



**T.C.**  
**NECMETTİN ERBAKAN**  
**ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**AĞIR VASITALARDA**  
**OTOMATİKLEŞTİRİLMİŞ MANUEL**  
**ŞANZİMANA AİT PARAMETRELERİN**  
**OPTİMİZASYONU VE YAKIT TÜKETİMİNE**  
**ETKİLERİ**

**Duran Arif GÖÇER**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Şubat-2022**  
**KONYA**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

# AĞIR VASITALARDA OTOMATİKLEŞTİRİLMİŞ MANUEL ŞANZIMANA AİT PARAMETRELERİN OPTİMİZASYONU VE YAKIT TÜKETİMİNE ETKİLERİ

**Duran Arif GÖÇER**

**Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. İbrahim YILDIZ**

**2022, 92 sayfa**

**Jüri**

**Doç. Dr. İbrahim YILDIZ**

**Doç. Dr. Ahmet MERAM**

**Dr. Öğr. Üyesi Ümit ÖNEN**

Şanzıman, motordan aldığı torku aracın tekerleklerine ileten güç aktarım organlarından kritik öneme sahip olan bir mekanizmadır. Araçlarda ise şanzıman tipine göre yakıt tüketimi farklılık göstermektedir. Yakıt ekonomisini iyileştirmek, emisyonu azaltmak ve sürüş performansını artırmak için son yıllarda şanzıman alanında birçok çalışmalar yapılmış olup araçlar üzerinde uygulanmıştır. Günümüzde birçok şanzıman çeşidi olmasına rağmen yaygın olarak kullanılan manuel ve otomatik şanzımanlardır. Bu şanzıman tiplerinin birbirine göre avantaj ve dezavantajları bulunmakta olup farklılıklar göz önünde bulundurularak yeni bir şanzıman arayışı ortaya çıkmıştır.

Tez çalışmasında ise manuel ve otomatik şanzımanın özellikleri birleştirilerek vites değiştirme bileşenleri ile robotize(otomatikleştirilmiş manuel) şanzıman ortaya çıkarılmıştır. Manuel şanzıman sistemine entegre edilen vites değiştirme bileşenleri şanzımanın otomatikleştirilmesinde kullanılmıştır. Robotize hale getirilen otomatikleştirilmiş manuel şanzıman için kontrolü sağlanacak vites değişim parametreleri belirlenmiştir. Vites değiştirme parametrelerine ait optimum değerlerin bulunması için araç üzeri test çalışmaları yapılarak dinamik test sürüşleri gerçekleştirilmiştir. Bilindiği üzere manuel şanzımanlar otomatik şanzımanlardan daha verimli olmasına rağmen otomatik şanzımanda vites değişimi sürücüyü bırakılmaksızın vites değişim parametrelerine göre otomatik olarak değişmektedir. Yapılan çalışmada ise vites değişimi sürücüden bağımsız halde bir vites değiştirme algoritmasına bağlı olarak kontrol edilmiştir. Sürücü ve vites değiştirme algoritması kontrolüne bağlı olarak yakıt tüketimleri dinamik test sürüşü ile ölçülmüştür.

K-means algoritması kullanılarak optimum vites değiştirme parametrelerine ait değer aralıkları belirlenmiştir. Optimum vites değiştirme parametrelerine göre araç ortalama 6,79 L/100km yakıt tüketmiştir. Sürücü algoritmadan bağımsız şekilde aracı kullanması sonucu ortalama 8,62 L/100km yakıt tükettiği gözlemlenmiştir. Vites değiştirme parametrelerinin optimize edilmesi ile %27 oranında yakıt tasarrufu sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Araç üzeri test, güç aktarım organı, k-means algoritması, manuel şanzıman, otomatik şanzıman, robotize şanzıman, vites değişim parametresi, yakıt ekonomisi

**ABSTRACT****MS THESIS****OPTIMIZATION OF AUTOMATED MANUAL TRANSMISSION  
PARAMETERS AND THEIR EFFECTS ON FUEL CONSUMPTION IN  
HEAVY-DUTY VEHICLES****Duran Arif GÖÇER****THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF  
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY THE DEGREE OF MASTER OF  
SCIENCE IN MECHATRONICS ENGINEERING****Advisor: Assoc. Prof. Dr. İbrahim YILDIZ****2022, 92 Pages****Jury****Assoc. Prof. Dr. İbrahim YILDIZ****Assoc. Prof. Dr. Ahmet MERAM****Assist. Prof. Dr. Ümit ÖNEN**

The gearbox is a critical component that transfers torque from the engine to the vehicle's wheels. Fuel usage varies depending on the type of transmission. Different types of gearbox have been tested and used on vehicles in recent years to improve fuel efficiency, decrease emissions and, improve driving performance. Although there are different types of transmissions available today, manual and automatic transmissions are the most often used. These transmission types have advantages and disadvantages when compared to one another, and a search for a better one has evolved that considers these differences.

The features of manual and automatic transmissions, as well as shifting components and robotized transmission (automated manual), were revealed in the study.

Gear shift components integrated into the manual transmission system are used to automate the transmission. Gear shift parameters are determined to provide control for the automated manual transmission that has been robotized. On-vehicle test studies and dynamic test drives were performed to determine the best values for the gear shift settings. Although manual transmissions are more economical than automatic transmissions, gear changing in automatic transmissions is changed automatically based on the gear shift parameters, rather than leaving it up to the driver. The study used a gear shifting algorithm to regulate gear changing independently of the driver. Fuel consumption is determined using a dynamic test drive, with the driver and gear shifting algorithm under control.

The value ranges of optimum shifting parameters were calculated using the K-means method. The vehicle spent an average of 6.79 L/100 km of fuel according to the optimal shifting settings. As a consequence of using the vehicle independently of the algorithm, the driver spends an average of 8.62 L/100 km of fuel. Fuel savings improved 27% with gear shift characteristics.

**Keywords:** On-vehicle testing, transfers torque, k-means method, manual transmission, automatic transmission, robotized gearbox, gear shift parameter, fuel economy

## ÖNSÖZ

Tez çalışmamın planlanmasında, araştırılmasında ve yürütülmesinde bana rehberlik eden, bilgi ve tecrübelerinden fazlasıyla faydalandığım, yönlendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren danışman hocam Doç. Dr. İbrahim YILDIZ' a, sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Çalışmalarım boyunca desteklerini aldığım Prof. Dr. Mete KALYONCU başta olmak üzere tüm çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

En değerlilerim annem, babam, eşim ve ablama; her konuda yanımda oldukları ve desteklerini her zaman hissettirdikleri için sevgi, saygı ve sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Ayrıca çalışma için bütün imkânları sunan YILDIZ PUL OTOMOTİV MOTOR PARÇALARI A.Ş.'ye teşekkürlerimi sunuyorum.

Duran Arif GÖÇER

KONYA-2022

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET .....</b>	<b>2</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>3</b>
<b>ÖNSÖZ .....</b>	<b>4</b>
<b>İÇİNDEKİLER .....</b>	<b>5</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ .....</b>	<b>7</b>
<b>ÇİZELGE LİSTESİ.....</b>	<b>9</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR .....</b>	<b>10</b>
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>13</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>14</b>
2.1 Şanzıman Nedir ve Şanzıman Çeşitleri .....	22
2.2 Şanzıman Çeşitleri .....	23
2.2.1. Manuel Şanzıman .....	23
2.2.1.1. Manuel Vites Kutusu Temel Parçaları .....	24
2.2.1.2. Prizdirekt mili .....	25
2.2.1.3. Grup mili .....	25
2.2.1.4. Ana Mil ve Vites Dişlileri.....	26
2.2.1.5. Senkromeçler .....	26
2.2.1.6. Geri Vites Mekanizması .....	27
2.2.2. Otomatik Şanzıman.....	28
2.2.2.1. Tork Konvertörü .....	28
2.2.2.2. Hidrolik Valf Gövdesi .....	29
2.2.2.3. Elektronik Kumanda Beyni .....	29
2.2.3. Robotize Şanzıman (Yarı Otomatik Şanzıman).....	30
2.2.4. DSG Şanzıman (Direct Shift Gearbox) .....	31
2.2.5. CVT Şanzıman (Continuously Variable Transmission) .....	32
2.2.6. EDC Şanzıman (Efficient Dual Clutch).....	33
2.2.7. TCT Şanzıman (Twin Clutch Transmission).....	34
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>35</b>
3.1. Otomatikleştirilmiş Manuel Şanzıman Sistemleri .....	35
3.2. Şanzıman Bileşenlerine Ait Tasarım Çalışmaları .....	37
3.2.1. Üç Konumlu Vites Değiştirme Silindiri .....	38
3.2.1.1. Üç Konumlu Vites Değiştirme Silindiri Çalışma Prensibi .....	44
3.2.2. Aralık Modülü.....	47
3.3. Malzeme Analizleri.....	51
3.4. Veri Madenciliği .....	58
3.4.1. Veri Madenciliği Teknikleri .....	59

3.4.2. K-Means Algoritması .....	60
<b>4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....</b>	<b>63</b>
4.1. CAN Bus Haberleşmesi .....	63
4.2. TEXA NAVIGATOR TXTs Arıza Tespit Cihazı ve Araç Bağlantısı.....	64
4.3. Vites Değiştirme Parametreleri.....	67
4.3.1. Gaz Pedal Konumu .....	67
4.3.2. Araç Hızı.....	68
4.3.3. Motor Devri .....	69
4.3.4. Yağ Basıncı.....	70
4.4. Vites Değiştirme Bileşenlerinin Araç Üzeri Entegrasyonu .....	71
4.5. Vites Değiştirme Bileşenlerinin Araç Üzeri Test Verilerinin İncelenmesi .....	74
4.6. K-Means Algoritması Kullanılarak Vites Değiştirme Parametrelerinin Optimize Edilmesi .....	75
4.6.1. K-Means Algoritmasının Veri Setinde Uygulanması.....	76
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>85</b>
5.1 Sonuçlar .....	85
5.2 Öneriler .....	87
<b>6. KAYNAKLAR .....</b>	<b>88</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b>

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2. 1. Simülasyon Sonuçları.....	20
Şekil 2. 2. Araç İletim Sistemi(Tübitak 2014).....	22
Şekil 2. 3. Manuel Vites Kutusu Temel Parçaları(Anonim 2017).....	24
Şekil 2. 4. Prizdirekt Mekanizması(Anonim 2019).....	25
Şekil 2. 5. Grup Mili Mekanizması(Lechner ve Harald 1999).....	25
Şekil 2. 6. Ana Mil ve Vites Dişlileri(Lechner ve Harald 1999).....	26
Şekil 2. 7. Senkromeç Mekanizması(Meb 2012) .....	27
Şekil 2. 8. Geri Vites Mekanizması(Oudrnický ve Tomeh 2017) .....	27
Şekil 2. 9. Tork Konvertörü Bileşenleri(Er 2019) .....	29
Şekil 2. 10. Elektronik Kumanda Beyni(Çalışkan 2017) .....	30
Şekil 2. 11. Robotize Şanzıman Sistem Akış Şeması(Wabco 2018).....	31
Şekil 2. 12. DSG Şanzıman Sistem İç Yapısı(Mashadi ve ark. 2015) .....	32
Şekil 2. 13. CVT Şanzıman Sistem İç Yapısı(Pepper 2014) .....	33
Şekil 2. 14. CVT Şanzıman Kasnak Yapısı.....	33
Şekil 3. 1. Şanzıman Bloğuna Ait Pnömatik Diyagram .....	36
Şekil 3. 2. Üç Konumlu Vites Değiştirme Silindiri Patlatılmış Görüntüsü.....	39
Şekil 3. 3. Üç Konumlu Vites Değiştirme Silindir Gövdesi Patlatılmış Görüntüsü.....	40
Şekil 3. 4. Üç Konumlu Vites Değiştirme Silindiri Bağlantı Elemanları ve Mesafe Sensörü Patlatılmış Görüntüsü.....	40
Şekil 3. 5. Üç Konumlu Vites Değiştirme Silindiri By-Pass Portu Patlatılmış Görüntüsü .....	41
Şekil 3. 6. Üç Konumlu Vites Değiştirme Silindiri Solenoid Patlatılmış Görüntüsü.....	41
Şekil 3. 7. Elektromekanik Sistem Şeması.....	43
Şekil 3. 8. Ürün Hava Geçişlerinin Tanımlanması.....	44
Şekil 3. 9. Vites Değiştirme Silindirine Hareket Sağlayan Yapı.....	44
Şekil 3. 10. Vites Değiştirme Silindirine Hareket Sağlayan Yapı.....	45
Şekil 3. 11. Vites Değiştirme Silindiri Hava Geçiş Hattı .....	46
Şekil 3. 12. Aralık Modülü Patlatılmış Görüntüsü .....	47
Şekil 3. 13. Aralık Modülü Solenoid Patlatılmış Görüntüsü .....	48
Şekil 3. 14. Hava Giriş Hattı ve Solenoid Tetik Kontrolü.....	49
Şekil 3. 15. Aralık Modülü İleri Hava Geçiş Hattı.....	49

