bağlı kalmaksızın, hava ve farklı malzemelerle yapılan analizleri de mümkün kılmaktadır. Programın anlaşılır bir ara yüzü ve kolay kullanımı, farklı deneyim seviyelerindeki kullanıcılar için uygun hale gelmektedir. Analiz yapmak için önce model oluşturma, modeli parasolid formatında kaydetme, modeli analiz programına yükleme, analizi tanımlama, analizi çalıştırma ve sonuçların değerlendirilmesi olarak düşünülebilir (Nak 2019).

4.1. Test Parametrelerinin Belirlenmesi

Test parametrelerinin belirlenmesinde valfin maksimum devirde çalışma debisi, rölantide çalışma debisi, minimum devirde çalışma debisi referans alınmıştır. Yükleyici içindeki hidrolik yağ sıcaklığı ortam koşullarının sıcaklığına göre değiştiği için test parametrelerini etkileyen bir diğer faktör yağ sıcaklığı olarak kabul edilmiştir ve yağın termofiziksel özellikleri 40^{o}C'de alınmıştır. Akışın türbülanslı olduğu, Reynold saysının

hesaplanması ve bu sayının kritik değeri aşmasıyla doğrulandıktan sonra analizde k-ε türbülans modeli kullanılmıştır. Aşağıdaki veriler bilindiğinde;

Akışkan Hızı (V): Bu, valften geçen akışkanın hızıdır. Genellikle m/s cinsinden ölçülür.

Boru Çapı (D): Bu, valften geçen akışkanın geçtiği borunun iç çapıdır. Genellikle metre cinsinden ölçülür.

Akışkan Yoğunluğu (ρ): Bu, akışkanın birim hacimdeki kütlesidir. Genellikle kg/m³ cinsinden ölçülür.

Akışkan Dinamik Viskozitesi (μ): Bu, akışkanın akmaya karşı direncidir. Genellikle Pa·s cinsinden ölçülür.

Bu değerler bilindiğinde Reynold sayısı hesaplanır ve bu verilere dayanarak model tezde kullanılan valf için türbülanslı olarak seçilir. Reynold sayısı ise $Re = \rho VD / \mu$ formülü kullanılarak bulunulur.

Test enerjili nötr durumda ve enerjisiz nötr durumda olmak üzere iki ayrı valf bölgesi üzerinde yapılmıştır.

4.1.1. Test Programı

Test programı olarak Ansys Fluent CFD kullanılmıştır. CFD açılımı computational fluid Dynamics (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) olarak bilinmektedir. Günümüzde büyük firmalar tarafından da CFD kullanımı oldukça yaygındır. CFD programı sonuçlarının doğruluk oranı çok yüksektir. CFD programı yardımıyla basınç düşüşleri, rüzgâr akış hesabı gibi akış analizleri ile bileşen sıcaklıkları, sıcaklık kontrolü gibi ısı transfer analizleri yapılabilmektedir.

Bir sıvı akış probleminin en basiti bile elle çözülemeyecek kadar karmaşıktır. Örneğin, 1953'te M. Kawaguti, bir silindirin etrafındaki akışı elle hesaplamak için 18 ay boyunca haftada 20 saat harcamıştır. Mühendislik programlarının günümüzde bizlere katkısı çok fazladır (Trowbridge 2011).

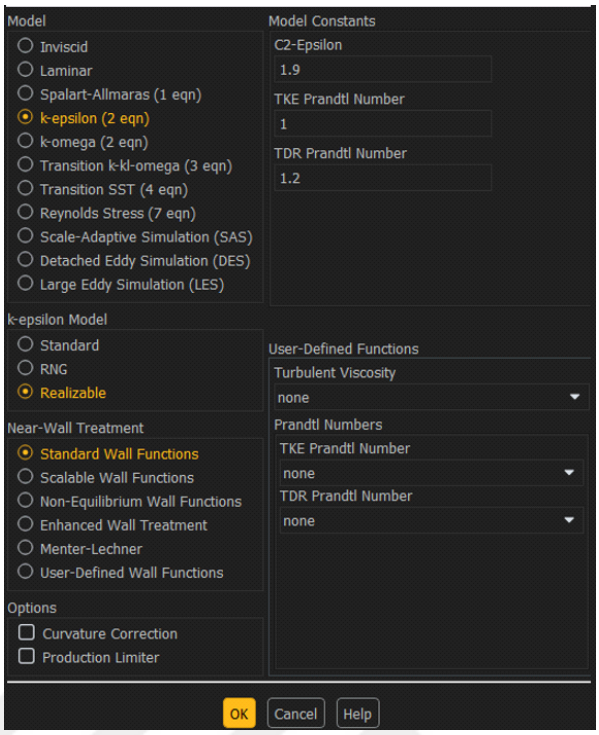
CFD problemi ağlara (mesh) böler, malzeme özellikleri ve sınır koşulları ile birlikte problemi sayısal olarak çözmeye çalışır. Yazılım, değişmeyen (yakınsayan) bir çözüme ulaşana kadar bu denklemleri tüm simülasyon modeli üzerinde yineler.

4.1.2. Test Şartları

Pompa hacimsel debisi **;** 100 lt/dk, 80 lt/dk, 60 lt/dk, 10 lt/dk
Yağ türleri **;** ISO VG32, ISO VG 68, ISO VG 100
Enerji **;** Var/Yok olarak incelenmiştir.
Ana sürgü konumu **;** Nötr
-Efektif çıkış basıncı 0 bar olarak alınmıştır.
-Program analizi 250 denemeden (iterasyondan) sonra sonlandırmaktadır.

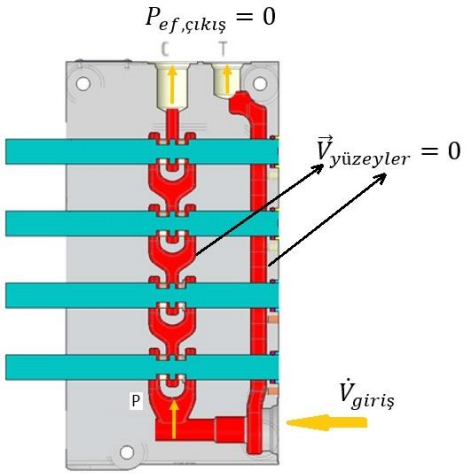
Şekil 4.8'de gösterilen sıcaklık ile değişen kinematik viskozite değerlerine bakıldığında yağların isimlendirilmesinin 40 C°'deki kinematik viskozite değerlerine göre olduğu görülmektedir. Analiz programına dinamik viskosite değeri giriş yapıldığı için kinematik viskosite değeri, akışkanın 40 C°'deki yoğunluyla çarpılarak programa girilir.

CFD programında hidrolik akışkan için akış analizi yapılırken, analizin daimi rejim (steady state) şartlarında gerçekleştiği varsayılmıştır, bu sayede zamanla değişmeyen bir akış durumu simule edimiştir. Aynı zamanda duvarlarda kaymama şartı kabul edilmiştir. Bu şart akışkanın duvar boyunca kaymayacağını, bir diğer ifadeyle duvar ile temas eden akışkanın hızının sıfır olacağı anlamına gelir. Çözüm modeli olarak pressure-based modül kullanılmıştır. Bu modül düşük veya orta hızlı sıkıştırılamaz veya hafif sıkıştırılabilir akışlar için uygundur. Şekil 4.1'de görüldüğü gibi, incelenen valf modeli için $k-\varepsilon$ türbülans modeli kullanılmıştır ve standard wall function modeli tercih edilmiştir. K-epsilon için $(k-\varepsilon)$ modeli, türbülanslı akış koşullarında ortalama akış özelliklerini simüle etmek için hesaplamalı akışkanlar dinamiğinde (HAD) kullanılan bir modeldir. Bu yöntem türbülans kinetik enerjisi (k) ve türbülans kinetik enerji yayılım oranını (ε) hesaplayarak çözüme ulaşır. Realizable $k-\varepsilon$ modeli, standart $k-\varepsilon$ modelinin bir türevidir ve türbülanslı akışların simülasyonunu daha doğru bir şekilde simüle etmeye yardımcı olur (Launder ve Spalding 1972). Standard wall function modeli ise karmaşık geometri modellemeye yardımcı olur ve $k-\varepsilon$ modelinin genel doğruluğunu arttırır. Türbülans modelinin kullanılmasının nedeni ise düşük alanlardan yüksek debi geçişidir. Hidrolik valflerin birçoğu türbülanslı akışa sahiptir.



Şekil 4.1. Türbülanslı Akış İçin Seçilen Çözüm Modeli

Yukarıda bahsedilen CFD modeli için kabul edilmiş sınır şartlarının gösterimi aşağıdadır.

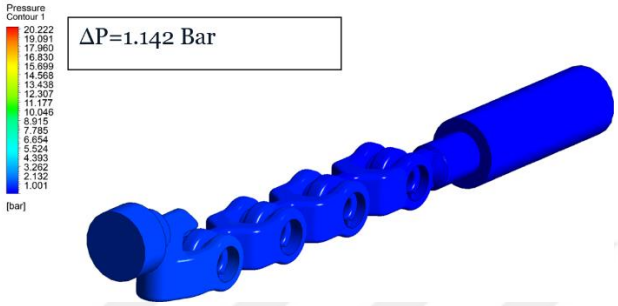


Şekil 4.2. CFD Modelinin Sınır Şartlarının Görüntüsü

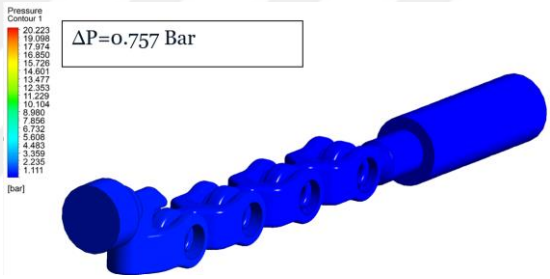
Burada $\dot{V}_{giriş}$ hacimsel debiyi, $P_{eff,çıkış}$ çıkıştaki (yüksek basınç iletim hattı ve tank hattındaki efektif basıncı, $\vec{V}_{yüzeyler}$ ise yüzeylerdeki hızı göstermektedir.

4.1.3. Pompa Hacimsel Yağ Debisi 10 lt/dk CFD Enerjisiz, Tahliye Kanalsız Konum

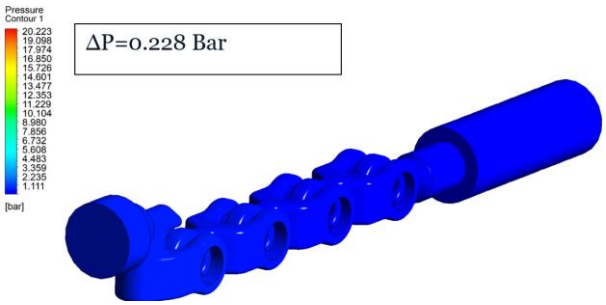
CFD analiz programında enerjisiz olarak yapılan analizde programın 10lt/dk pompa debisinde VG100, VG68, VG32 yağ geçişi simule edildiğinde basınç kaybı sırasıyla 1.142 bar, 0.757 bar ve 0.228 bar gelmektedir.



Şekil 4.3. 10 lt/dk hacimsel yağ debisinde VG100 yağıyla yapılan basınç kontürü



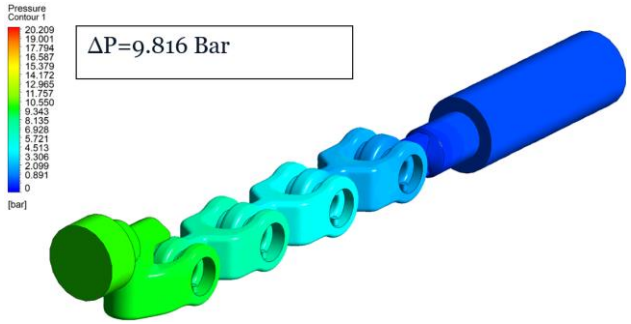
Şekil 4.4. 10 lt/dk hacimsel yağ debisinde VG68 yağıyla yapılan basınç kontürü



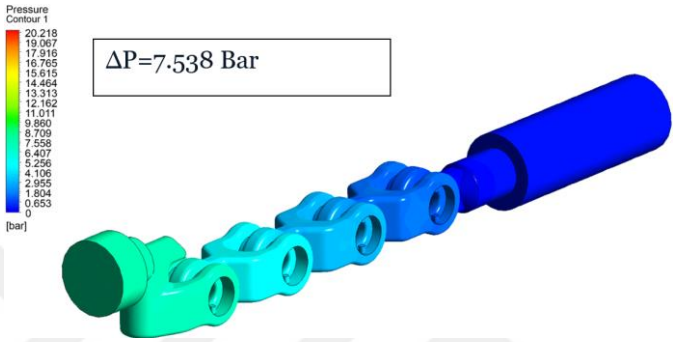
Şekil 4.5. 10 lt/dk hacimsel yağ debisinde VG32 yağıyla yapılan basınç kontürü

4.1.4. Pompa Hacimsel Yağ Debisi 60 lt/dk CFD Enerjisiz, Tahliye Kanalsız Konum

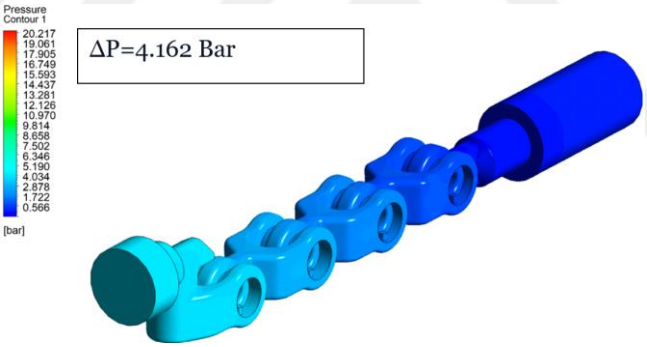
CFD analiz programında enerjisiz olarak yapılan analizde programın 60 lt/dk pompa debisinde VG100, VG68, VG32 yağ geçişi simule edildiğinde basınç kaybı sırasıyla 9.816 bar, 7.538 bar ve 4.162 bar gelmektedir.



Şekil 4.6. 60 lt/dk hacimsel yağ debisinde VG100 yağıyla yapılan basınç kontürü



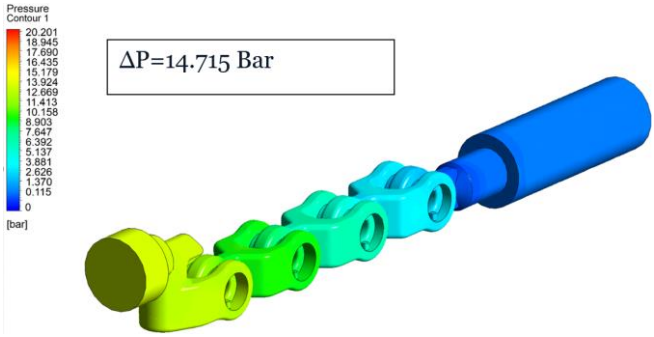
Şekil 4.7. 60 lt/dk hacimsel yağ debisinde VG68 yağıyla yapılan basınç kontürü



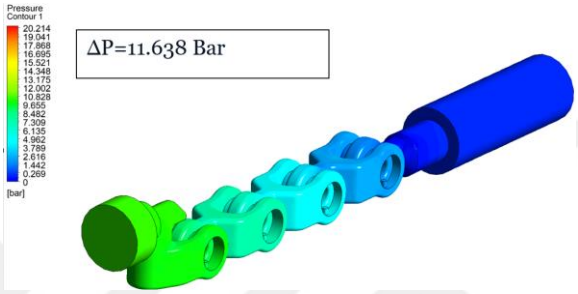
Şekil 4.8. 60 lt/dk hacimsel yağ debisinde VG32 yağıyla yapılan basınç kontürü

4.1.5. Pompa Hacimsel Yağ Debisi 80 lt/dk CFD Enerjisiz, Tahliye Kanalsız Konum

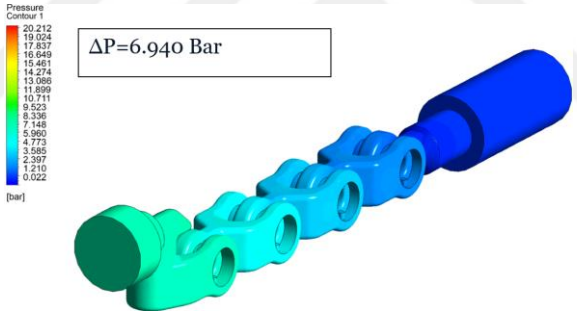
CFD analiz programında enerjisiz olarak yapılan analizde programın 80 lt/dk pompa debisinde VG100, VG68, VG32 yağ geçişi simule edildiğinde basınç kaybı sırasıyla 14.715 bar, 11.638 bar ve 6.940 bar gelmektedir.



Şekil 4.9. 80 lt/dk hacimsel yağ debisinde VG100 yağıyla yapılan basınç kontürü



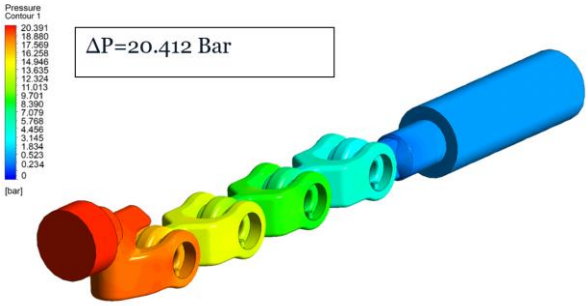
Şekil 4.10. 80 lt/dk hacimsel yağ debisinde VG68 yağıyla yapılan basınç kontürü



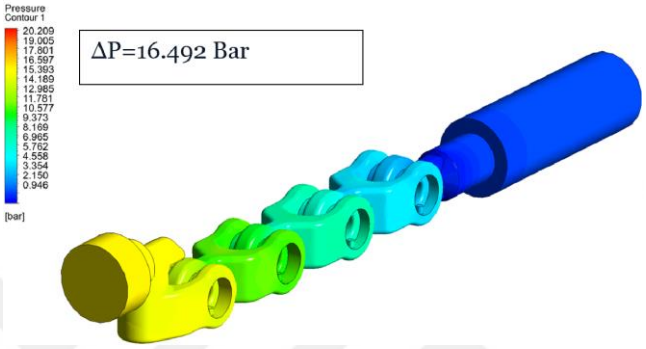
Şekil 4.11. 80 lt/dk hacimsel yağ debisinde VG32 yağıyla yapılan basınç kontürü

4.1.6. Pompa Hacimsel Yağ Debisi 100 lt/dk CFD Enerjisiz, Tahliye Kanalsız Konum

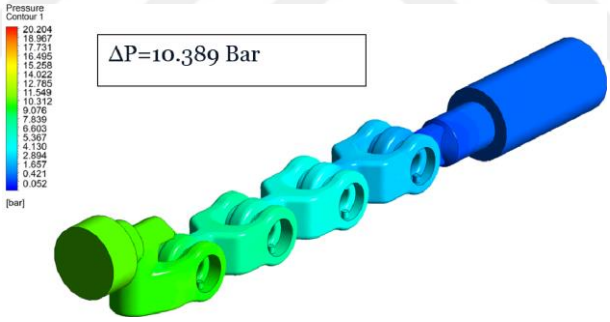
CFD analiz programında enerjisiz olarak yapılan analizde programın 100lt/dk pompa debisinde sırasıyla VG100, VG68, VG32 sıcaklıkta yağ geçişi simule edildiğinde basınç kaybı sırasıyla 20.412 bar, 16.492 bar ve 10.389 bar gelmektedir.



Şekil 4.12. 100 lt/dk hacimsel yağ debisinde VG100 yağıyla yapılan basınç kontürü



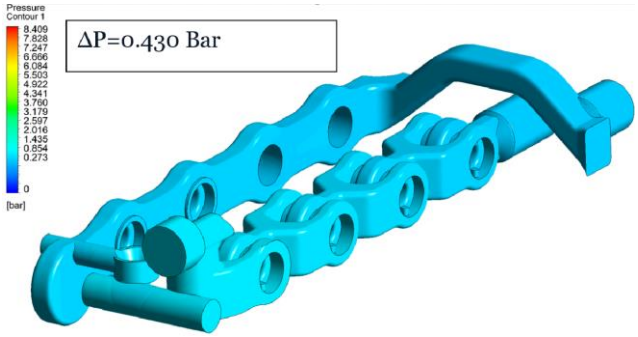
Şekil 4.13. 100 lt/dk hacimsel yağ debisinde VG68 yağıyla yapılan basınç kontürü



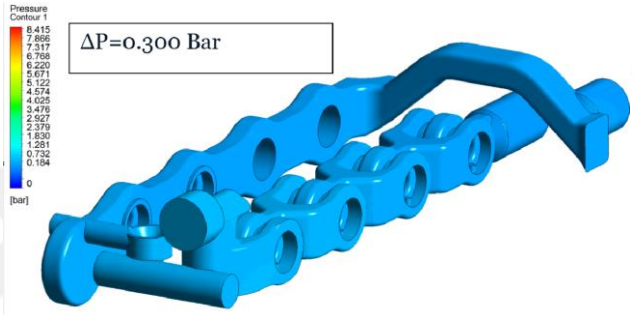
Şekil 4.14. 100 lt/dk hacimsel yağ debisinde VG32 yağıyla yapılan basınç kontürü

4.1.7. Pompa Hacimsel Yağ Debisi 10 lt/dk CFD Enerjili, Tahliye Kanallı Konum

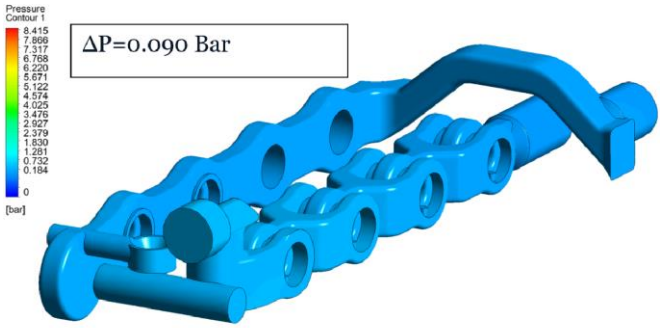
CFD analiz programında enerjili olarak yapılan analizde programın 10lt/dk pompa debisinde VG100, VG68, VG32 yağ geçişi simule edildiğinde basınç kaybı sırasıyla 0.430 bar, 0.300 bar ve 0.090 bar gelmektedir.