<b>Şekil 3. 16.</b> Aralık Modülü Geri Hava Geçiş Hattı .....	50
<b>Şekil 3. 17.</b> Elektromekanik Sistem Şeması .....	51
<b>Şekil 3. 18.</b> EN AC 46000 Çekme Test Sonucu .....	54
<b>Şekil 3. 19.</b> EN AC 46000 Mikro Yapısı.....	55
<b>Şekil 3. 20.</b> AISI/SAE 5115(16MnCr5) Malzeme Sertlik Derinliği .....	57
<b>Şekil 3. 21.</b> Algoritma Akış Şeması .....	61
<b>Şekil 4. 1.</b> Araç ve TEXA NAVIGATOR OBD Soket Bağlantısı .....	64
<b>Şekil 4. 2.</b> TEXA NAVIGATOR ve Bilgisayar Bağlantısı .....	64
<b>Şekil 4. 3.</b> TEXA NAVIGATOR Cihazı Program Arayüzü.....	65
<b>Şekil 4. 4.</b> Araç Kontrol Sistemleri.....	65
<b>Şekil 4. 5.</b> Vites-Gaz Pedalı Konumu Arasındaki İlişki .....	68
<b>Şekil 4. 6.</b> Vites-Araç Hızı Arasındaki İlişki .....	69
<b>Şekil 4. 7.</b> Vites-Motor Devri Arasındaki İlişki .....	70
<b>Şekil 4. 8.</b> MERCEDES AXOR 1840 G211-12 Vites Kutusu .....	71
<b>Şekil 4. 9.</b> Üç Konumlu Vites Değiştirme Silindiri Araç Üzeri Bağlantısı .....	72
<b>Şekil 4. 10.</b> Aralık Modülü Araç Üzeri Bağlantısı .....	72
<b>Şekil 4. 11.</b> Debriyaj Alt Merkez Araç Üzeri Bağlantısı.....	73
<b>Şekil 4. 12.</b> Hava Tankı Araç Üzeri Bağlantısı .....	73
<b>Şekil 4. 13.</b> Texa Navigator ile Araç Üzeri Test Verilerinde Vites Geçiş Durumları ....	74
<b>Şekil 4. 14.</b> Araç Üzeri Test Verilerinde Vites Geçiş Durumlarının Belirlenmesi.....	75
<b>Şekil 4. 15.</b> Araç Üzeri Test Verilerinde Vites Geçiş Durumları .....	75
<b>Şekil 4. 16.</b> Vites Değiştirme Parametreleri Değer Aralıkları .....	77
<b>Şekil 4. 17.</b> Vites Değiştirme Parametrelerinin Yakıt Tüketimine Göre Kümelenmesi. 77	
<b>Şekil 4. 18.</b> Vites Değiştirme Parametrelerine Ait Merkez Noktaları .....	79
<b>Şekil 4. 19.</b> Kontrolsüz Vites Değiştirme Parametrelerine Ait Merkez Noktaları .....	80
<b>Şekil 4. 20.</b> Motor Devri ve Araç Hızına Göre Yakıt Tüketiminin İncelenmesi.....	81
<b>Şekil 4. 21.</b> Motor Devri ve Yağ Basıncına Göre Yakıt Tüketiminin İncelenmesi.....	82
<b>Şekil 4. 22.</b> Motor Devri ve Gaz Pedal Konumuna Göre Yakıt Tüketiminin İncelenmesi .....	83
<b>Şekil 4. 23.</b> Araç Hızı ve Gaz Pedal Konumuna Göre Yakıt Tüketiminin İncelenmesi 84	

## ÇİZELGE LİSTESİ

<b>Çizelge 2. 1.</b> Model İçin Öğrenme Algoritmalarının Karşılaştırılması .....	18
<b>Çizelge 3. 1.</b> G211-12 Şanzıman Dişli Oranları .....	38
<b>Çizelge 3. 2.</b> Üç Konumlu Vites Değiştirme Silindiri Ana Gövde Analizi .....	53
<b>Çizelge 3. 3.</b> Çekme Diyagramı Sonuçları .....	54
<b>Çizelge 3. 4.</b> Üç Konumlu Vites Değiştirme Silindiri Ana Gövde Analizi .....	55
<b>Çizelge 3. 5.</b> Aralık Modülü Ana Gövde Analizi .....	56
<b>Çizelge 3. 6.</b> Üç Konumlu Vites Değiştirme Silindiri Pistonu .....	56
<b>Çizelge 4. 1.</b> TEXA NAVIGATOR TXTs Arıza Tespit Cihazı Teknik Özellikler.....	66
<b>Çizelge 4. 2.</b> Vites Değiştirme Parametrelerine Ait Birimler .....	76
<b>Çizelge 4. 3.</b> Vites Değiştirme Parametrelerine Ait Katsayılar .....	78
<b>Çizelge 4. 4.</b> Vites Değiştirme Parametrelerine Ait Optimum Yakıt Tüketimi .....	79
<b>Çizelge 4. 5.</b> Vites Değiştirme Parametrelerine Ait Kontrolsüz Yakıt Tüketimi .....	80
<b>Çizelge 4. 6.</b> Viteslere Ait Optimum Parametre Değerleri .....	81
<b>Çizelge 5. 1.</b> Vites Değiştirme Parametrelerine Ait Optimum Yakıt Tüketimi .....	86
<b>Çizelge 5. 2.</b> Vites Değiştirme Parametrelerine Ait Kontrolsüz Yakıt Tüketimi .....	86
<b>Çizelge 5. 3.</b> Optimum Yakıt Tüketimi İle Kontrolsüz Yakıt Tüketimi Sonuçlarının Karşılaştırılması .....	87

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

%	:Yüzde
°C	:Derece Celcius
16MnCr5(AISI 5115)	:Düşük Karbon Çelik Alaşımı
A	:Alan
Al	:Alüminyum
AlSi9Cu3	:Alüminyum Döküm Alaşımı
Cr	:Krom
Cu	:Bakır
D	:İleri Vites
Dev/dk	:Devir/dakika(RPM)
EN AC 46000	:Alüminyum Döküm Alaşımı
ETIAL-140	:Alüminyum Döküm Alaşımı
F	:Kuvvet
Fe	:Demir
gbit	:Gigabit
HB	:Brinell Sertlik Ölçme Yöntemi
HRC	:Rockwell Sertlik Ölçme Yöntemi
HV	:Vickers Sertlik Ölçme Yöntemi
Invar-36	:Demir-Nikel Alaşım
Kgf	:Kilogramkuvvet
Km/s	:Kilometre/saat
L/km	:Litre/kilometre
m	: metre
mA	:Mili Amper
mbit	:Megabit
Mg	:Magnezyum
mm	:Milimetre
mm <sup>2</sup>	:Milimetrekare
Mn	:Mangan

Mo	:Molibden
N	:Boş Vites
N	:Newton
N/mm <sup>2</sup>	:Basınç Birimi
Ni	:Nikel
P	:Fosfor
Pb	:Kurşun
R	:Geri Vites
Si	:Silisyum
Sn	:Kalay
Ti	:Titanyum
Zn	:Çinko
$\tau$	: Tork
$\omega$	:Açısal Hız

### **Kısaltmalar**

AMT	: Automated Manual Transmission
CAN	: Controller Area Network
CVT	: Continuously Variable Transmission
DC	: Direct Current ( Doğru Akım)
DSG	: Direct Shift Gearbox
ECU	: Engine Control Unit (Motor Kontrol Ünitesi)
EDC	: Efficient Dual Clutch
$F_{\text{ç}}$	: Çekme Kuvveti
$F_i$	: İtme Kuvveti
HEV	: Hybrid Electric Vehicle
HIL	: Hardware-in-the-loop
ID	: IDENTIFICATION
MGG-MUG	: Magnetventile ‘Transfer’
MR1-MR2	: Magnetventile ‘Range’ 1-2
MT	: Manuel Şanzıman (Manuel Transmisyon)
OBD2	: On-board Diagnostics
OT	: Otomatik Şanzıman (Automatic Transmission)
PHEV	: Plug-in Hybrid Electric Vehicle
SGG	: Sensor Korridor Gangwahl
SRA	: Sensor Gangwahl
TCT	: Twin Clutch Transmission
TCU	:Şanzıman Kontrol Ünitesi (Transmission Control Unit)
WCSS	:Within Clusters Sum of Square

## 1. GİRİŞ

Şanzıman, motordan aldığı torku aracın tekerleklerine ileten güç aktarım organlarından kritik öneme sahip olan bir mekanizmadır. Araçlarda ise şanzıman tipine göre yakıt tüketimi farklılık göstermektedir. Yakıt ekonomisini iyileştirmek, emisyonu azaltmak ve sürüş performansını artırmak için son yıllarda şanzıman alanında birçok çalışmalar yapılmış olup araçlar üzerinde uygulanmıştır. Modern şanzıman sistemlerine sahip araçlar, yüksek yakıt ekonomisi, düşük egzoz emisyonu ve mükemmel sürüş kabiliyeti sergilemektedir. Ağır hizmet kamyonların yakıt verimliliği, yalnızca otomotiv ve ulaşım endüstrisi için değil, aynı zamanda ülke ekonomisi ve küresel çevre için de faydalı olabilir. Tüketilen yakıt maliyeti, ağır hizmet kamyonunun yaşam döngüsü maliyetinin yaklaşık %30'una katkıda bulunur. Yakıt tüketiminde sadece birkaç yüzde azalma, ulaşım endüstrisi için maliyetleri önemli ölçüde azaltabilir.

Günümüzde birçok şanzıman çeşidi olmasına rağmen yaygın olarak kullanılan manuel ve otomatik şanzımanlardır. Bu şanzıman tiplerinin birbirine göre avantaj ve dezavantajları bulunmakta olup farklılıklar göz önünde bulundurularak yeni bir şanzıman arayışı ortaya çıkmıştır. Örneğin Chen ve arkadaşları vites yükünü azaltmak ve otomatikleştirilmiş manuel şanzımanlı bir paralel hibrit aracın hızlanma yeteneğini geliştirmek için debriyaj çalışması olmadan yeni vites kontrol algoritması sunmuştur(Chen ve ark. 2014).

Bu tez çalışmasında manuel ve otomatik şanzımanın özellikleri birleştirilerek robotize şanzıman geliştirilmiştir. Bilindiği üzere manuel şanzımanlar otomatik şanzımanlara göre daha yüksek mekanik verimliliğe sahiptir. Otomatik şanzımanda vites değişimi sürücüyü bırakılmaksızın vites değişim parametrelerine göre otomatik olarak kontrol edilmektedir. Yapılan çalışmada vites değişimi sürücüdenden bağımsız halde bir vites değiştirme algoritmasına bağlı olarak kontrol edilmiştir. Manuel şanzıman sistemine entegre edilen vites değiştirme bileşenleri ile şanzıman kontrol ünitesi eş zamanlı olarak çalışmaktadır. Şanzıman kontrol ünitesinden gelen sinyaller şanzıman bloğuna eklenen bileşenlere bilgi sağlamaktadır. Şanzıman kontrol ünitesinden gelen bilgi ile vites değiştirme bileşenlerine hava yönlendirmesi sağlanarak şanzıman iç mekanizmasının hareketi gerçekleşir. Vites değişimi motor ve şanzıman kontrol ünitesinden gelen bilgiye göre otomatik olarak gerçekleşir. Robotize(otomatikleştirilmiş manuel şanzıman) hale

getirilen otomatikleştirilmiş manuel şanzıman için araç üzerinde dinamik yol testleri yapılarak optimum vites değişim parametre değerleri belirlenmiştir.

Vites değiştirme parametreleri esas olarak araç hızı, motor devri, gaz pedal konumu ve yağ basıncını içermekte olup, bu karakteristik parametrelere dayalı k-means algoritma sonuçlarının, sürücü işlemlerine rehberlik etmek için kullanılabilceğini göstermektedir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Gianluca ve arkadaşları(2007), aracın fiziksel temelli ayrıntılı doğrusal olmayan modellerini geliştirmişlerdir. Vites değişimleri sırasında davranışları ve aktarma organları üzerindeki etkilerini analiz etmek için, aktüatör modelleri şanzımana entegre edilmiştir. Servo valflere titreşim sinyali uygulandığında geçerli olan redüktör aktüatörünün azaltılmış sıralı modeli(reduced-order model), özelliklerinin ve performanslarının analiz edilmesi amacıyla geliştirilmiştir. Model-parametre tanımlaması çoğunlukla teorik ilişkiler ve tasarım verileri ile yapılmıştır. Ticari bir otomobilde gerçekleştirilen deneysel testler, önerilen modelin, vites değiştirme sırasında aktüatör davranışını ve sistem dinamiklerini karakterize eden ana kriteri tanımlayabildiğini doğrulamaktadır. Bütün sonuçlar göz önünde bulundurulduğu zaman ise vites değiştirme kalite performansında vites değişim algoritmasının önemi ortaya çıkmaktadır(Lucente ve ark. 2007).