Şekil 4.15. 10 lt/dk hacimsel yağ debisinde VG100 yağıyla yapılan enerjili basınç kontürü



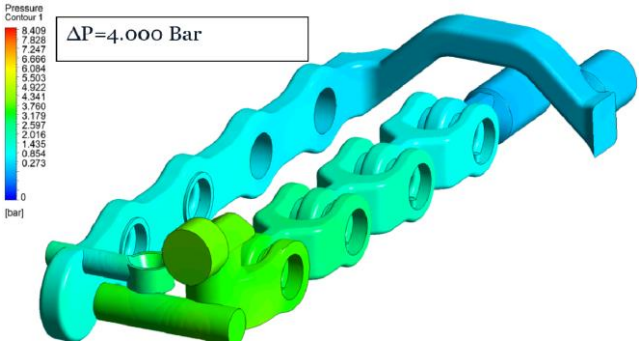
Şekil 4.16. 10 lt/dk hacimsel yağ debisinde VG68 yağıyla yapılan enerjili basınç kontürü



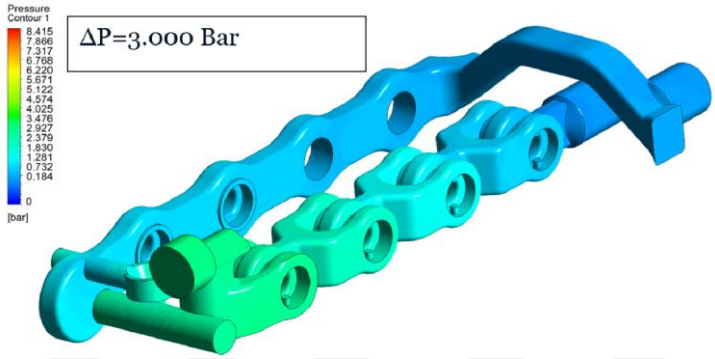
Şekil 4.17. 10 lt/dk hacimsel yağ debisinde VG32 yağıyla yapılan enerjili basınç kontürü

4.1.8. Pompa Hacimsel Yağ Debisi 60 lt/dk CFD Enerjili, Tahliye Kanallı Konum

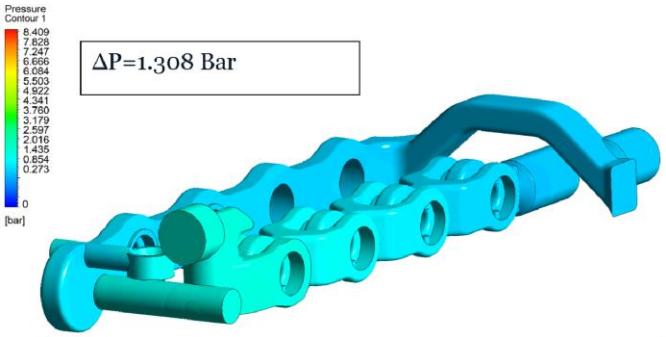
CFD analiz programında enerjili olarak yapılan analizde programın 60lt/dk pompa debisinde VG100, VG68, VG32 yağ geçişi simule edildiğinde basınç kaybı sırasıyla 4.000 bar, 3.000 bar ve 1.300 bar gelmektedir.



Şekil 4.18. 60 lt/dk hacimsel yağ debisinde VG100 yağıyla yapılan enerjili basınç kontürü



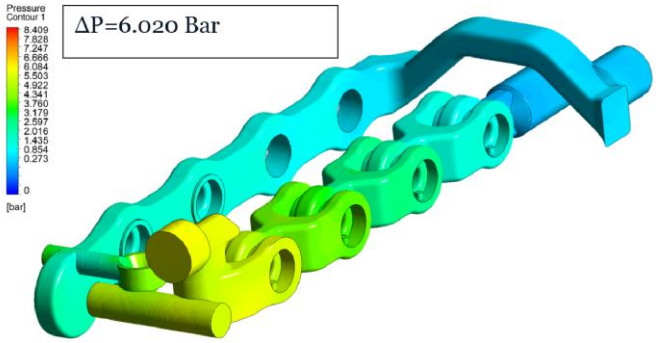
Şekil 4.19. 60 lt/dk hacimsel yağ debisinde VG68 yağıyla yapılan enerjili basınç kontürü



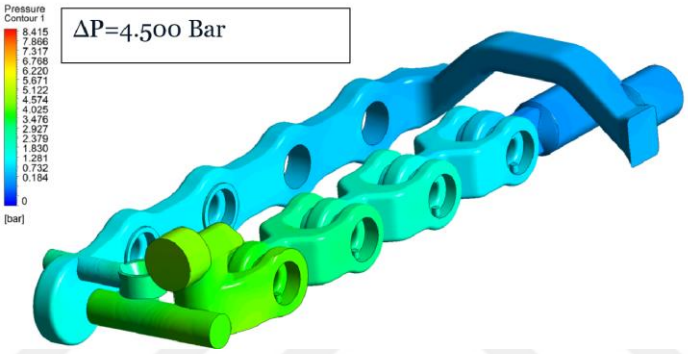
Şekil 4.20. 60 lt/dk hacimsel yağ debisinde VG32 yağıyla yapılan enerjili basınç kontürü

4.1.9. Pompa Hacimsel Yağ Debisi 80 lt/dk CFD Enerjili, Tahliye Kanallı Konum

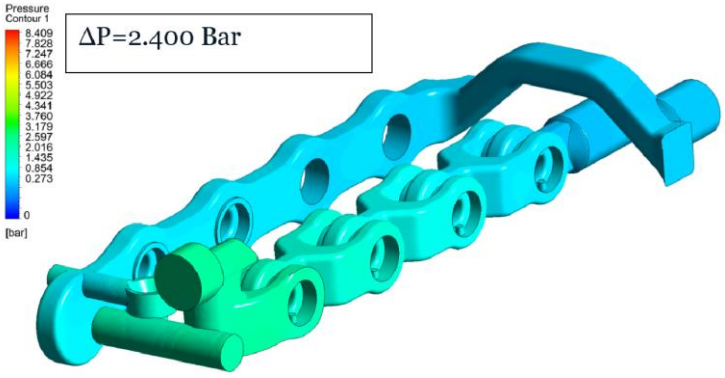
CFD analiz programında enerjili olarak yapılan analizde programın 80lt/dk pompa debisinde VG100, VG68, VG32 yağ geçişi simule edildiğinde basınç kaybı sırasıyla 6.020 bar, 4.500 bar ve 2.400 bar gelmektedir.



Şekil 4.21. 80 lt/dk hacimsel yağ debisinde VG100 yağıyla yapılan enerjili basınç kontürü



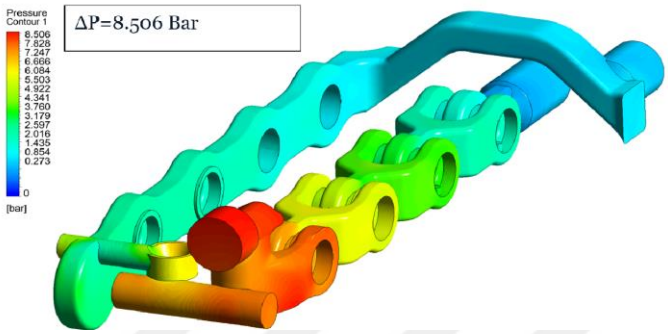
Şekil 4.22. 80 lt/dk hacimsel yağ debisinde VG68 yağıyla yapılan enerjili basınç kontürü



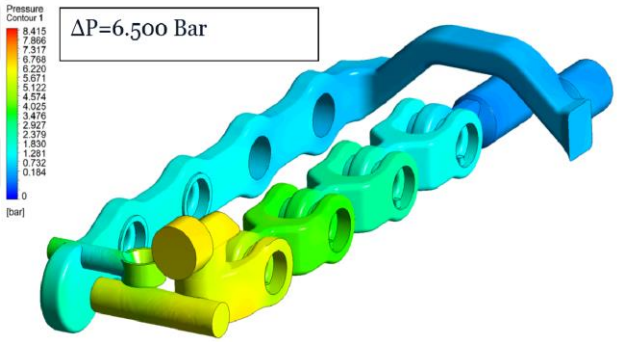
Şekil 4.23. 80 lt/dk hacimsel yağ debisinde VG32 yağıyla yapılan enerjili basınç kontürü

4.1.10. Pompa Hacimsel Yağ Debisi 100 lt/dk CFD Enerjili, Tahliye Kanallı Konum

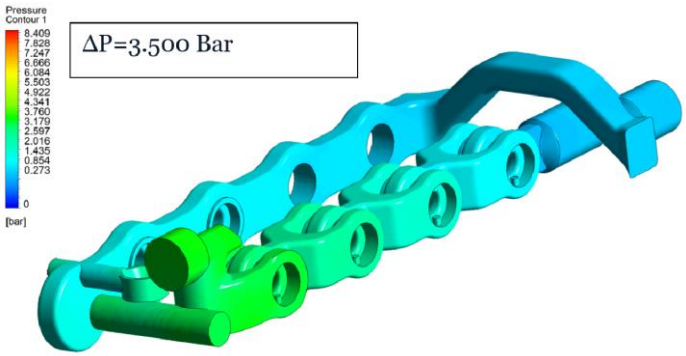
CFD analiz programında enerjili olarak yapılan analizde programın 100 lt/dk pompa debisinde VG100, VG68, VG32 yağ geçişi simule edildiğinde basınç kaybı sırasıyla 8.506 bar, 6.500 bar ve 3.500 bar gelmektedir.



Şekil 4.24. 100 lt/dk hacimsel yağ debisinde VG100 yağıyla yapılan enerjili basınç kontürü



Şekil 4.25. 100 lt/dk hacimsel yağ debisinde VG68 yağıyla yapılan enerjili basınç kontürü



Şekil 4.26. 100 lt/dk hacimsel yağ debisinde VG32 yağıyla yapılan enerjili basınç kontürü

4.2. Mesh Analizi ile CFD Sonuç Karşılaştırması

Bu çalışmada sonlu hacim yöntemine göre, CFD üzerinde belirlenen eleman sayısının doğruluğunu irdelemek amacıyla değişik eleman sayılarında çözümler yapılarak çıkan sonuçların yakınsadığı değerler tespit edilmiştir. Mesh analizi 100 lt/dk debi değeri ve VG100 yağı ve enerjili konum için yapılmıştır. Bu sonuçlara göre oluşturulan çizelge aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.1. Ağ Sayısının Artışına Göre Basınç Kayıp Sonuçları

Eleman Sayısı	Basınç Kaybı (bar)
20000	17.872
50000	17.977
100000	19.20
250000	20.408
250000+	20.412

Çizelge 4.1'deki bulgulara göre, 250000 eleman sayısından sonra basınç kaybında herhangi bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Gerekenden fazla mesh sayısı kullanmak, hesaplama süresini önemli ölçüde uzatmakta ve bilgisayar üzerinde gereksiz bir yük oluşturmaktadır. Bu nedenle 250000 mesh sayısının üzerinde mesh sayısı kullanmak gereksizdir.

Şekil 4.27 üzerinde 250000 adet elemandan oluşan ağ (mesh) ekran görüntüsü vardır. Ağların çok sıkı örülü olduğu şekilde gözükmektedir.



Şekil 4.27. 250000 eleman sayısı ile yapılan mesh görüntüsü

Bu çalışmada, enerjisiz ve enerjili durumlar için optimum mesh sayısının belirlenmesi amaçlanmıştır. Sonuçlar, enerjisiz konumda 250000 mesh sayısının**,** enerjili konumda ise 650000 mesh sayısının yeterli olduğunu göstermiştir. Analizlerde emniyet faktörü olarak minimum 2 katı eleman sayısı kullanılmıştır ve analizin hassas ve güvenilir olması hedeflenmiştir.

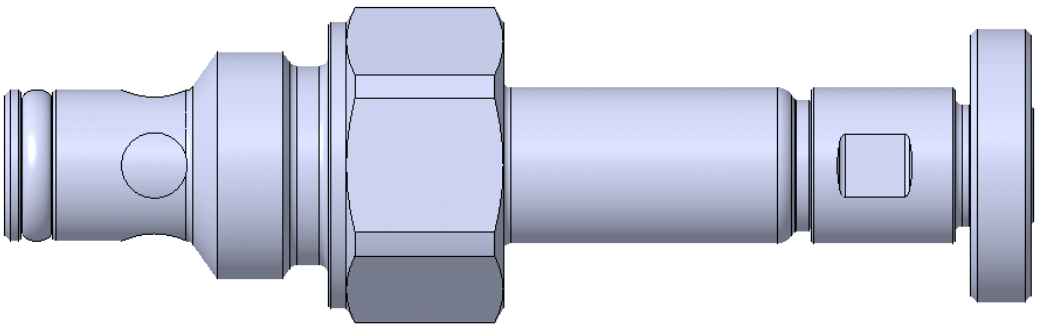
BÖLÜM 5

DENEYSEL ANALİZLER

Yapılan analizlerde boşaltma valfinin enerjili konumda basınç kaybını önemli ölçüde düşürdüğü teoride gözlemlenmiştir. Ürün deney ortamında test edilmek üzerek üretilmiş ve montajlanmıştır.

5.1. Yeni Tasarım Solenoid Valf

Şekil 5.1'de gösterilen boşaltma solenoid valf tasarımı CFD programında analiz yapıldıktan sonra gerçekte basınç kaybını ne kadar düşürdüğünü gözlemlemek amacıyla üretilmiş akabinde montajlanmıştır.



Şekil 5.1. İki Yollu İki Konumlu Solenoid Valf Görüntüsü

5.2. Solenoid Valfin Montajı

Solenoid valf Şekil 5.2.'de gösterildiği gibi ana valfe montajlanarak, test düzeneğine bağlanmıştır.



Şekil 5.2. Ana yön kontrol valfinin boşaltma valfi ile montajlanmış hali

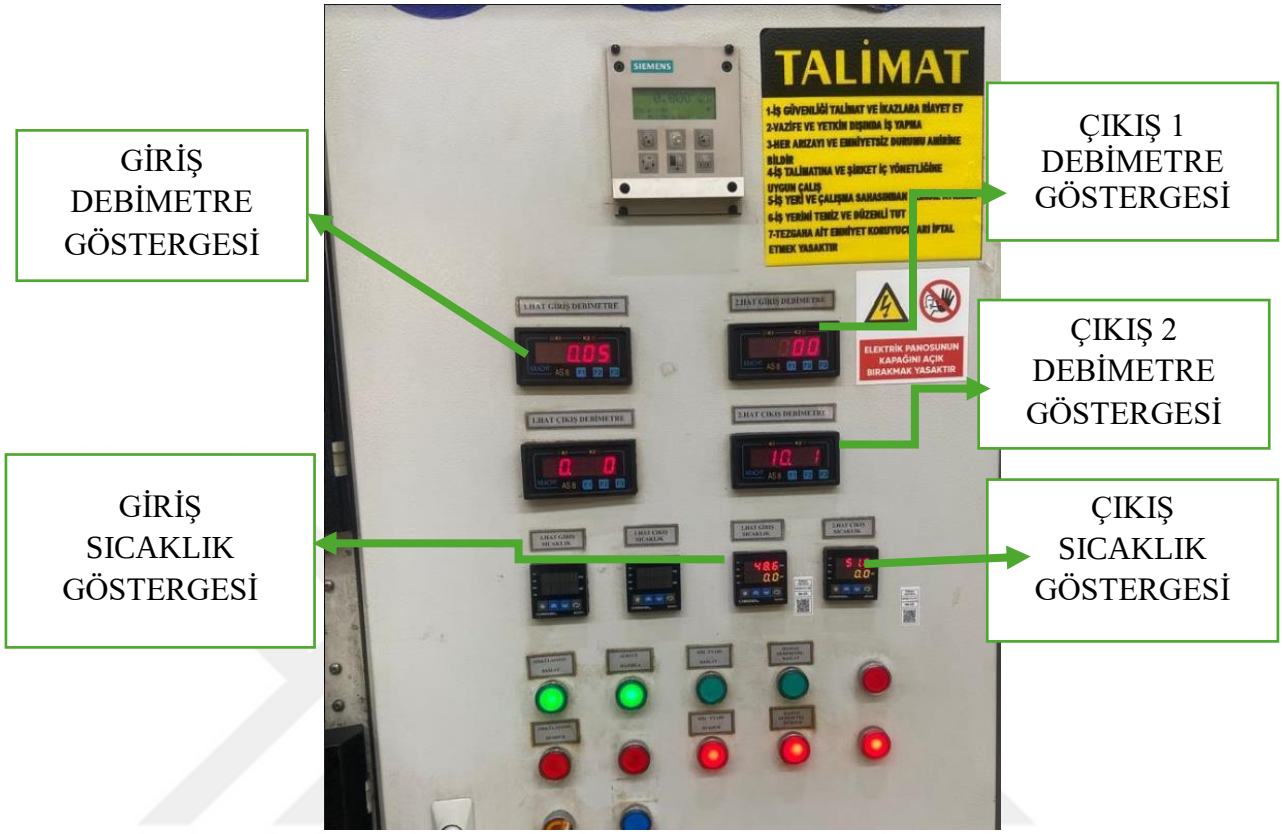
Solenoid valfin Şekil 5.3.'te görüldüğü gibi harici güç kaynağı ile elektrik bağlantısı yapılmıştır.



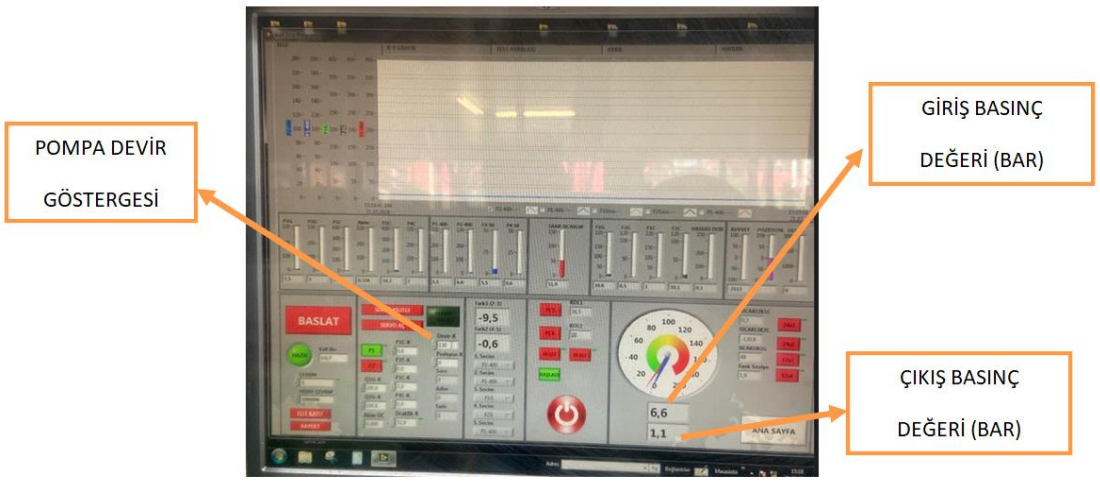
Şekil 5.3. Boşaltma valfi elektrik bağlantılı hali

Test tezgahında giriş ve çıkış hatlarında debimetre mevcuttur ayrıca sıcaklık kontrolü de sağlanabilmektedir. Bu sayede istenilen sıcaklıkta istenilen pompa debisinde istenilen değeri elde etmek mümkündür. Tezgah üzerinde tank ve hpco hatları çıkış debimetrelerinin olduğu hatta bağlanmıştır ve enerjili konumda giren debinin

çıkan debiye eşit olduğu görülmüştür. Bu yüzden giriş işin tek debimetre kullanılırken çıkış için 2 adet debimetre kullanılmıştır.



Şekil 5.4. Test tezgahı gösterge paneli 1



Şekil 5.5. Test tezgahı gösterge paneli 2

5.3. Test Şartları

Yeni tasarım valf aşağıda gösterilen deney koşullarında test edilmiştir.

Giriş Debileri; 10lt/dk, 60lt/dk, 80lt/dk, 100lt/dk

Yağ Viskosite Değeri; 32 Cst

Sıcaklık; $40^{O}C$

Yağ; ISO VG32

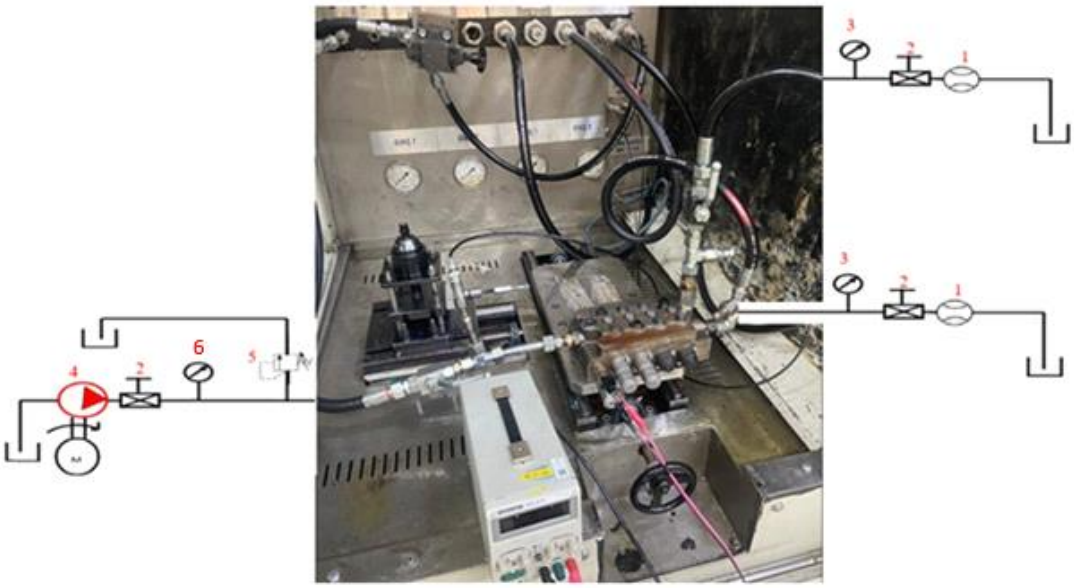
Efektif Çıkış Basıncı; 0 bar

Ana Sürgü Test Konumları: Nötr

Emniyet Valfi Ayarı; 190 Bar

5.4. Test Düzeneği

Şekil 5.6'da gösterilen deney düzeneğinde yer alan yön kontrol valfi içerisindeki boşaltma valfi enerjili ve enerjisiz durumlarda test edilmiştir.