X-Y Song ve arkadaşları(2010), otomatikleştirilmiş manuel şanzıman (AMT) sisteminin performansını değerlendirmek ve hızlı prototip oluşturmak için çalışma yapmışlardır. Pratik bir simulink modeli oluşturulmuş ve döngü içinde donanım (HIL, hardware-in-the-loop) sistemi kullanılarak gerçek zamanlı simülasyon oluşturmaya odaklanılmıştır. HIL simülasyonu karmaşık gerçek zamanlı gömülü sistemlerin geliştirilmesinde ve test edilmesinde kullanılan bir tekniktir. Testler gerçek sistem kullanılıyor gibi gerçekleştirilir. İlk olarak AMT (automated manual transmission) sisteminin çalışma prensibi ve dinamik özellikleri araştırılmıştır. Aktarma organı, motor kontrolü ve kuru kavrama modellenip analiz edilmiştir. Özellikle, güncel transmisyonlarda kullanılan hidrolik kavrama için dinamik bir model geliştirilmiştir. AMT sisteminin performans ve çalışma özelliklerini değerlendirmek, istenen performansı sağlamak için kontrol metodolojisi incelenmiştir. Vites değiştirme kontrol mantığı ve PID tabanlı kavrama kontrolü analiz edilmiş ve uygulanmıştır. Ek olarak, enerji açısından verimli ve sorunsuz bir kavrama bağlantısı gerçekleştirmek için,

dinamik programlama yöntemini kullanma olasılığı da araştırılmıştır. Amaç ise optimum debriyaj ve motor torku kontrol girdilerini oluşturmaktır. Özellikle, optimum kontrolde gerekli olan kontrol girişlerinin sayısını belirlemek amacı ile AMT sisteminin kontrol edilebilirliği incelenmiştir. Bu amaçla, HIL ortamındaki simülasyon ve deney sonuçları sunulmuştur(Song ve ark. 2010).

Kumbhar ve arkadaşları (2014), düşük maliyetli ve yakıt tasarrufu sağlayan AMT sistemi, DC motor kontrollü elektromekanik lineer aktüatörler kullanarak geliştirilmişlerdir. AMT sistemi, biri debriyaj ve ikisi de şanzıman kontrol ünitesi (TCU) tarafından kontrol edilen vites değiştirme aktüatörleri olmak üzere üç elektromekanik lineer aktüatör kullanılarak oluşturulmuştur. Senkronizörlerin aşınması, doğrusal aktüatörlerin strok uzunluklarının yeniden programlanmasıyla kolay şekilde giderilmiştir. Bu sistem, mevcut düz şanzımanlı araca sonradan küçük değişiklikler yapılarak takılmaktadır. DC motor kontrollü AMT konseptinin performansı simülasyon sonuçlarıyla değerlendirilmiştir. Simülasyon, DC motor kontrollü AMT'nin MT(Manuel Transmisyon )'ye kıyasla verimli olduğunu açık şekilde göstermiştir. Yüksek verimlilikle birlikte düşük maliyet, DC motor kontrollü AMT'yi otomotiv sektöründe kullanılan AMT için son derece uygun bir alternatif haline getirmiştir. Bu tür bir alternatif Asya ve Avrupa piyasalarının çok arzu edilen ve beklenen bir talebidir. Karmaşık olmayan, sektör için elverişli tasarım bu konsepti gelecek için bir teknoloji haline getirmektedir. Otomobil dünyasında bir sonraki büyük teknoloji devrimi olma potansiyeline sahiptir(Kumbhar ve ark. 2014).

Luigi ve arkadaşları (2004), yaptıkları çalışmada modern AMT'ler için bir vites değiştirme kontrol stratejisi sunmaktadırlar. Aktarma organlarının, elektrohidrolik bir kavrama aktüatörünün ve kuru kavramanın modelleri, deneysel verilere göre detaylandırılmış ve ayarlanmıştır. Kuru kavramalı otomatikleştirilmiş manuel şanzımanlar (AMT'ler), manuel şanzıman sistemlerinde iyileştirici bir ek çözüm olarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda modern hibrit elektrikli araçlarda yeniden yapılandırma ögesi olarak da kullanımında artış gözlemlenmektedir. Kavramanın iki olası durumu (devrede veya değil) ve farklı dişli oranları nedeniyle AMT'ler, hibrit sistemlerin belirli bir sınıfı olarak kabul edilebilir. Denetleyici, beş farklı AMT çalışma koşulu arasında ayırım yapılarak hiyerarşik bir yaklaşımla tasarlanmıştır; takılı, kayarak açılma, senkronizasyon, kaymaya gitme ve kayarak kapanma. Sırasıyla hızlar, torklar ve salma yatağı konumuna göre üç kademeli geri bildirim döngüsü tasarlanmıştır. Benzinli bir 2.4 FIAT STILO araba üzerindeki simülasyon sonuçları, önerilen kontrolörün etkinliğini

göstermektedir. Simülasyon sonuçları, hem çalıştırma hem de vites değiştirme sırasındaki etkinliğini ve debriyaj karakteristiğinde belirsizlikler olması durumunda sağlamlığını göstermektedir. Kontrolör yapısının basitliği, ticari elektronik kontrol ünitelerinde uygulanmasına izin verir ve bu nedenle çalışma, gerçek zamanlı bir donanım platformunda önerilen stratejinin doğrulanmasına yöneliktir(Glielmo ve ark. 2004).

Hongwen ve arkadaşları (2012), hibrit elektrikli araçlar (HEV'ler) için otomatikleştirilmiş manuel şanzımanların (AMT'ler) vites değiştirme süreci temeliyle ve elektrikli makinelerin özelliklerinin hızlı tepkisinin birleştirilmesi üzerine çalışmışlardır. İlk olarak hibrit elektrikli araç güç aktarım mekanizmasının dinamik modeli oluşturulmuştur. Vites değiştirme işleminin her aşamasının dinamik özellikleri analiz edilmiştir. Debriyajsız kablolu hibrit elektrikli araçta (PHEV- Plug-in Hybrid Electric Vehicle) AMT vites değiştirme kontrolünü elde etmek için motorun ve elektrikli makinenin tork-hız değişimi kullanılmıştır. Tork-hız ilişkisinin koordineli olarak kontrol edildiği bir strateji önerilmiştir. Motorun tork ve hız parametreleri kullanılarak debriyaj olmadan AMT vites değiştirme kontrolü elde edilmiştir ve vites kalitesinin iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Koordineli kontrol stratejisi, bir simülasyon platformunda ve bir test aracında doğrulanmıştır. Vites değiştirme işleminde, motor ve elektrik makinesi güvenli şekilde kontrol edilmiş ve vites sarsıntısı, güç kesintisi, geri yükleme süresi azaltılmıştır. Bu sonuçlar, debriyajsız vites değiştirmenin mümkün olduğunu ve AMT'nin dezavantajlarının üstesinden gelme potansiyeline sahip olduğunu kanıtlamaktadır (He ve ark. 2012).

Guercioni ve arkadaşları (2019), şanzımanın çıkışına maksimum 112 kW güç seviyesine sahip elektrikli makina mekanizması eklenmesi ile vites değiştirme sırasında tork üretme kabiliyetlerinin elde edildiği seri paralel hibrit elektrikli araç mimarisi geliştirerek vites değiştirme kontrol stratejilerini açıklamıştır. Çalışmada, iki şanzıman sistemi analiz edilmiştir. Bunlar; hibrit otomatikleştirilmiş manuel şanzıman ve hibrit çift kavramalı şanzımandır. İki şanzıman için vites değiştirme kontrol stratejilerine odaklanılmış ve her vites değiştirmeyi birkaç aşamaya ayırmışlardır. Kontrol aşamasının amaçları, güç aktarım mekanizmasındaki komponentlerin ayar noktalarının hesaplanması için denklemlerin oluşturulması ve bir vites değiştirme aşamasından diğerine geçişi belirleyen koşulların raporlamasının yapılması içindir. Ayrıca, doğrusal olmayan dinamik modeller tanımlanmış olup modeller kontrolörlerin tepkisini simülasyon yoluyla

doğrulamak için kullanılmıştır. Her iki şanzıman sistemi için de araç dinamik performansı açısından olumlu sonuçlar elde edilmiştir(Guercioni ve Vigliani 2019).

Singh ve arkadaşları (2018), otomatikleştirilmiş Manuel Şanzımanın (AMT), otomobilin yakıt verimliliği, sürüş konforu ve performansı sağlayabileceğini göstermek amacı ile polinom işlevini kullanmıştır. Bir AMT'de, vites değiştirme haritaları yaygın olarak vites değiştirmek için kullanılır. Doğrudan vites değiştirmek için vites değiştirme haritalarını kullanmak yerine bir dizi polinom işlevini kullanarak bir AMT'de vites değiştirmenin yeni bir stratejisi önerilmiştir. Bu polinom fonksiyonlar, bir otomobilin ana vites değiştirme haritasından kesin olarak çıkarılır. Polinom fonksiyonları, MATLAB'da eğri oluşturma tekniği kullanılarak literatürde bulunan vites değiştirme haritalarından elde edilmiştir. Bu vites değiştirme stratejisi gaz kelebeği konumunu, araç devrini ve mevcut vitesi giriş parametresi olarak kullanır. Bu giriş parametrelerine göre kontrol ünitesi vites değiştirme sinyali verir. Sinyal ise aktarma organlarına uygulanarak vites değişim işlemi gerçekleştirilir. Bir aktarma organının matematiksel modeli, her bir parçanın serbest cisim diyagramlarından elde edilmektedir. Aktarma organları modelleri, aktarma organlarının farklı çalışma aşamalarına bağlı olarak iki kategoriye ayrılır. Bunlar; kayan model ve senkronizasyon modelidir. Durum uzayı matematiksel modelleri her aşama için türetilmiştir. Simülasyonlar, vites değiştirme için polinom fonksiyonlarının uygulandığı, durum uzay modellerinin kullanılması ile yapılmıştır. Sonuçlar, polinom fonksiyonlarının, farklı yükler ve gaz kelebeği konumlarının durumuna göre vites değiştirmek için etkili bir şekilde kullanılabilceğini göstermiştir(Singh ve ark. 2018).

Akshay ve arkadaşları (2019), çeşitli makine öğrenmesi tekniklerini kullanarak, ağır hizmet dizel kamyonların, özellikle de çekici-yarı treylerin uzun yol operasyonlarında yakıt tüketimini tahmin etmek için olası bir çözümü amaçlamışlardır. Genellikle çok karmaşık olan simülasyon veya fizik tabanlı modellere olası bir alternatif sağlamayı hedeflemişlerdir. Çalışma, özellikle Avrupa Birliği'nde ağır hizmet kamyonlar tarafından tüketilen yakıt miktarının tahmin edilmesine ve dolayısıyla üretilen emisyonların belirlenmesine odaklanmaktadır. Ana amaç, bir makine öğrenimi yaklaşımının yakıt tüketimini tahmin etmek için uygun bir seçenek olup olmadığını incelemektir. Makine öğrenmesinin kullanım amacı yakıt tüketiminin önceden tahmin edilmesini sağlamaktır. Çalışmada kullanılan algoritmalara göre yakıt tüketim tahminleri Çizelge 2.1. de verilmiştir. Sürücüden kaynaklı herhangi bir değişkeni eğitim modeline girdi olarak kullanmayarak başka bir modelin geliştirilmesine odaklanılmıştır. Sebebi,

modelin yeni rotalara ve yeni kamyonlara uyarlanabilir kalmasını sağlamaktır. Ayrıca yeni geliştirilen kamyonların büyük ölçekli yol testi imkansız olduğu için kamyon tarafından tüketilen yakıtın yol testi olmadan tahmin edilmesine yardımcı olacaktır. Makine öğreniminin, otoyolda uzun mesafeli bir ağır hizmet kamyonunun tükettiği yakıt miktarını tahmin etmek için potansiyel olarak kullanılabilmesi bulunmuştur.

Çalışma aynı zamanda belirli bir ağır hizmet aracı tarafından bir yolculuk sırasında tüketilen yakıt miktarının değil, bu yolculuk sırasında ürettiği emisyon miktarının da tahmin edilmesine yardımcı olacaktır (Bhoraskar 2019).