Şekil 5.6. Yön kontrol valfi test düzeneği

1. Debimetre
2. Açma-kapama vanası
3. Çıkış basınç göstergesi

4. Pompa
5. Emniyet valfi,
6. Giriş basınç göstergesi

5.5. Test Tezgahında Deneylerin Yapılışı

Şekil 5.6.'daki düzenek için Hema Endüstri A.Ş. test atölyesinde bulunan PL2150 deney tezgâhına yön kontrol valfi bağlanır. Deney şartları sağlanarak istenen debi ve basınçlar ayarlanır. Solenoid üzerine harici güç kaynağından 12V enerji uygulanır. Enerjili ve enerjisiz konumda değişen debi değerlerine göre basınç kayıpları dijital manometre aracılığıyla ölçülür. Test değerleri 10lt/dk, 60lt/dk, 80lt/dk ve 100lt/dk test debilerinde yapılmıştır. Bu deney sonucunda giriş basıncından çıkış basıncı çıkarılarak toplam basınç kaybı bulunmaktadır.

5.5.1. Test Tezgahı Enerjisiz Konum Test Sonuçları

Test tezgahında solenoide enerji verilmeyerek boşaltma valfi aktif halde değil iken test sonuçları aşağıdaki gibidir.

10 lt/dk debide giriş çıkış basınç farkı 0.35 bar olarak gelmektedir.

60 lt/dk debide giriş çıkış basınç farkı 4.30 bar olarak gelmektedir.

80 lt/dk debide giriş çıkış basınç farkı 7.23 bar olarak gelmektedir.

100 lt/dk debide giriş çıkış basınç farkı 10.5 bar olarak gelmektedir.

5.5.2. Test Tezgahı Enerjili Konum Test Sonuçları

Test tezgahında solenoide enerji verilerek boşaltma valfi aktif halde iken test sonuçları aşağıdaki gibidir.

10 lt/dk debide giriş çıkış basınç farkı 0.15 bar olarak gelmektedir.

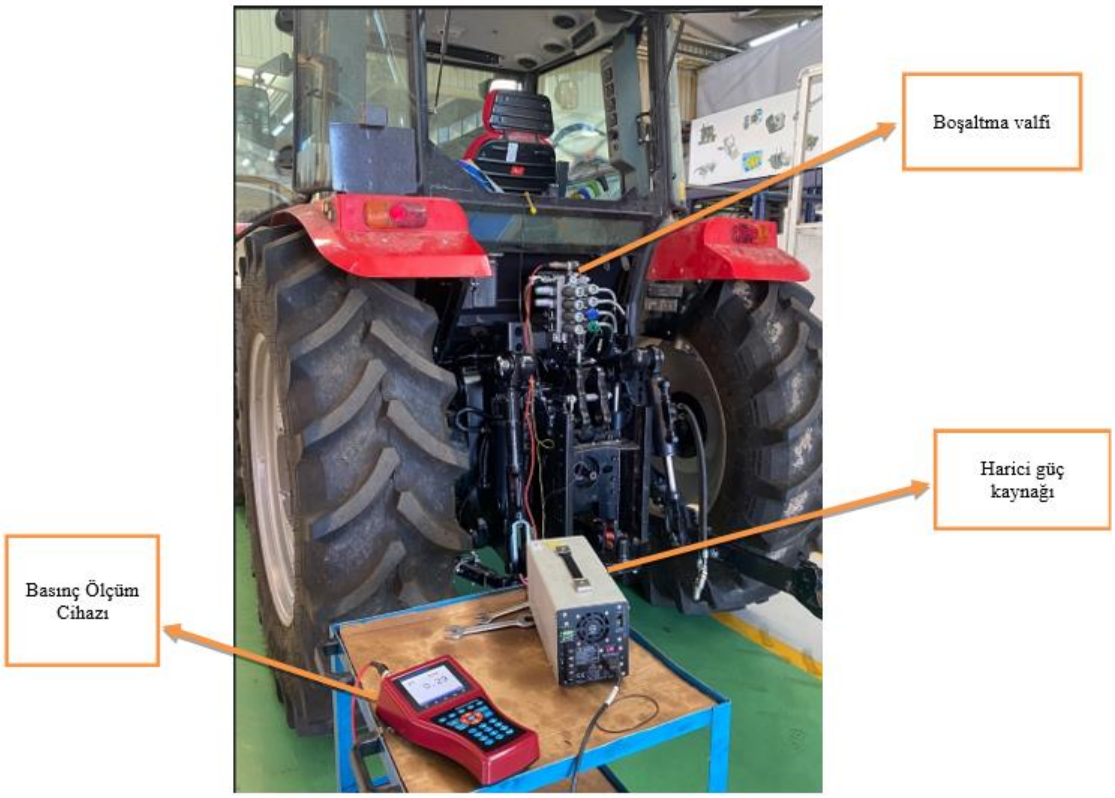
60 lt/dk debide giriş çıkış basınç farkı 1.5 bar olarak gelmektedir.

80 lt/dk debide giriş çıkış basınç farkı 2.7 bar olarak gelmektedir.

100 lt/dk debide giriş çıkış basınç farkı 3.45 bar olarak gelmektedir.

5.6. Traktör Üzerinde Deneysel Test

Test tezgahında yapılan doğrulama testinden sonra Şekil 5.7'de gösterilen traktör üzerinde valfin montajı yapılarak basınç kayıp değerleri not edilmiştir.



Şekil 5.7. Traktör test düzeneği

5.7. Traktör Üzerinde Deney Şartları

Giriş Debileri: 10 lt/dk, 60 lt/dk, 80 lt/dk, 100 lt/dk

Yağ Viskosite Değeri: 32 Cst

Yağ Cinsi: ISO VG32

Çıkış Basıncı: 0 bar

Ana Sürgü Test Konumları: Nötr

Emniyet Valfi Ayarı: 190 Bar

Deney şartlarını sağlamak amacıyla traktör yağ sıcaklığı 40 C°dereceye yakın bir değerde tutulmaya çalışılmıştır. 40C°±2 C° sıcaklık sağlanabilmesi için fluke Tİ300

Termal kameradan yararlanılmıştır. Fluke Tİ300 Termal kameranın hassasiyet değeri %2 veya ± 2 C° derece olarak belirlenmiştir (Fluke, 2024 s. 47).

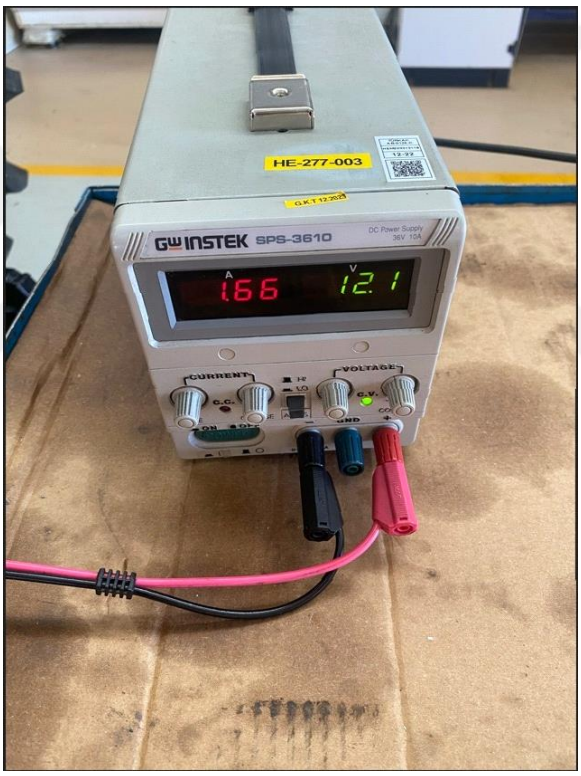


Şekil 5.8. Sıcaklık ölçüm cihazı

Harici güç kaynağı yardımıyla solenoide sabit 12V enerji verilmiştir ve bobinin ısınması kontrol edilerek solenoidin çektiği akımın değişmesine bağlı olarak basınç kayıplarının değişmediği gözlemlenmiştir. Bunların gözlemlenmesi için bobin üzerinden sürekli olarak sıcaklık ölçümü ve harici güç kaynağından voltaj ayarı yapılmıştır. Harici güç kaynağının hassasiyet değeri ± %0.5 olarak belirlenmiştir (Gwinstek, 2024).

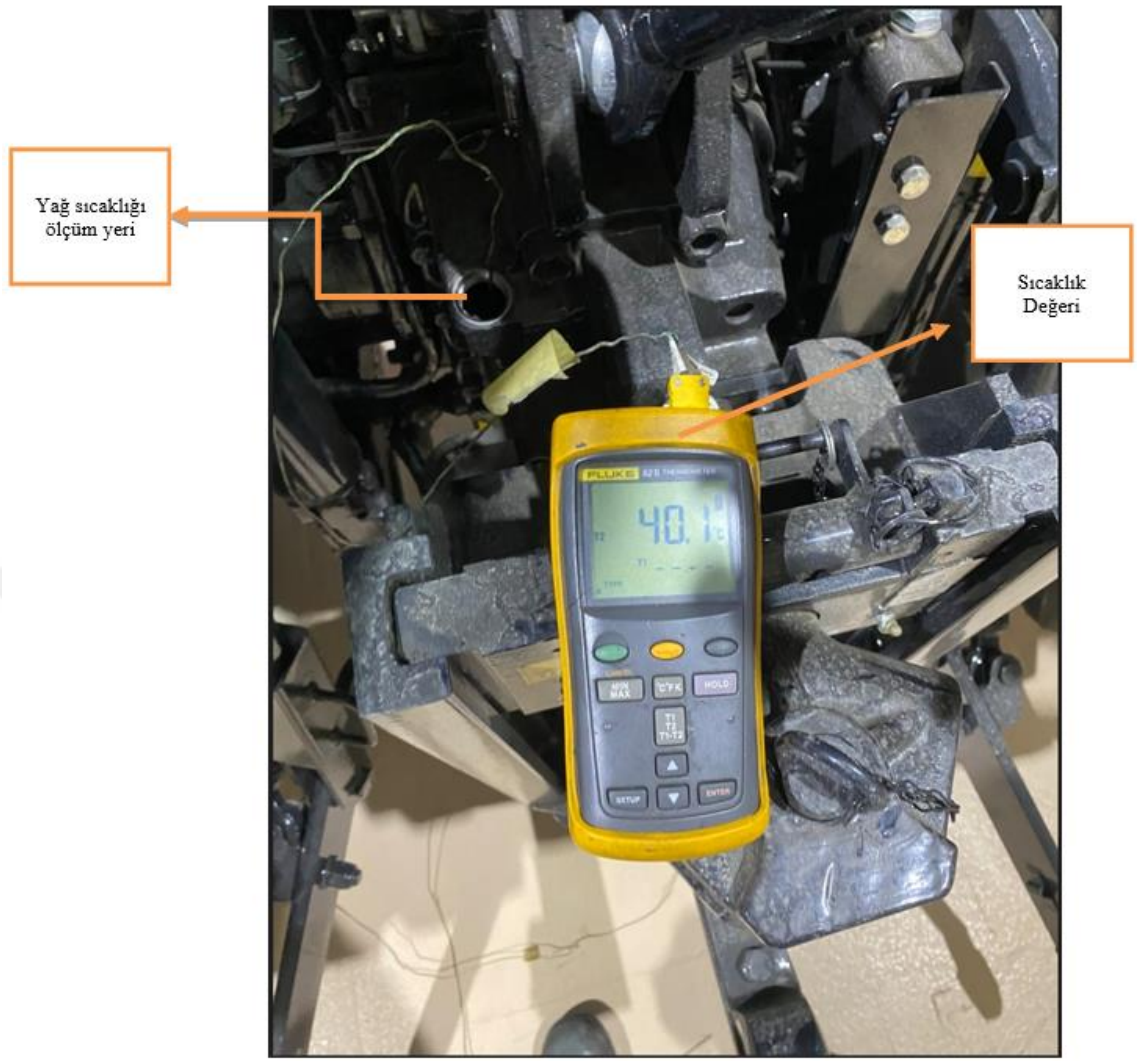


Şekil 5.9. Bobin sıcaklık ölçümü



Şekil 5.10. Harici güç kaynağı voltaj ayarı

Traktör üzerinde yapılan testte yağ sıcaklığından emin olmak amacıyla termocouple vasıtasıyla yağ sıcaklığının ölçümü tank hattından yapılmıştır. Termocouple cihazının ölçüm hassasiyeti ±1.1 C° derece olarak belirlenmiştir (Fluke, 2024 s. 14).