**Çizelge 2. 1.** Model İçin Öğrenme Algoritmalarının Karşılaştırılması

<b>Model</b>	<b>Toplam Yakıt Tüketimi(l/100km)</b>
Ölçüm verileri	15,58
Doğrusal Regresyon	20,95
Destek Vektör Regresyonu	15,85
Rastgele Orman	15,3
Yapay Sinir Ağı	15,44

Filippos ve arkadaşları (2020), büyük ölçekli kentsel ağlarda sorunsuz sürüş alışkanlıklarının trafik ve emisyonlar üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. İlk olarak, akıllı telefonlardan toplanan gerçek sürüş davranışı verilerini kullanarak geçerli sürüş profillerini ortaya çıkarmaya çalışmışlardır. Mikroskobik simülasyon kullanarak gözlemlenen profillerin trafik ve emisyonlar üzerindeki kontrolünün etkisini simüle etmeye çalışan entegre bir veri odaklı simülasyon metodolojisi önermişlerdir. Hız ve ivme verilerine dayalı olarak sürüş profillerini çıkarmak için bir k-means kümeleme algoritması uygulanmıştır. Simülasyon sonuçları, düzgün sürüşün en önemli hava kirleticileri emisyonlarında istatistiksel olarak önemli bir azalmaya yol açtığını göstermektedir. Ayrıca hızlanma değişkenliğinin eko profilde olduğu gibi daha dar bir aralıkla sınırlandırılması, araçların veriminin diğer profillere göre artmasına neden olmaktadır(Adamidis ve ark. 2020).

Sasanka ve Arvid (2021), çalışmalarında motor yükü(%), motor devri(RPM), araç hızı(km/sa) gibi parametrelere dayalı olarak bir yolculuğun toplam ve anlık yakıt tüketimini tahmin etmek için yapay sinir ağını kullanmışlardır. Yapay sinir ağını modern ağır hizmet kamyonlarında uygulamışlardır. Anlık yakıt tüketimi verileri, optimize edilmiş filo operasyonları için yakıt tüketimindeki kalıpları tahmin etmeye yardımcı olabilir. Yapay sinir ağının performansı, ortalama mutlak hata ve ortalama karekök hata

kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışma, yapay sinir ağlarının, doğrusal regresyon ve rastgele orman gibi diğer makine öğrenimi tekniklerinden, yüksek R-kare (R<sup>2</sup>) ve daha düşük kök ortalama kare hatası ile biraz daha iyi performans gösterdiğini saptamaktadır(Katreddi ve Thiruvengadam 2021).

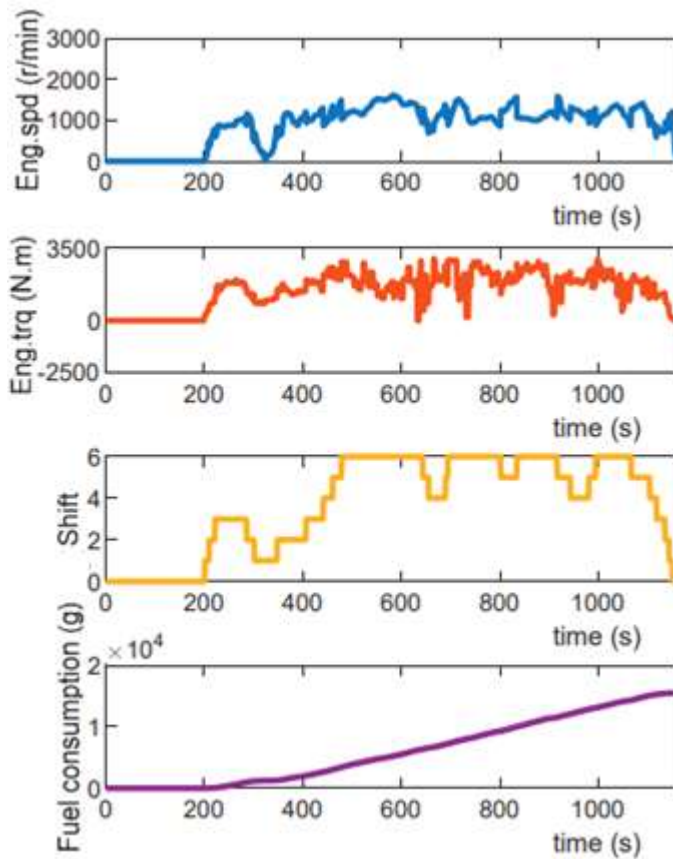
Ajinkya ve arkadaşları(2021), veri analizi ve verimlilik sınırlarını kullanarak yakıt açısından verimli-verimsiz sürücüleri belirlemek için bir metodoloji önermişlerdir. Ağır hizmet aracındaki yakıt tüketimi, bir dizi sürücü davranışı parametresine, arazi, yükleme, araç tipi, mallar vb. dahil olmak üzere bir takım dış faktörlere bağlıdır. Bu nedenle, çalışmada genel tahmin denklemi analizi kullanılarak ağır hizmet aracı filosunda yakıt tüketimine katkıda bulunan, şirkete özel kritik sürüş davranışı faktörlerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Telematik bir sistemi kullanarak aylık sürücü davranış performans verilerinin toplandığı bir taşımacılık şirketini analiz etmişlerdir. Sonuç olarak, yakıt tüketimini etkileyen temel faktörler olarak ortalama hız, frenleme ve rölanti belirlenmiştir. Bireysel sürücünün bir aydaki performansı, kritik sürüş parametre seti dikkate alınarak verimli veya verimsiz olarak işaretlenmiştir. Verimsiz sürücülerin, önerilen kişiselleştirilmiş teşvik şemasını izleyerek performanslarını iyileştirebileceği tespit edilmiştir(Mane ve ark.2021).

Jian ve arkadaşları(2021), ağır hizmet dizel kamyonların doğal sürüş verilerini analiz ederek motorun teknik durumunun, yol özelliklerinin, hava ve sıcaklık koşullarının sürüş esnasında yakıt tüketimi üzerindeki etkisini araştırmıştır. İkili lojistik regresyon modeli kurarak, önemli faktörlerin yakıt tüketimi üzerindeki etkisini nicel olarak araştırmışlardır. Yakıt tüketimi tahminini oluşturmak için birkaç makine öğrenimi algoritması (geri yayımlı sinir ağı, karar ağacı ve rastgele orman) kullanmışlar ve farklı algoritmaların tahmin performansını karşılaştırmışlardır. Sonuçlar, karar ağacının, geri yayılım sinir ağının ve rastgele ormanın tahmin doğruluğunun sırasıyla %81.38, %83.98 ve %86.58 olduğunu göstermiştir. Rastgele orman, tahminde en iyi performansı göstermiştir. Sonuçlar, ulaşım şirketlerine sürüş eğitimi stratejilerini formüle etmede yardımcı olabilir, enerji tüketimini ve emisyonları azaltmaya katkıda bulunabilir(Gong ve ark. 2021).

Heng ve arkadaşları(2021), MATLAB ortamında motor yakıt tüketim modelini, 6+2 vitesli otomatik şanzıman modelinde oluşturmuşlardır. Otomatik şanzımanın vites değiştirme stratejisi, ağır hizmet maden kamyonlarının sorunsuz çalışması ve ekonomisinde kritik rol oynar. Dinamik programlama optimizasyon algoritması, yakıt tüketimini ve vites değişim sayısını azaltmak için belirlenen çalışma koşulları altında en

ekonomik vites değiştirme stratejisini çıkarmak için kullanılmıştır. Algoritma, optimizasyon problemini daha basit alt problemlere ayırarak, genel problemin optimal çözümünü elde etmek için alt problemlerinin optimal çözümünü kullanır. Araç hızı, gaz kelebeği açıklığı, yük ve yol eğimi ile belirlenen sürüş koşulları altında, minimum araç yakıt tüketimi optimizasyonun amaç fonksiyonu olarak belirlenir ve ardından durum değişkenlerinin optimal kontrol sırası belirlenir.

Simülasyon sonuçları, önerilen vites değiştirme stratejisi kullanılarak motor hızının(1100-1750 RPM) ve çıkış torkunun(1000-1800 N.m) nispeten kararlı ve verimli çalışma aralığında tutulduğunu göstermektedir. Önerilen vites değiştirme stratejisinin yakıt tüketimini sırasıyla 19,3 kg'dan 17,6 kg'a ve toplam vites değiştirme sayısını 73'ten 46'ya etkili bir şekilde azaltabileceğini göstermektedir. Genel olarak, ağır hizmet maden kamyonları için küresel vites değiştirme stratejisini optimize etmeye yönelik Dinamik programlama algoritması uygulanabilir ve verimlidir. Döngü içi donanım ve gerçek araç testleri, gelecekteki çalışmaların anahtarı olacaktır. Yapılan çalışmaya ait veriler Şekil 2.1. de belirtilmiştir(Zhang ve ark. 2021).



Şekil 2. 1. Simülasyon Sonuçları

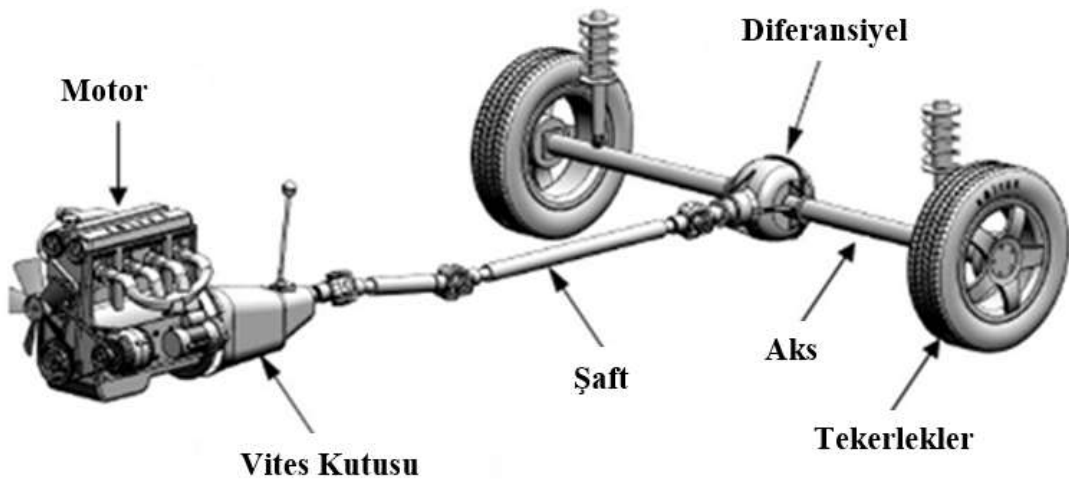
Otomatikleştirilmiş manuel şanzıman ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiği zaman çalışmalar genelde teori ve simülasyona dayanmaktadır. Konu olarak vites değiştirme parametreleri farklı algoritmalar ile ele alınmış olsa da birçok çalışma simülasyon ve teoriye dayalı olduğu için gerçek bir sistem üzerindeki sonuçları ile simülasyon sonuçları kıyas edilemez. Yapmış olduğumuz çalışmada şanzıman üzerine entegre edilen vites değiştirme bileşenleri gerçek çalışma koşullarında test edilmiş ve algoritma gerçek çalışma verileri doğrultusunda oluşturulmuştur. Bazı çalışmalarda(Kumbhar ve ark. 2014) ise kontrolcü dc motor kontrollü elektro-mekanik bir sistem olduğu için araç da ek bir güç tüketimi ortaya çıkmaktadır. Bizim çalışmamızda ise pnömatik kontrollü bir sistem kullanılarak vites değişimleri motor kontrolünden bağımsız şekilde hava kompresörünün ürettiği hava ile kontrol edilmiştir. Bazı sistemlerde(Song ve ark. 2010) ise hidrolik kontrol kullanılmıştır. Hidrolik sistemin vites değişiminde kullanılması akış hızı düşük olduğu için olumsuzluk meydana getirmektedir. Bu durum vites değişimi için en önemli parametrelerden biri olan süre değişkenini artırmaktadır.

Yakıt tahmini için yapılan çalışmalarda Jian ve arkadaşları(2021), Ajinkya ve arkadaşları(2021), Sasanka ve Arvid(2021), Filippas ve arkadaşları(2020), Akshay ve arkadaşları(2019), tarafından birçok algoritma(yapay sinir ağı, karar ağacı, doğrusal regresyon, rastgele orman) incelenmiş olup algoritmalar arasında karşılaştırma yapılmıştır. Yapılan karşılaştırmalarda makine öğrenmesi yöntemlerinin doğruluğa daha yakın olduğu tespit edilmiştir. Tezde makine öğrenmesi yöntemi olan k-means algoritması kullanılmış olup algoritmanın kullanım amacı tahminden daha çok, optimum yakıt tüketimi sağlayacak parametre değerlerini belirlemektir. K-means algoritması kümelemede en çok kullanılan bir algoritmadır. Algoritmada araç üzeri test çalışmasında kaydedilen veriler kullanılmıştır. Heng ve arkadaşları yapmış olduğumuz tez çalışması ile ilişkili bir çalışma yapmış ve dinamik programlama optimizasyon algoritması ile simülasyon sonuçları sunmuştur. Yakıt tüketiminde farklılıkların meydana gelme sebebi farklı yük ve sürüş koşullarından kaynaklanmakta olup

simülasyon sonuçlarının gerçek dinamik sürüş verilerine oranla doğruluğunun net olmamasıdır.

## 2.1 Şanzıman Nedir ve Şanzıman Çeşitleri

Şanzıman, motor krank milini aracın tahrik tekerleklerine bağlayan bir dizi ünite ve mekanizmadır. Araç şanzımanı, uygulanan tork( $\tau$ ) ve açısal hız( $\omega$ ) değiştiğinde motor gücünü tahrik tekerleklerine iletmek ve dağıtmak için kullanılır. En yaygın kullanım şanzımanın içten yanmalı motorun çıkışını tahrik tekerlerine uyarladığı motorlu taşıtlarda kullanılır. Bu tür motorların, çalıştırma, durdurma ve daha yavaş seyir işlemleri için uygun olmayan, nispeten yüksek bir dönüş hızında çalışması gerekmektedir. Şanzıman, yükselen motor devrini dişli oran değişimi ile en uygun tekerlek hızına düşürerek işlemdeki torku artırır. Çoğu zaman, bir şanzımanın, hız değişikçe bunlar arasında geçiş yapabilen birden fazla dişli oranı (veya basitçe "dişliler") vardır. Bu geçiş sürücü kontrolünde veya otomatik olarak bir kontrol ünitesi tarafından yapılabilir. Yönlü yani ileri ve geri kontrolde operatör tarafından uygulanabilir. Motor çıktısının hızını ve torkunu (ve bazen yönünü) basitçe değiştiren tek oranlı aktarımlar da mevcuttur. Motorlu taşıtlarda, şanzıman genellikle motor krank miline bir volan, debriyaj veya sıvı kuplajı yoluyla bağlanır, çünkü kısmen içten yanmalı motorlar belirli bir hızın altında çalışamaz. Şanzımanın çıkış mili, tahrik mili vasıtasıyla tekerlekleri hareket ettiren diferansiyel mekanizmasına aktarılır. Bir diferansiyel aynı zamanda dişli redüksiyonu sağlayabilir. Birincil amacı, dönüş yönünü değiştirirken bir aksın her iki ucundaki tekerleklerin farklı hızlarda dönmesine izin vermektir (dönüşlerde tekerlek kaymasını önlemek için gereklidir).



Şekil 2. 2. Araç İletim Sistemi(Tübitak 2014)

Şekil 2.2. de araç iletim sistemi basit olarak gösterilmiştir. Motor çıkış mil hızı öncelikle şanzıman tarafından dişli oranlarının kullanılmasıyla düşürülür. Elde edilen hız diferansiyel aktarılır. Son olarak diferansiyelde gerçekleşen hız dönüşümü ile son hız tekerleklere aktarılır.

Diferansiyelin araç üzerindeki fonksiyonu ise iki teker arasındaki devir dengesini koruyan yapıya sahip olmasıdır. Motordan gelen dönüş hareketi şanzımandan geçerek diferansiyel iletilir. Diferansiyel dengesinin düzgün olması, diferansiyelin doğru orantılı aktarımı sayesinde güvenli bir dönüş sağlar.

Araç şanzımanı için aşağıdaki temel gereksinimler uygulanır;

- Aracın yüksek çekiş ve dinamik özelliklerinin sağlanması
- Yüksek verim
- Minimum boyutlar ve ağırlık
- Yüksek operasyonel güvenilirlik
- Basitlik ve yönetim kolaylığı
- Yapımın üretilebilirliği
- Düşük bakım
- Sürdürülebilirlik

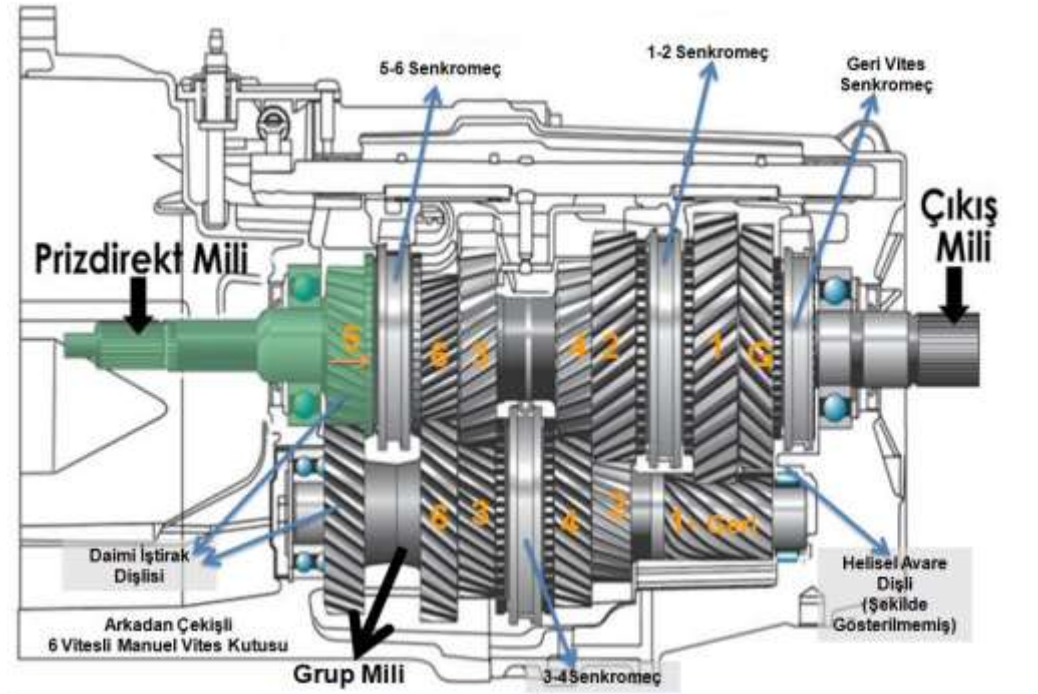
## 2.2. Şanzıman Çeşitleri

Şanzımanlar temelde otomatik, manuel ve robotize şanzıman olarak üç kategoriye ayrılır. Bu üç temel şanzıman yanında mevcut şanzımanlar üzerinde yapılan değişiklikler ile farklı tip şanzıman tipleri de geliştirilmiştir. Bu şanzıman tipleri ise DSG şanzıman, CVT şanzıman, EDC şanzıman, MMT şanzıman ve TCT şanzıman olarak 4 sınıfta incelenir.

### 2.2.1. Manuel Şanzıman

Manuel şanzıman, vites seçiminin mekanik olarak gerçekleştirildiği birimdir. Motorlu taşıtların sınırlı çalışma aralığı nedeniyle içten yanmalı motorun yeteneklerini genişletmek ve farklı sürüş koşullarına uyum sağlamak için şanzıman kullanılır. Tüm şanzımanlar gibi manuel şanzımanda güç ünitesinin hızına bağlı olan torku uyarlamaktan ve bu torku tekerleklere aktarmaktan sorumludur. Bu işlem dişli oranlarının değiştirilmesi

ile gerçekleştirilir. Dişli oranı ise giriş milinin çıkış milini ne kadar hızlı veya yavaş döndüreceğini belirler. Bu sürecin kontrol edilmesi için ise sürücünün vitesi manuel olarak seçmesi gerekmektedir.



Şekil 2. 3. Manuel Vites Kutusu Temel Parçaları(Anonim 2017)

Manuel şanzımanlar diğer şanzımanlara kıyasla tasarım açısından en basit ve en verimli olanıdır. Manuel şanzımanlar yaklaşık olarak %96,2 verime sahiptir(Kluger ve Long 1999). Tasarım basitliği açısından ise diğer şanzımanlara göre en güvenilir olarak kabul edilir. Şanzıman iç yapısında hassas parça olarak elektronik ve hidrolik bir sistem mevcut değildir. Şanzımanın iç yapısı Şekil 2.3. de gösterilmiştir.

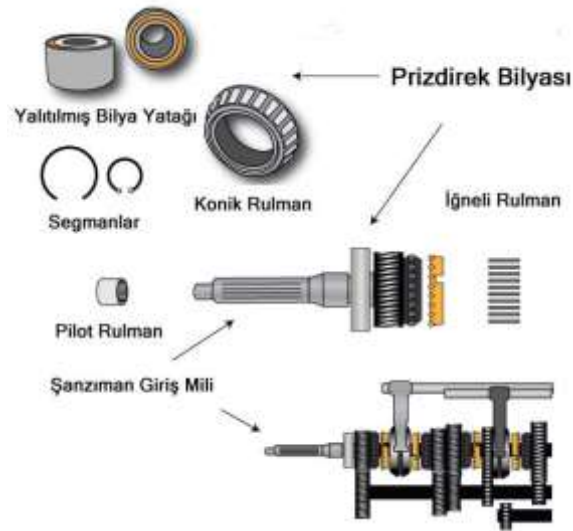
### 2.2.1.1. Manuel Vites Kutusu Temel Parçaları

Manuel şanzıman bileşenleri aşağıdaki gibidir;

- Prizdirekt mili
- Grup mili
- Ana mil ve vites dişlileri
- Senkromeçler
- Geri vites mekanizması

### 2.2.1.2. Prizdirekt mili

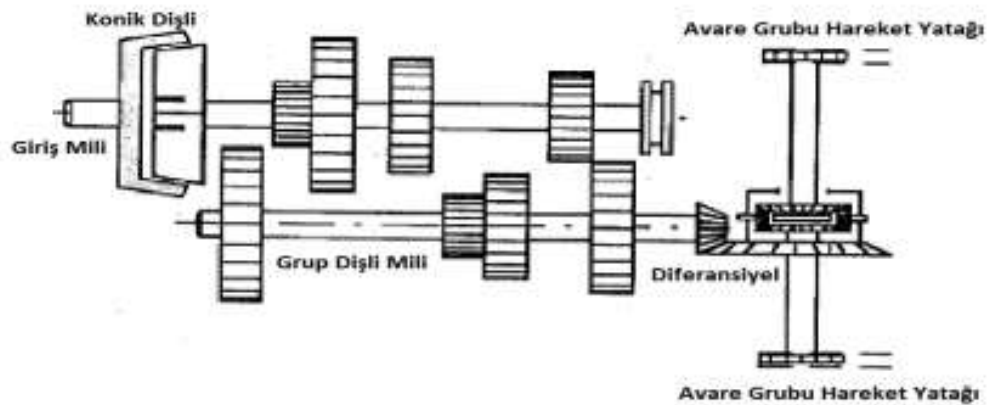
Kavrama mekanizmasından aldığı hareketi üzerinde bulunan dişli ile grup mili daimi iştirak dişlisine aktaran mildir.



Şekil 2. 4. Prizdirekt Mekanizması (Anonim 2019)

### 2.2.1.3. Grup mili

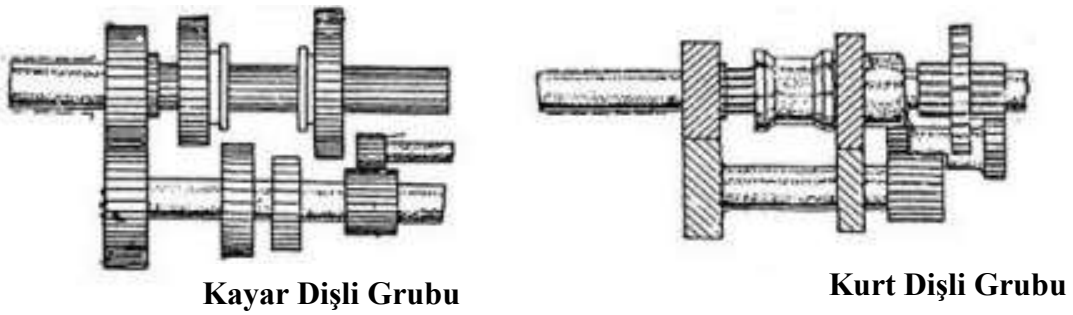
Üzerinde bulunan dişli mekanizmasını tutan kısımdır. Prizdirek rulmanının dönmeye başlaması ile grup mili de aynı anda harekete başlar ve hareket birlikte sonlanır.



Şekil 2. 5. Grup Mili Mekanizması (Lechner ve Harald 1999)

#### 2.2.1.4. Ana Mil ve Vites Dişlileri

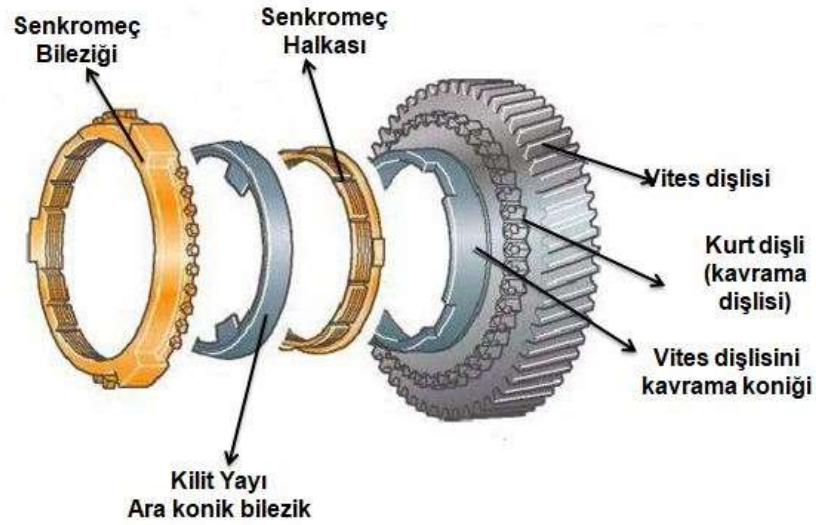
Vites dişlileri ve senkromeçler ana milin üzerine entegre edilmiştir. Her bir vites dişlisi karşı kısmına denk gelen grup dişlisine geçmiş durumdadır. Hareket gerçekleşmesi için grup dişlisinden sürekli olarak vites dişlisine iletim sağlanır. Hareketin çıkış miline aktarıldığı durum sadece ana mil üzerinde bulunan vites dişlileri ile senkromeç mekanizması birbirini kavradığı anda gerçekleşir. Ana mil üzerinde bulunan vites dişlileri ana mile yataklanmış durumdadır ve senkromeç mekanizması ile kavrama haline geçmediği sürece serbest dönme hareketi yapar.