Şekil 5.11. Fluke Sıcaklık Ölçer

Aşağıdaki tabloda tez içerisinde kullanılan ölçüm aletlerinin hassasiyetleri verilmiştir.

ÖLÇÜM CİHAZLARININ BELİRSİZLİK DEĞERLERİ	
CİHAZ ADI:	DOĞRULUK DEĞERİ
FLUKE Ti300 TERMAL KAMERA	± 2 C°
GWINSTEK SPS-3610 HARİCİ GÜÇ KAYNAĞI	± %0.5
FLUKE 52B ÇİFT GİRİŞLİ DİJİTAL TERMOMETRE(TERMOCOUPLE)	± 1.5 C°
HEMA ENDÜSTRİ PİSTONLU POMPA VOLUMETRİK VERİMİ	%95-%98

Şekil 5.12. Ölçüm Cihazlarının Belirsizlik Değerleri

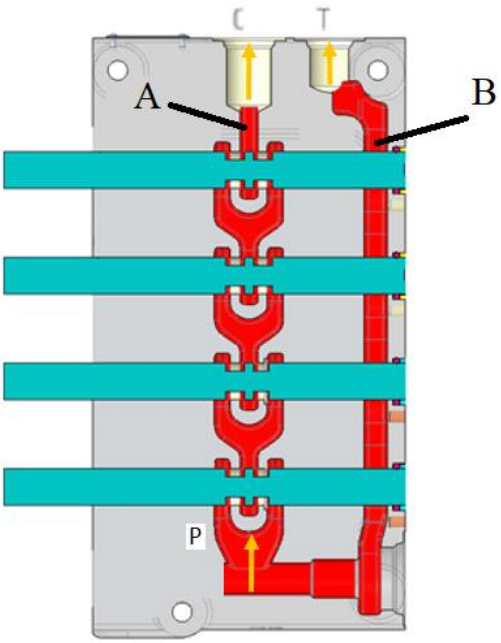
5.8. Traktör, Test Tezgahı ve CFD Basınç Kayıp Sonuçları Üzerinde Bulgular

Yapılan deneyler ile traktör üzerinde ve test tezgahı üzerinde basınç kayıpları ayrı ayrı belirlenmiştir. Bu sayede CFD sonuçları ile kıyaslamak mümkün olmuştur.

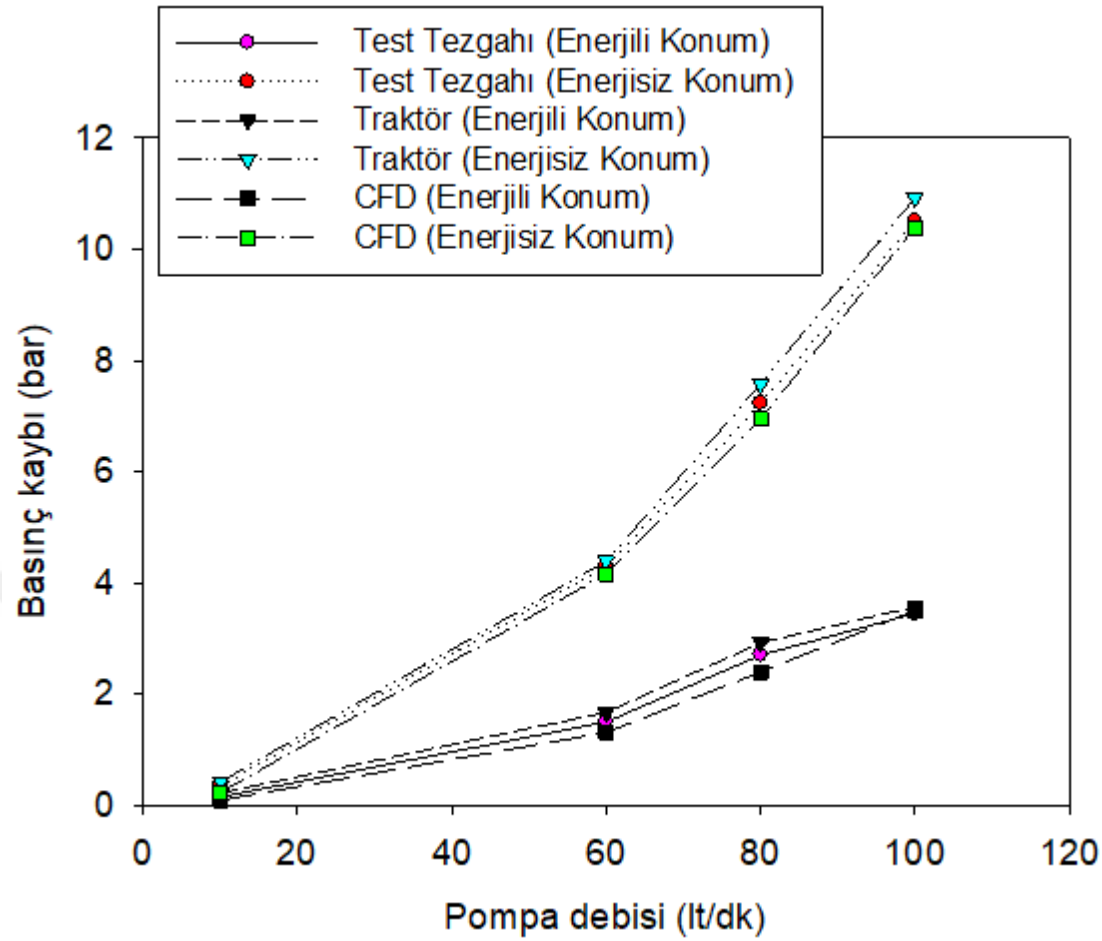
5.8.1. Pompa Debisi 10, 60, 80, 100 lt/dk Traktör, Test Tezgahı ve CFD Valf Basınç Kayıp Sonuçları

Şekil 5.6'da gösterilen deney tezgahı üzerinde, pompa debisi sırayla 10 lt/dk, 60 lt/dk, 80 lt/dk, 100 lt/dk belirlenmiştir. Çıkış hattında efektif basıncın 0 bar olduğu düşünülse de çıkış hattında yer alan debimetre ve ara bağlantı parçalarından dolayı değişen pompa debileri ile birlikte değişen basınç meydana gelmektedir. CFD VG32 yağı için enerjili analiz sonuçlarına göre 10, 60, 80, 100 lt/dk pompa debilerinde basınç kaybı sırasıyla 0.09, 1.30, 2.4, 3.5 bar, VG32 yağı için enerjisiz konumda ise 0.22, 4.16, 6.94, 10.38 bar olarak elde edilmiştir. Test tezgahında 10, 60, 80, 100 lt/dk pompa debilerinde boşaltma valfine enerji verildiği zaman basınç kaybı sırasıyla 0.15, 1.50, 2.70, 3.45 bar olarak, enerji verilmediği zaman ise sırasıyla 0.35, 4.30, 7.23, 10.50 bar olarak ölçülmüştür. Traktör üzerinde ise boşaltma valfine enerji verildiği durumda basınç kaybı 0.22, 1.67, 2.92, 3.57 bar olarak, enerji verilmediği zaman ise 0.420, 4.39, 7.57, 10.92 bar olarak ölçülmüştür. Burada basınç kaybı giriş basıncından çıkış basıncı çıkarılarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar, akışkanlar mekaniğinde basınç kayıplarını bulmak için sıklıkla kullanılan $\Delta P_{kayıp} = f\frac{L_{eş}}{D}\rho\frac{V^2}{2}$ formülü kullanılarak, 100tl/dk debide akan VG32 yağı için doğrulanmıştır. Yön kontrol valfinin üzerinde akışın geçtiği alan özellikle üç boyutlu döküm geometri nedeniyle değişmekle birlikte, ileri sürülen bu doğrulama için öncelikle Şekil 5.12'de A ve B kesit alanları belirlenmiştir. A ve B akış alanlarından söz konusu kesitlere ait hidrolik çap değerleri yaklaşık olarak tespit edilmiştir. Enerjisiz konum için akış sadece ortadan geçmektedir. Bu durum için, debi ve kesit alanı değerleri kullanılarak akış hızı, akabinde Re sayısı bulunmuş, Re sayısı ve dökme demir için bağıl pürüzlülük değeri kullanılarak Moody diyagramı yardımıyla Darcy sürtünme faktörü f tespit edilmiştir. Basınç kaybı değerinin $\Delta P_{kayıp} = f\frac{L_{eş}}{D}\rho\frac{V^2}{2}$ formülünde yerine yazılması sonucu orta hat için eşdeğer uzunluk olan $L_{eş}$ bulunmuştur. A ve B kesit alanları birbirine yakın olup her iki kesitten de eş

debilerin geçtiği varsayılmıştır. Sonra enerjili konumda $\dot{V} = A_A V_A + A_B V_B$ ve $V_B = \frac{\dot{V}/2}{A_B}$ ile $V_A = \frac{\dot{V}/2}{A_A}$ eşitliklerinden her iki kesitteki hızlar elde edilmiştir. Yeni Re sayısı ve bağıl pürüzlülük değeri için enerjili konumda orta hattaki akışa ait Darcy sürtünme faktörü f bulunmuş ve $\Delta P_{kayıp} = f \frac{L_{eş}}{D} \rho \frac{V^2}{2}$ formülünden basınç kaybı elde edilmiştir. Bu şekilde elde edilen teorik basınç kaybı değerinin test tezgahı ve traktörde yapılan deneyler ile CFD sonuçlarına yakın olduğu görülmüştür. Deneysel verilerin ve CFD sonuçlarının güvenilirliği yüksektir. Bunların dışında teorik olarak yapılan hesabın hassasiyeti zayıftır. Ayrıca döküm olarak üretilen yön kontrol valfinde akış kesit alanları akış boyunca çok değişiklik göstermektedir. Burada basınç kaybının büyük bir bölümü yerel kayıplardan kaynaklanmaktadır. Özellikle enerjisiz konumda akış orta hat üzerinde ince kanallardan geçmekte, akış ayrılma ve birleşmeleri gerçekleşmektedir.