Şekil 2. 6. Ana Mil ve Vites Dişlileri(Lechner ve Harald 1999)

#### 2.2.1.5. Senkromeçler

Vites değişimi sırasında dişlinin biri sabit dönmeye devam ederken diğer dişli hızla ve ivmeyle dönmeye devam eder. Kendisinden yavaş dönen dişli ile devir sayıları aynı olmadığı durumda kavrama durumu gerçekleşir ise vites geçişlerinde zorlamalar meydana gelir. Zorlamaların sonucu olarak ise dişliler zamanla aşınarak kırılmalar oluşur. Senkromeç mekanizmasının vites değişimindeki görevi ise vites kutusunda bulunan motor prizdirekt mili üzerindeki dişlileri ile geçmesi istenilen vites dişlileri arasındaki devir sayısını eşitlemektir. Sürücü vites kolunu hareket ettirdiği anda hareket veren dişli ile hareket alan dişli arasındaki devir farkı senkromeç mekanizması ile eşitlendiği anda vites değişimi gerçekleşir. Senkromeç mekanizması sayesinde vites değişimi sarsıntısız bir şekilde gerçekleşir.



Şekil 2. 7. Senkromeç Mekanizması(Meb 2012)

### 2.2.1.6. Geri Vites Mekanizması

Motordan gelen dönme hareketinin yönü geri vites mekanizmasında bulunan avare dişli yapısı ile değiştirilir. Avare dişlisinin şanzıman mekanizmasındaki görevi grup milinin geri vites dişlisinden aldığı dönme hareketinin yönünü değiştirerek çıkış mili geri vites dişlisine hareketi aktarır. Geri vitesin gerçekleşmesi için avare dişli kayarak iki dişli arasına geçer ve bu iki dişliyi kavrayarak birleşmesini sağlar. Çıkış mili üzerinde bulunan geri vites dişlisinden dönme hareketi senkromeç ile çıkış miline aktarılır.



Şekil 2. 8. Geri Vites Mekanizması(Oudrnický ve Tomeh 2017)

### 2.2.2. Otomatik Şanzıman

Otomatik şanzımanlarda hareket için gerekli olan hız ve torkun elde edilebilmesi için dişli mekanizması sürücü kontrolünden bağımsız otomatik olarak değiştirilir. Otomatik şanzıman araçlarda debriyaj pedalı bulunmaz. Vites geçişleri vites geçiş parametrelerinin uygunluğuna göre şanzıman kontrol ünitesi(TCU) tarafından kontrol edilir. Manuel şanzımanlara kıyasla sürüş konforu üst düzeydir. Manuel şanzımanlara göre verimliliği ise daha düşüktür. Manuel şanzımanlı araçlarda vites değişimi sürücüye bağlı olduğu için motordan daha güçlü bir performans elde edilir. Fakat vites değişimleri uygun aralıklarda kontrol edilmediği durumlarda yakıt oranında artış meydana gelmektedir. Otomatik şanzımanlarda verimlilik yaklaşık olarak %86,3 seviyelerindedir. Otomatik şanzımanlarda kavrama mekanizması olarak tork konvertörü ve dişli sistemleri kullanılır. Tork konvertörüne bağlı olarak araç sürekli hareket etme eğilimindedir. Hareket etme eğilimi sonucu yakıt tüketimi de artış göstermektedir. Debriyaj ve kavrama görevini hidrolik kavrama olan tork konvertörü gerçekleştirir. Vites kademelerinin belirlenmesi ise planet dişlilerde oluşan dişli oranları ile gerçekleşir.

Otomatik şanzıman bileşenleri aşağıdaki gibidir;

- Tork konvertörü
- Yağ pompası
- Vites kavrama grupları
- Şanzıman muhafazası
- Güneş(planet) dişli grupları
- Hidrolik valf gövdesi
- Elektronik kumanda beyni

#### 2.2.2.1. Tork Konvertörü

Tork konvertörünün çalışma prensibi, torkun motordan şanzıman mekanizmasına herhangi bir katı bağlantı yapılmaksızın sıvı akışı vasıtasıyla aktarılmasını sağlar.

İç kısmında pompalama reaktör ve türbin pervanelerinin birbirine yakın şekilde eş merkezli olarak yerleştirildiği toroidal şekle sahip olan kapalı bir sistemdir. Tork konvertörünün iç hacmi sıvıyla doludur. Pompa çarkı motor krank miline ve volana bağlıdır. Motordan aldığı doğrudan dönme hareketi ile tork konvertörü içerisinde bulunan sıvıya hareket kazandırır. Sıvının hareket kazanması sonucu oluşan kuvvet türbin

kanatçıklarına çarparak türbinin hareketlenmesi sağlanır. Oluşan hareket ile motorun hareketi şanzımana aktarılır. Aynı zamanda tork konvertörü motor tarafından üretilen torku artırır. Tork konvertörü aktif vitesleri kontrol etmek için kullanılmaz. Vites değişimleri şanzıman üzerinde bulunan bileşenler ile gerçekleştirilir. Kullanım amacı baskı balata ve debriyaj görevini karşılamaktır.



Şekil 2. 9. Tork Konvertörü Bileşenleri(Er 2019)

#### 2.2.2.2. Hidrolik Valf Gövdesi

Hidrolik kontrol ünitesi olarak tanımlama yapmak gerekir ise yağın basıncını kontrol ederek kavrama sistemlerine ve ünitelere iletim yapan ana kumanda sistemidir. Hidrolik kontrol ünitesinin iç yapısı solenoidlerden ve yağ kanallarına yön veren valflerden oluşmaktadır. Solenoid için gereken bilgi akışı şanzıman kontrol ünitesi (TCU) tarafından sağlanmaktadır.

#### 2.2.2.3. Elektronik Kumanda Beyni

ECU (electronic control unit) modülü ile TCU (transmission control unit) modülü birbirini entegre çalışmaktadır. Şanzıman kontrol ünitesi bilgi akışını sürekli olarak motor kontrol ünitesinden sağlamaktadır. Motor kontrol ünitesinde araç motorunda aktif olan bütün parametreler ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Hesaplanan parametreler doğrultusunda

aracın çalışma mekanizmasını kontrol eden komutlar otomatik olarak diğer kontrol ünitelerine bilgi akışı sağlayarak aracın kontrolü sağlanır.

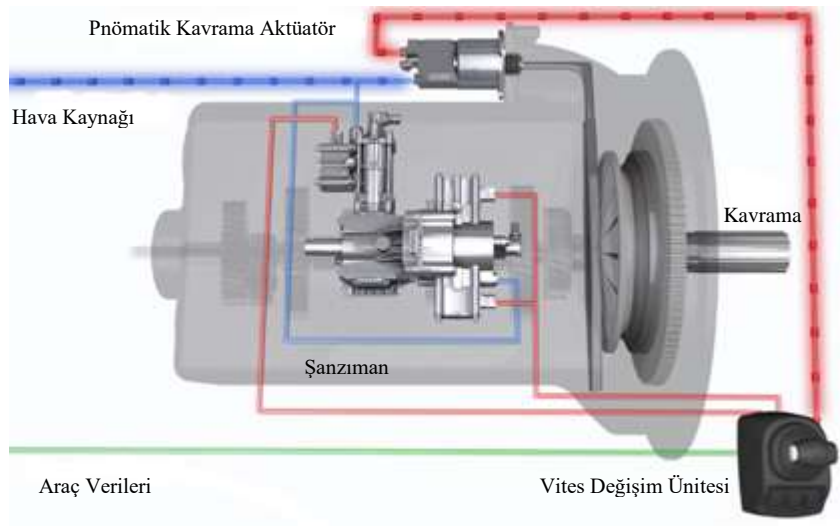
Otomatik şanzıman araçlarda vites değişimi motor kontrol ünitesinden şanzıman kontrol ünitesine aktarılan bilgi akışı ile sağlanır. Vites değişimi sırasında kavrama mekanizması otomatik olarak sinyaller ile kontrol edilir. Tam otomatik şanzımanlı araçlarda ise kavrama mekanizması tork konvertörü ile kontrol edilir. Vites adımlarının otomatik değişmesi devir dengesinin sağlanmasında önemli rol oynar.



Şekil 2. 10. Elektronik Kumanda Beyni(Çalışkan 2017)

### 2.2.3. Robotize Şanzıman (Yarı Otomatik Şanzıman)

Robotize şanzıman, manuel şanzımanlara vites değiştirici mekanizmaların eklenmesi ile otomatikleştirilmiş sistemlerdir. Debriyaj kontrolü sürücüden bağımsız olarak sistemin komutu ile gerçekleştirilir. Debriyaj görevini ağır vasıtalarda debriyaj alt merkezleri kontrol eder. Vites değişme komutu ile birlikte devreye girerek motor ile şanzıman arasındaki kavrama mekanizmasını ayırır. Vites değişim işleminin tamamlanması ile sinyali keserek kavramanın tekrar devreye girmesini sağlar. Tezin konusu olan otomatikleştirilmiş şanzımanlar 3. bölümde daha detaylı şekilde anlatılacaktır.



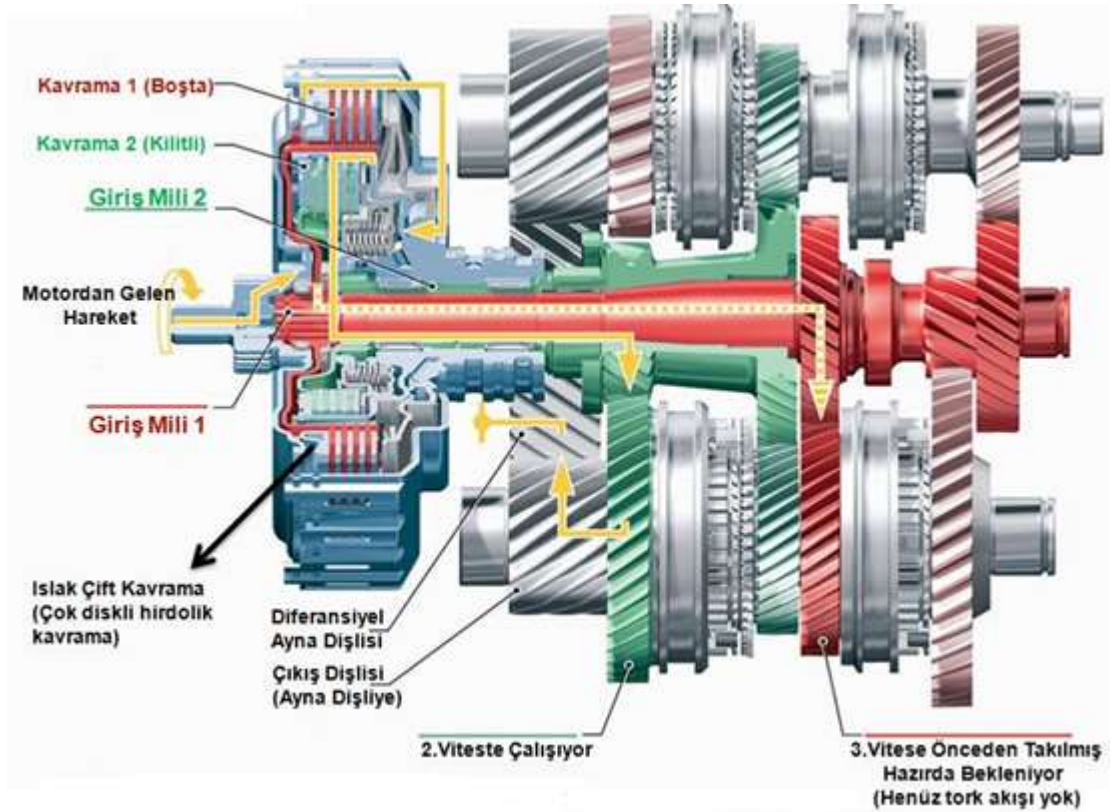
Şekil 2. 11. Robotize Şanzıman Sistem Akış Şeması(Wabco 2018)

#### 2.2.4. DSG Şanzıman (Direct Shift Gearbox)

Otomatik şanzıman tiplerinden bir tanesi olan DSG şanzımanlar otomotiv pazarının öncülerinden olan Volkswagen seri üretim için geliştirmiştir. DSG şanzıman sistemleri çift kavrama yapısına sahip olduğu için güç kesintisi yaşanmaz. DSG şanzımanın diğer şanzımanlara kıyasla avantajı vites değiştirme sırasında güç akışını kesintiye uğratmadan yumuşak hızlanmasıdır.