Şekil 5.13. Yön kontrol Valfinde A ve B kesitlerinin gösterimi



Şekil 5.14. Traktör, Test Tezgahı ve CFD Valf Basınç Kayıp Sonuçları

Bu çalışmada, motor gücü ve yakıt tüketimi arasındaki ilişki, geçmiş deneylerden elde edilen veriler kullanılarak analiz edilmiştir. Veriler, farklı motor türleri ve çalışma koşulları için toplanmıştır. Burak ve Turgay (2018) tarafından yapılan bir araştırmaya göre, 100 HP gücündeki bir traktör, 19 bar basınç üretmek için 0.56 kW enerji ve 0.18 lt/sa yakıta ihtiyaç duymaktadır. Bu bulgulara dayanarak, 190 bar emniyet valfi açma basıncının 5.6 kw enerji ve 1.8 lt/sa yakıt tüketimine yol açacağı tahmin edilmektedir. Bu sonuç motor gücü arttıkça yakıt tüketiminin de arttığını göstermektedir.

Çizelge 5.1. boşaltma valfinin nötr konumunda ve enerjili konumlarda pompadan ihtiyaç duyulan hidrolik yağ basınçlarının sağlanması için, pompanın motordan çektiği yakıt bilgilerini içermektedir. Buna göre Çizelge 5.1, 5.2 ve 5.3 CFD, tezgah ve traktör üzerinde ölçümü yapılan basınç kayıplarının yakıt tüketimine etkisini sayısal verilerle ortaya koymaktadır. Çizelge 5.1 üzerinde verilmeyen değerler çok

küçük olduğu için hesaplanmamıştır. Çizelge üzerinde yer alan yakıt tüketimi değerleri basınç kayıplarından yola çıkarak Burak ve Turgay (2018) ‘ın araştırmasında yer alan bilgilere göre hesaplanmıştır.

Bu bilgiler ışığında 19 barlık basınç farkı için 0.18 lt/sa yakıt tüketimi kabul edilmiş Çizelge 5.1, 5.2 ve 5.3’te tespit edilen basınç kayıp değerleri için doğru orantı kurularak sonuçlar bulunmuştur. Aşağıdaki formül ile yakıt tüketimi hesaplamaları yapılmıştır. ΔP bar cinsinden basınç kaybını göstermektedir.

$$\text{Yakıt tüketimi } = \frac{\Delta P \;\; 0.18\ \text{lt/sa}}{19\ \text{bar}} \tag{5.1}$$

Çizelge 5.1. CFD Analiz Sonuçları

TEST YAĞI	Pompa yağ debisi (lt/dk)	Enerjisiz konumda basınç kayıpları (CFD) (bar)	Enerjili konumda basınç kayıpları (CFD) (bar)	Enerjisiz konumda yakıt tüketimi (CFD) (lt/sa)	Enerjili konumda yakıt tüketimi CFD (lt/sa)	Enerjisiz konum ile enerjili konum arasındaki yakıt tüketimi farkı (lt/sa)	Enerjili konumun enerjisiz konuma göre yakıt tasarrufu (%)
VG100	10	1.14	0.43	0.010	0.0040	0.006	60
	60	9.81	4.00	0.092	0.037	0.055	59
	80	14.71	6.02	0.139	0.056	0.083	59
	100	20.41	8.50	0.193	0.080	0.113	58
VG68	10	0.757	0.30	0.006	0.0028	0.0032	53
	60	7.53	3.00	0.071	0.028	0.043	60
	80	11.63	4.50	0.110	0.042	0.068	61
	100	16.49	6.50	0.156	0.061	0.095	60
VG32	10	0.227	0.09	0.002	-	-	-
	60	4.16	1.30	0.039	0.012	0.027	69
	80	6.94	2.40	0.065	0.022	0.043	66
	100	10.38	3.50	0.098	0.030	0.068	69

Çizelge 5.2. Deneysel Test Sonuçları (Test Tezgahı)

TEST YAĞI	Pompa yağ debisi (lt/dk)	Enerjisiz konumda basınç kayıpları (test tezgahı) bar	Enerjili konumda basınç kayıpları (test tezgahı) bar	Enerjisiz konumda yakıt tüketimi (test tezgahı) lt/sa	Enerjili konumda yakıt tüketimi (test tezgahı) lt/sa	Enerjisiz konum ile enerjili konum arasındaki yakıt tüketimi farkı (lt/sa)	Enerjili konumun enerjisiz konuma göre yakıt tasarrufu (%)
VG32	10	0.35	0.15	0.003	-	-	-
	60	4.30	1.50	0.040	0.014	0.026	65
	80	7.23	2.70	0.068	0.025	0.043	63
	100	10.5	3.45	0.100	0.032	0.068	68

Çizelge 5.3. Deneysel Test Sonuçları (Traktör)

TEST YAĞI	Pompa yağ debisi (lt/dk)	Enerjisiz konumda basınç kayıpları (traktör) bar	Enerjili konumda basınç kaypları (traktör) bar	Enerjisiz konumda yakıt tüketimi (traktör) lt/sa	Enerjili konumda yakıt tüketimi (traktör) lt/sa	Enerjisiz konum ile enerjili konum arasındaki yakıt Tüketimi farkı (lt/sa)	Enerjili konumun enerjisiz konuma göre yakıt tasarrufu (%)
VG32	10	0.42	0.22	0.004	-	-	-
	60	4.39	1.67	0.041	0.015	0.026	63.5
	80	7.57	2.92	0.071	0.027	0.044	62
	100	10.92	3.57	0.103	0.033	0.070	68

Traktör ve test tezgâhı üzerinde VG68 ve VG100 yağları ile test edebilme imkanı bulunamamıştır fakat VG32 yağına göre en fazla yakıt tasarrufu CFD sonuçlarında da olduğu gibi 100 lt/dk debide gerçekleşmiştir. 100 lt/dk debide traktör üzerinde yapılan test sonuçlarına göre üzerinde enerjisiz konumda 0.103 lt/sa yakıt tüketilirken, enerjili konumda ise 0.033 lt/sa yakıt tüketileceği hesaplanmıştır. 100 lt/dk debide test tezgahında yapılan test sonuçlarına göre enerjisiz konumda 0.1 lt/sa yakıt tüketirken, enerjili konumda ise 0.032 lt/sa yakıt tüketeceği hesaplanmıştır. Enerjili konum ile enerjisiz konum arasındaki yakıt tüketim farkı 0.070 lt/sa olarak bulunmuştur.

CFD sonuçlarına göre enerjili konum ile enerjisiz konum arasındaki 10 lt/dk debide yakıt tüketimi farkının yağdan bağımsız olarak fazla olmadığı görülmüştür. Enerjili konum ve enerjisiz konum arasındaki yakıt tüketim farkı 60 lt/dk debi ve üstünde önemli ölçüde yükselmiştir.

$$\text{Yüzde tasarruf} = \frac{(\text{Enerjisiz yakıt tüketimi})(\text{Enerjili akıt tüketimi})}{\text{Enerjisiz yakıt tüketimi}} \quad (5.2)$$

Yukarıda gösterilen yüzde tasarruf formülüne göre en fazla yakıt tasarrufu VG32 yağ için elde edilmiş olup deneysel testlerde yakıt tasarrufunun en yüksek değeri 100 lt/dk yağ debisinde gerçekleşmiştir. Bu durumda yakıt tasarrufu %68 olarak tespit edilmiştir. Diğer yandan CFD sonuçlarına göre tasarruf miktarı en fazla 100 lt/dk debide VG100 yağıyla yapılan analizde elde edilmiştir.

Traktörler, tarımsal faaliyetlerde yaygın olarak kullanılan önemli araçlardır. Bu araçlar, motorin adı verilen bir dizel yakıt türü ile çalışmaktadır. Motorin, benzin yakıtı ile karşılaştırıldığında daha yüksek oranda çevreye zararlı gaz emisyonlarına neden olmaktadır. Polat ve Manavbaşı (2012) tarafından yapılan bir çalışmada, traktörlerin tarla sürümünde kullanılan 1 litre motorin yakıtının yanması sonucu atmosfere 2.66 kg karbondioksit (CO_2) salındığı belirlenmiştir. Boşaltma valfinde 100 lt/dk pompa debisi VG100 yağıyla CFD sonuçlarına göre 0.113 lt/sa yakıt kazanımı olacağından atmosfere de saatlik olarak 0.30 kg karbondioksit salınımının önüne geçilebilecektir. Fakat gerçekte traktör çalışırken ısındığı için VG32 yağıyla test sonucuna göre incelemek daha doğru olacaktır. Çünkü incelenen yağlar arasında en ince yağ VG32 olup akışkanlığı en fazla olandır. Yağ viskozitesi Şekil 3.10'da gösterildiği gibi s sıcaklıkla ters orantılı olarak değişir. Sıcaklık yükseldikçe viskozite düşer ve akışkanlık artar. Traktör üzerinde yapılan test sonuçlarına göre VG32 yağı için 100 lt/dk debide 0.070 lt/sa yakıt kazanımı olacağından, atmosfere de saatlik olarak 0.2 kg karbondioksit salınımını azaltmada yardımcı olacaktır.

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

Motorlar, tasarımlarına göre istenen güce ulaşmak için belirli miktarda yakıt tüketir. Pompaların istenilen basınç değerlerinde çalışabilmesi için, motorun da bu basıncı sağlayacak yeterli gücü üretmesi gerekir. Motor bu gücü yakıttan elde edeceğinden, pompanın sisteme sağlayacağı basınç, traktörün yakıt tüketimini doğrudan etkileyen bir faktördür (Nak 2019).

Bu çalışmada, yön kontrol valfinde kullanılan boşaltma valfi tasarımının sistem üzerinde basınç kayıpları farklı yağ viskoziteleri ile simüle edilmiş olup, boşaltma valfinin olumlu etkisi deney sonuçlarıyla da doğrulanmıştır ve yakıt tüketimine katkısı incelenmiştir.

CFD sonuçlarına göre enerjili ve enerjisiz konumda çalışan yön kontrol valfinin, tahmin edildiği gibi yüksek çalışma debilerinde daha fazla basınç kaybına yol açtığı gözlemlenmiştir. Enerjili konumda yeni tasarım yapılan yön kontrol valfinde CFD sonuçlarından da göründüğü gibi basınç kayıpları önemli ölçüde düşmüştür. Hem deneysel hem de CFD sonuçları, enerjili konumda önemli ölçüde yakıt tüketiminin azaldığını ortaya koymuştur.

Yapılmış olan bu çalışma ile yeni tasarlanan valfin CFD sonuçları ile test tezgahı ve traktör sonuçları benzerlik göstermektedir. Sonuçlarda yer alan küçük farklılıklar ise traktör üzerinde sıcaklığın sabit tutulamamasından, nipel kayıplarından, debi ölçüm ve basınç ölçüm cihazlarının yarattığı basınç kayıplarından dolayı olmaktadır.

Traktörlerde yakıt tasarrufu, hem üreticiler hem de kullanıcılar için önemli bir konudur. Transmisyon ve motor modellerinin geliştirilmesi, yakıt tasarrufuna katkıda bulunan önemli faktörlerdir. Nak (2019)' unda belirttiği gibi bu çalışmada, traktörlerde yakıt tasarrufu için hidrolik sistemlerin optimizasyonun da önemli bir rol oynayabileceği öne sürülmektedir.

Traktörlerde hidrolik pompalar, çeşitli işlevler için kritik öneme sahip bileşenlerdir. Traktörlerde yaygın olarak kullanılan alüminyum gövdeli çelik dişli pompalar, çalışma basınçlarına göre değişen bir ömre sahiptir. Yüksek basınçta sürekli çalışan pompaların ömrünün daha kısa olduğu ve pompa ömrünün uzatılmasının bakım maliyetlerini iş gücü kaybını ve atık miktarını azalttığı bilinmektedir. Traktör üreticileri, hidrolik devre tasarımlarında yapacakları iyileştirmeler ile pompalarının ömürlerini uzatarak ve dolayısıyla bakım maliyetlerini düşürerek yakıt tasarrufuna katkıda bulunabilirler (Nak 2019).

Bu tez, yeni tasarlanan bir hidrolik boşaltma valfinin traktörlerde ve iş makinalarında yakıt tasarrufu potansiyelini araştırmayı ve özellikle soğuk havalarda traktör ve iş makinalarında ilk çalıştırma anında ortaya çıkan yüksek basınç kaybını önleyerek traktörün hidrolik ekipmanlarının ömrünü uzatmayı amaçlamaktadır ve bulunan sonuçlar bunu ispatlamaktadır.

KAYNAKLAR

Acar, A. İ., Öztürk, R., ve Güner, M. (2011). Tarım Alet ve Makinaları. Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi.

Akçasu, S. Aralık 1963. Traktörlerde Hidrolik Kaldırıcılar. Mühendis ve Makina, (77).

Araci, S. Boru içi akışlarda basınç kayıplarının incelenmesi (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü 2017).

Bao, X., Sherrit, S., Badescu, M., Bar-Cohen, Y., ve Hall, J. L. (2016). *U.S.* Patent No. *9,316,329*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office

Basso, R., Cerruti, E. (2021). Energy Efficiency İmprovement İn Hydraulic Systems Of Agricultural Machinery. Energy Efficiency, *14(1)*, 91-104.

Burak, Y., Turgay, K. (2018). V. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi,Enerji Sağlayan Transmisyon Kontrol Valfi Tasarım. İzmir.

Belcher, J. W. (2022). Farmer Adoption of Advanced Technology in Agribusiness (Doctoral dissertation, University of South Florida).

Brock J.G. (2015).Operator Controls in Mobile Hydraulics Manual. Milwaukee, WI: Eaton Corporation, 2 ,122–129.

Casey, B. (2021). Hydraulic proportional systems: Principles and practices. Hydrolic Supermarket

Choi, H., Lee, S. (2020). Optimization Of Hydraulic Fluids And System Design For Fuel Savings İn Earthmoving Equipment. International Journal of Fluid Power, 21(3), 213-225.

Cundiff, J. S. (2001). Akışkan Gücü Devreleri ve Kontrolleri: Temel Bilgiler ve Uygulamalar, *Makine ve Havacılık ve Uzay Mühendisliği Serisi.*

Çayıroğlu, A. (2021). İş makinalarında hidrolik sistemde kullanılan yağın sistem performansına etkisinin incelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Sakarya.

Daum, T., Seidel, A., Awoke, B. G., ve Birner, R. (2023). Animal traction, two-wheel tractors, or four-wheel tractors A best-fit approach to guide farm mechanization in Africa. Experimental Agriculture, *59*, e12.

Ergür, H. S. (2021). Hidrolik Kumandalı Sistemlerde Enerji Tasarrufunun Analizi. Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences, 8(15), 61-70.

Eposito, A. (1996). Fluid power with applications . Prentice Hall

Fluke Marka Ti300 Termal Kameranın doğruluk katalog değeri. (Erişim Tarihi 2024)
https://dam-assets.fluke.com/s3fs-public/ti480proumtur0300.pdf?NBcNyeTUR4nXW.Rxr6b3cnOdwdnsNJmq

Fluke Marka 52B model termocouple doğruluk katalog değeri (Erişim Tarihi 2024)
https://dam-assets.fluke.com/s3fs-public/5152___umtur0200.pdf

Jacobson M.Z. (2016). Agricultural Hydraulics in Introduction to Fluid Power . Hoboken, NJ*:* John Wiley & Sons, (5), 215–220.

Gajbhiye, B. D., Kulkarni, H. A., Tiwari, S. S., & Mathpati, C. S. (2020). Teaching turbulent flow through pipe fittings using computational fluid dynamics approach. Engineering Reports, *2*(1), e12093.

Uymaz. (2008). V. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi, Traktörlerde Hidrolik Kaldırıcı Ve Mobil Yön Kontrol Valfini aynı Anda Kullanmaya Olanak Sağlayan Yüke Duyarlı (Ls) Kontrol Valfinin tasarım Süreci. İzmir.

Gradl, C., & Scheidl, R. (2017). Performance of an energy efficient low power stepper converter. Energies, *10*(4), 445.

Gwinstek Marka Harici Güç Kaynağının doğruluk katalog değeri (Erişim Tarihi 2024)
https://www.gwinstek.com/en-global/products/downloadSeriesSpec/1284

Hema Marka Pompa ve Motorların teknik dökümanı (Erişim Tarihi 2024)
https://www.hemaendustri.com.tr/pompalar-ve-motorlar

Herakovič, N., Duhovnik, J., & Šimic, M. (2015). CFD SIMULATION OF FLOW FORCE REDUCTION IN HYDRAULIC VALVES. Tehnicki vjesnik/Technical Gazette, 22(2).

Johnson S.R. Hydraulic Valve Types and Their Functions. Hydraulic Journal. 22 (3) 45–52, 2019.

Keçecioğlu, G., ve Gülsoylu, E. (2005). Tarım Traktörleri. Ege Üniversitesi Yayınları Ziraat Fakültesi Yayın, (565), 241.

Kılıç, A. İ. (2012). Valf Kumanda Yöntemleri Makine Mühendisliği Ders Notları. Academia.edu.)

Korkmaz, Y. S. (2020). Hidrolik sistemlerde kullanılan ekipmanların teorik ve deneysel basınç düşümlerinin incelenmesi (Master's thesis, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bi limleri Enstitüsü)

Launder, B. E., ve Spalding, D. B. (1972). The numerical computation of turbulent flows. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 3(2), 269-289. doi: 10.1016/0045-7825(74)90029-2

Li, R., Sun, Y., Wu, X., Zhang, P., Li, D., Lin, J., Xia, Y., & Sun, Q. (2020). Review of the research on and optimization of the flow force of hydraulic spool valves. Processes, 11(7), 2183. https://doi.org/10.3390/pr11072183

Lift H. (1992). Hydraulik in der Landtechnik, Grundlagen, Anwendungen, Fehlersuche, Würzburg, Almanya.

Lisowski, E., & Rajda, J. (2015). CFD analysis of flow forces acting on the spool of directional control valve type WE10J. Czasopismo Techniczne, 2015(Mechanika Zeszyt 2-M (7) 2015), 133-140.

Lisowski, E., & Filo, G. (2017). Analysis of a proportional control valve flow coefficient with the usage of a CFD method. Flow Measurement and Instrumentation, 53, 269-278.

Long R.W. (2001). Fluid Power Systems in Fluid Power Engineering, New York: Marcel Dekker, 2, 39–45.

Manring, N. D. (2005). Hydraulic control systems. Wiley.

Manzoor, U., Hessel, R. (2017). Fuel Economy İmprovement İn Construction Machinery By Reducing Hydraulic System Losses. Journal of Cleaner Production, 166, 463-471. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.220

Nak, M. (2019). Tarımsal mekanizasyonun tarımsal üretimdeki yeri ve önemi. Journal of Agricultural Economics, 70(2), 457-472.

Olum, S., Dursun, E., Velioğlu, H., & Kantaş, M. (2020). Yakıt Sıcaklığının Traktör Performansına Etkisi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 15(2), 67-72.

Parambath, J. (2016) Endüstriyel Hidrolik Sitemler*:* Teori ve Pratik. Evrensel Yayıncılık

Patel R. (2018). Fuel Efficiency in Hydraulic Systems. *Hydraulic Technology Review* 34 (4) 112–118

Perumal K. ve Ganesan, R. (2016). CFD modeling for the estimation of pressure loss coefficients of pipe fittings: An undergraduate project. Computer Applications in Engineering Education, *24*(2), 180-185.

Polat, H. E., & Manavbaşı, İ. D. (2012). Arazi toplulaştırmasının kırsal alanda yakıt tüketimi ve karbondioksit salınımına etkisinin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, *18*(2), 157-165.

Rydberg, K. E. (2015). Energy efficient hydraulics: system solutions for loss minimization. In The National Conference on Fluid Power," Hydraulikdagar'15" Linköping, Sweden, March 16-17, 2015.

Saral, A. (1997). Tarım Traktörleri. 2. Baskı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 1471, Ders Kitabı: 436. Ankara ISBN 975-482-366-9 9p.

Sayin, C., Gülçubuk, B., Bozoğlu, M., Koçak, A., Özalp, A., Ilbasmiş, O. S. E., & Ceylan, M. Türkiye'de Tarimsal Yapida Değişim Ve Izlenen Politikalar. Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1, 9. (2015)

-Shell (2019, 10 Kasım). Transmisyonlar için Shell hidrolik yağ özellikleri. https://www.enerplus.com.my/industry-hydraulicoil.html

Sławiński, T., Wojciechowski, J. (2018). Efficiency Enhancement Of Agricultural Tractors Through Hydraulic System Optimization. Agricultural Engineering, *65(3)*, 125-135. https://doi.org/10.1515/agriceng-2018-0015

Shabani, S., Abedini, A. A., & Mohammadtabar, A. (2019). The effect of the pipe bending angle on the pressure losses vane elbow pipes. The Asian Review of Civil Engineering, *8*(1), 1-8.

Thompson L.M. (2016). Hydraulics in Agriculture. Agricultural Engineering Magazine. 76 (6), 88–95.

Trowbridge, C. D., Hirano, Y. M., & Hirano, Y. J. (2011). Inventory of Japanese sacoglossan opisthobranchs: Historical review, current records, and unresolved issues. American Malacological Bulletin, *29*(1/2), 1-22.

Tunç, Ö (2019) Yüke Duyarlı Oransal Yön Kontrol Valflerinin Basınç Kaybı ve Isınma Yönünden İyileştirilmesiyle Enerji Verimliliğinin Arttırılması

Uzun, A., Can, F. (2019). Impact Of Hydraulic System Efficiency On Fuel Consumption İn Off-Highway Vehicles. Journal of Mechanical Engineering, 65(4), 275-283. https://doi.org/10.5545/sv-jme.2018.5455

Yevale, S. R., & Gharge, K. (2018). A Review on CFD Analysis of Control Valves. Global Research and Development Journal for Engineering, *3*(7),

ÖZGEÇMİŞ

Hakan KOÇ

2016 yılında Trakya Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünden mezun olmuştur. 2019 yılında Hema Endüstri A.Ş. de Ar-Ge Valf Tasarım Mühendisi olarak işe başlamış olup şu an Havacılık Hidrolik Valf Sistemleri Tasarım Şef Mühendisi olarak çalışmaktadır.