DSG şanzıman motor torkunu iki bağımsız kavramaya sahip iki farklı yoldan iletme yeteneğine dayanmaktadır(Balcı 2015). Şanzıman iç yapısı her biri kendi debriyaj sistemine sahip iki paralel dişli kutusundan oluşur. İlk dişli kutusu tek viteslerin kontrolünü sağlar iken ikinci kısım ise çift ve geri vitesleri kontrol eder.

Optimum vites değiştirme noktası en iyi dişli oranı seçimi ile elde edilir. Dişli oranlarının hassas seçimi şanzımanın en iyi dinamik özelliklerini elde etmeyi sağlar. Otomatik şanzımanlara kıyasla yakıt verimliliği %15'e kadar artmaktadır(Kim ve Choi 2020). Şanzıman kontrol ünitesi motor devri, araç hızı, ve gaz pedalı konumuna bağlı olarak optimum vites değiştirme oranı seçer.



Şekil 2. 12. DSG Şanzıman Sistem İç Yapısı(Mashadi ve ark. 2015)

### 2.2.5. CVT Şanzıman (Continuously Variable Transmission)

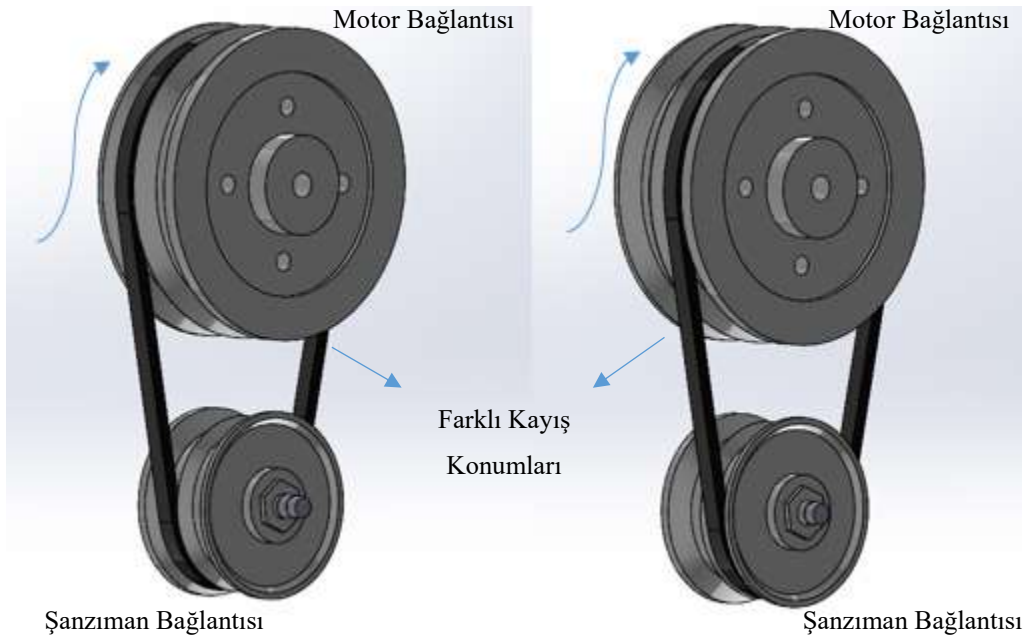
Sürekli değişken şanzıman(CVT), maksimum ve minimum değerler arasında planet dişli mekanizması sayesinde sürekli olarak vites değişim işlemini gerçekleştiren otomatik şanzıman türüdür(Shukla ve ark. 2017). CVT'yi otomatik ve manuel şanzımanlardan ayıran özellik motor devri değişmeden aracın hızı artışının mümkün olmasıdır. Manuel ve otomatik şanzımanlarda motor devri ile araç hızı birbirine bağlıdır ve vites değişim algoritması devir üzerinden gerçekleşir. CVT şanzımandaki bu farklılığın sebebi ise sahip olduğu kasnak yapısıdır. Kasnak yapısının değişmesi ile oluşan tork aktarımı hızlanmayı sağlamaktadır. Ayrıyeten sürücü kontrollü vites değişimi de yapılmaktadır. Motor devrinde meydana gelen dalgalanma CVT şanzımanlı araçlarda daha stabil olduğu için daha iyi yakıt tasarrufu ve performans sağlar.

CVT şanzımanların yakıt tüketimi açısından iyi olmasına rağmen şanzımanın verimliliği %84,2 seviyelerindedir(Kluger ve Long 1999).



Şekil 2. 13. CVT Şanzıman Sistem İç Yapısı(Pepper 2014)

CVT şanzıman tasarımı vitesleri tamamen ortadan kaldırır. Vites yerine tek kayış ile bağlı iki kasnak vardır. Kasnaklardan biri motordan aldığı tahrik ile döner. Diğer kasnak ise şanzımanın geri kalan kısmına tekerleklere bağlanır. CVT şanzımanın farklılığı kasnakların küçükten büyüğe değişebilmesi ve aralarında sonsuz boyutların olmasıdır.



Şekil 2. 14. CVT Şanzıman Kasnak Yapısı

### 2.2.6. EDC Şanzıman (Efficient Dual Clutch)

EDC şanzımanı Renault'un otomobil sektöründe geliştirdiği bir şanzıman türüdür. 6 vitesli EDC şanzıman debriyaj pedalı ihtiyacını ortadan kaldıran otomatik çift kuru

kavramalı şanzıman çeşididir. Araç için uygun vites elektronik kontrol ünitesinden otomatik olarak seçilir. İkili kavrama sistemi ile çalışan şanzımanda ilk kavrama 1, 3 ve 5, ikinci kavrama ise 2, 4, 6 ileri vitesleri için çalışır. EDC, DSG, CVT, TCT, Robotize, Manuel şanzımanlı araçlarda tork konvertörü bulunmaz. EDC şanzımanlı araçlarda vites seçimi yol şartları, sürücünün uyguladığı gaz ve motorun gücünün optimize edilmesi sonucu otomatik olarak uygulanır. Çift kavrama yapısına sahip olan şanzıman türleri bir manuel şanzıman gibi gücü doğrudan motordan iletir. Bu nedenle güç aktarım kaybını en aza indirerek yakıt verimliliğini de artırabilir(Kim ve ark. 2020).

### **2.2.7. TCT Şanzıman (Twin Clutch Transmission)**

Alfa Romeo otomotiv markasının geliştirmiş olduğu otomatik şanzımandır. Çift kavramalı şanzıman yapısına sahip olan TCT, araçların vites geçişlerini seri şekilde gerçekleştirmektedir. Araç gerektiğinde en yüksek performansı karşılayacak ve en az yakıt tüketimini gerçekleştirmek üzere geliştirilmiştir. Vites değişimleri otomatik veya manuel olarak kontrol edilebilmektedir. Debriyaj elektro-hidrolik sistemler aracılığı ile kontrol edilir(Mashadi ve ark. 2015).

Otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılan şanzıman çeşitleri detaylı şekilde anlatılmıştır. Manuel ve otomatik şanzımanların özelliklerinin birleştirilmesi ile otomatikleştirilmiş manuel şanzıman vites değiştirme bileşenleri geliştirilmiş ve araç üzerinde uygulanmıştır. Yakıt tüketiminin otomatik modda vites değiştirme bileşenleri ile optimize edilmesi çalışmaya özgünlük katmıştır. Optimize edilen parametre değerleri manuel modda kullanım içinde rehberlik etmektedir. Otomatikleştirilmiş manuel şanzıman sistemi mekanik ve elektronik olmak üzere iki grupta incelenir. Mekanik kısımda kavrama yapısı, vites değiştirme bileşenleri ve dişliler bulunmaktadır. Elektronik kısımda ise vites değiştirme bileşenlerine bilgi akışı sağlayan, sensör değerlerini okuyup şanzıman mekanizmasını kontrol eden şanzıman kontrol ünitesi bulunur. Gerçek ortam ve gerçek verilere dayanarak vites değiştirme bileşenlerinin yakıt tüketimi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Vites değişimleri sürücünden bağımsız şekilde şanzıman kontrol ünitesi tarafından kontrol edilir. Vites değişimlerinin sürücünden bağımsız olması sürücü kaynaklı arızaların önüne geçerek yakıt sarfiyatını da önemli ölçüde düşürmektedir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

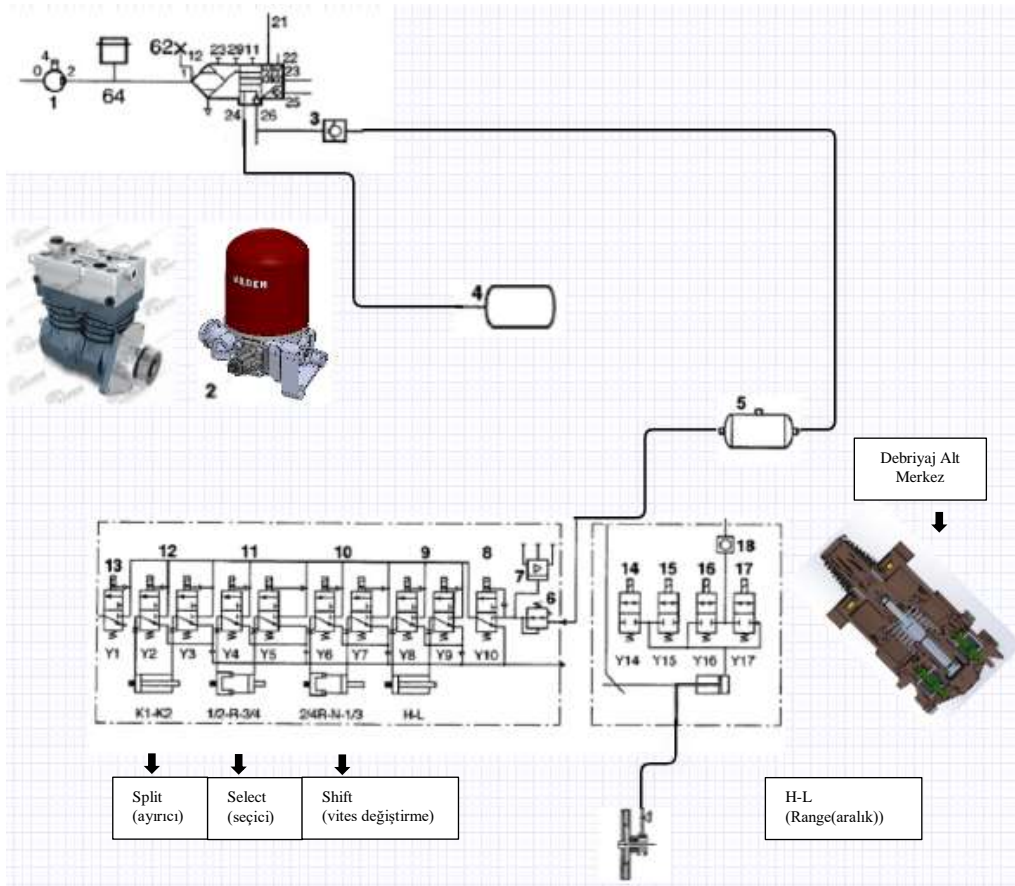
Bu bölümde vites değişimini otomatik olarak kontrol eden sistemin geliştirilmesine yönelik yapılan çalışmalar ele alınmıştır. Geliştirilen otomatikleştirilmiş manuel şanzıman bileşenlerinin tasarım çalışmaları, kullanılan malzemelerin analizleri ve detaylı şekilde açıklanmıştır.

#### 3.1. Otomatikleştirilmiş Manuel Şanzıman Sistemleri

İkinci bölümde anlatıldığı üzere otomotiv sektöründe farklı çalışma prensiplerine sahip şanzımanlar bulunmaktadır. Bütün şanzımanların genel fonksiyonu motordan aldığı gücü tekerleklerle iletmektir. Şanzımanların görevlerinin aynı olmasına rağmen sistemlerin birbirlerine göre farkı vites değişiminin manuel veya otomatik olarak gerçekleşmesidir. Viteslerin kontrolünün sürücüye bağlı olmasının dezavantajı kavrama yapısının açık kalma süresince motor torkunda düşüşün yaşanmasıdır. Özellikle ağır vasıtalarda araç seyir halinde iken vites geçişlerinin çok seri olması gerekmektedir. Sebebi ise aracın taşıdığı yük miktarına bağlı olarak vites değişimi sırasında tork kaybından oluşan titreşim ve yığılmanın meydana gelmesidir. Bu gibi negatif durumlar sürüş konforu ve yakıt tasarrufu açısından olumsuzluklar meydana getirir.

Vites geçiş kontrolünün sürücüye bırakılmaksızın aracın vites değişiminin otomatik kontrol edildiği sistem geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem Mercedes Axor 1840 ağır vasıta şanzımanına entegre edilerek optimum vites geçiş parametreleri belirlenmiştir. Çalışmada ki amaç vites geçiş süresini en aza indirerek sürüş konforu ve yakıt tasarrufu sağlamaktır. Araç şanzımanı için aşağıdaki temel gereksinimler uygulanmaktadır.

- Aracın yüksek çekiş ve dinamik özelliklerinin sağlanması
- Yüksek verim
- Minimum boyutlar ve ağırlık
- Yüksek operasyonel güvenilirlik
- Basitlik ve yönetim kolaylığı
- Yapımın üretilebilirliği
- Düşük bakım
- Sürdürülebilirlik



Şekil 3. 1. Şanzıman Bloğuna Ait Pnömatik Diyagram

Şekil 3.1. de G211-12 şanzıman bloğuna ait Elektropnömatik diyagram verilmiştir. Vites değiştirme bileşenleri G211-12 şanzıman bloğu üzerinde uygulanmıştır. Şekilde verilen bloklara ait açıklamalar aşağıdaki gibidir;

1. Hava Kompresörü: Aracın hava ihtiyacı motorla birlikte çalışan hava kompresöründen karşılanır. Ağır vasıtalarda araçların çalışma durumuna göre farklı hacimlerde hava kompresörleri mevcuttur.
2. Hava Besleme Ünitesi: Kurutucu tahliye valfi filtre yapısı sayesinde üretilen havadan su, yağ partikülleri gibi araca zarar verecek kısımlar temizlenir. Hava besleme ünitesi havanın temizlenme işleminden sonra ilgili sistemlere aktarılmasını sağlar.
3. Çek Valf: Havanın tank içindeki kontrolünü sağlayarak hava besleme ünitesine geri dönüşü kapatır.
4. Hava Tankı: Üretilen hava bu tanklarda depolanır. Depolanan hava ise vites geçişlerinde sabit basıncı sağlamak için önemlidir.

5. Ek Hava Tankı: Araç üzerinde birden fazla ek hava tankı bulunur ve sistemler tek hava ünitesine bağlı kalmaz. Her sisteme hava akışı sağlayan bir tank ünitesi bulunur.
6. Basınç regülatörü: Ağır vasıta kompresörleri hava tanklarına 8-12,5 bar hava depolamaktadır. Şanzıman sistemi için gereken basınç regülatör üzerinden ayarlanır. Çalışma basıncının ayarlanması şanzımanın zarar görmesini engeller.
7. Basınç Sensörü: Şanzıman bileşenlerini besleyen hava basıncının ölçülmesinde kullanılır.
8. Hava Alıcı Ana Valf: Hava yönlendirmesini sağlayan kısımdır.
9. Seçici Valf: Aralık modülü vites değiştirme bileşenidir ve seçici valf aralık seçimini sağlayan bölümü ifade etmektedir.
10. Vites değiştirme silindiri seçici valf: Şanzıman vites değiştirme miline hareket sağlayan parçaya ait yapıyı temsil etmektedir.
11. Seçici Valf: Dişli seçim kontrolü için kullanılır.
12. Seçici Valf: Vites geçişlerinde dişli ayrılma kontrolü için kullanılır.
13. Seçici Valf: Şanzıman fren kontrolünü sağlamaktadır.
14. Debriyaj Seçici Valf: Debriyajın hızlı şekilde devreye girmesini sağlamaktadır.
15. Debriyaj Seçici Valf: Debriyajın yavaş şekilde devreye girmesini sağlamaktadır.
- 16, 17, 18. valf grupları debriyaj seçimini sağlayan kısımlardır. Şekil 3.1. de kesiti alınmış görüntü kavrama kontrolünü sağlayan debriyaj alt merkez mekanizmasıdır.

### 3.2. Şanzıman Bileşenlerine Ait Tasarım Çalışmaları

Mercedes Axor G211-12 şanzımanı toplam 16 vites kademesinden oluşmaktadır. 16 vites kademesinde 12 ileri yön kontrol ve 4 geri yön kontrolü bulunmaktadır. Çizelge 3.1. de Mercedes Axor 1840 ağır vasıta araca ait dişli oranları verilmiştir.

Aracın hız ve tork kontrolü vites değişimleri sırasında dişliler arasındaki oranlar ile sağlanır. Motor torku ile araç hızı ters orantılıdır. Sebebi ise aracın sağlayabileceği maksimum güç sabittir. Maksimum güce nominal tork seviyesinde ulaşıldıktan sonra hızın artması ile maksimum güç sabit kalacağı için tork azalacaktır. Aracın hızlanması ile tork düşer ve araç vites değişme ihtiyacı duyar. Motor torkunun en yüksek olduğu durum, dişliler arasındaki oranın en yüksek olduğu anda görülmektedir (Roos ve Wikander 2006).

**Çizelge 3. 1.** G211-12 Şanzıman Dişli Oranları

Dişli Numarası	Dişli Oranı, :1
1.	14,93
2.	11,67
3.	9,93
4.	7,06
5.	5,63
6.	5,37
7.	3,39
8.	2,65
9.	2,05
10.	1,6
11.	1,28
12.	1
R1	14,93
R2	11,67
R3	3,39
R4	2,65

### 3.2.1. Üç Konumlu Vites Değiştirme Silindiri

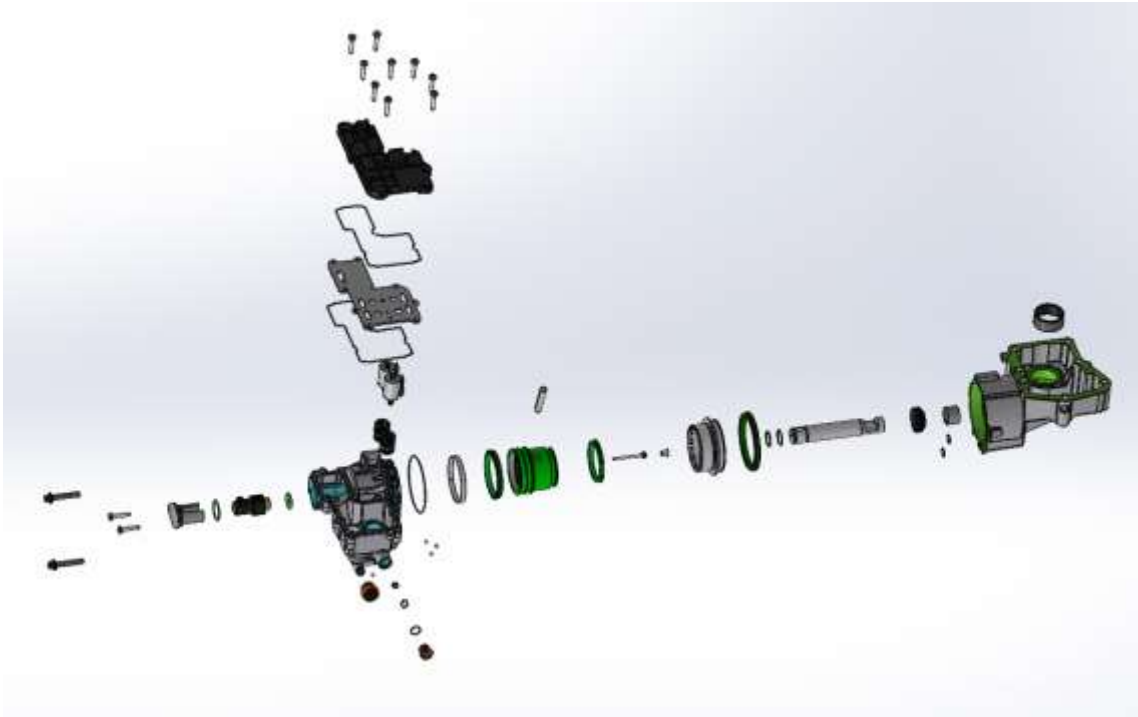
Mekanizma şanzıman üzerine entegre edilerek yapısında bulunan piston mekanizması ile vites değiştirme piston yapısına hareket sağlamaktadır. Piston mekanizması pnömatik olarak kontrol edilmektedir. Sistemde hava akışı ile kontrol sağlandığı için hidrolik sistemlerde olduğu gibi kirlilik meydana gelmemektedir. Sistemin pnömatik olarak kontrol edilmesi kullanılabilirlik yönünden kolaylık sağlamaktadır.

Hava ihtiyacı ağır vasıtalarda hava kompresörü yoluyla sağlanır. Motora entegre halde çalışan hava kompresörleri ağır vasıtalarda özellikle fren sistemleri için kritik önem taşımaktadır(Aydiner ve Ünüvar 2019). Hava kompresörleri üretmiş olduğu basıncı araç üzerinde farklı tanklara dağıtıcı vasıtasıyla depoladıktan sonra alt bileşenler hava ihtiyaçlarını bu tanklardan karşılar. Vites değiştirme silindirine sağlanan havada bu döngü içerisinde gerçekleşir.

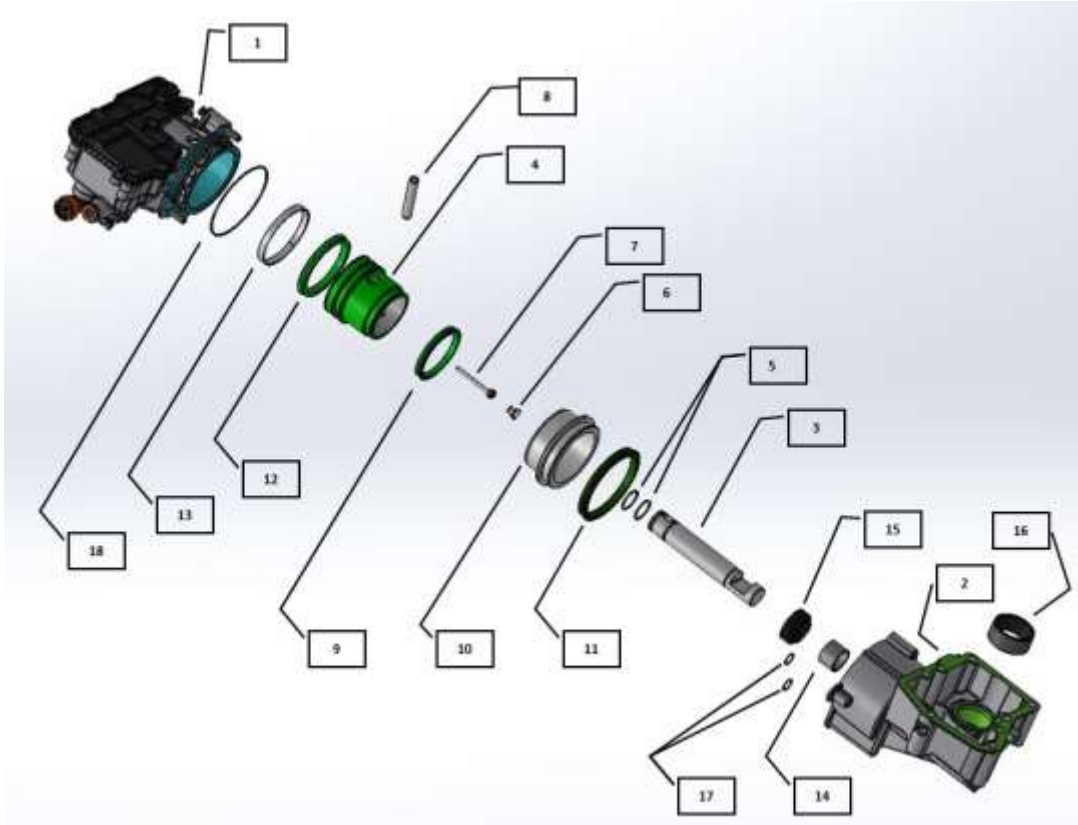
Üç konumlu vites değiştirme silindiri bir döngü içerisinde dört vitesi kontrol etmektedir. Araç 4'üncü vites durumuna geldiği anda aralık kontrolünü sağlayan sistem devreye girerek kademe atlatılır. Beşinci vitesin aktif olması için aralık belirleyici("Bölüm 3.2.2.") şanzıman bileşeni devreye girerek şanzıman iç mekanizmasında vites değişim kademesine yön verir. Vites değişim kademesinin hareketi

ile ikinci döngü başlayarak üç konumlu vites değiştirme silindiri tekrar devreye girer. Vites değişim senaryosu bu döngü içerisinde ilerleyerek 12 ileri, 4 geri vites kontrolü sağlanır.

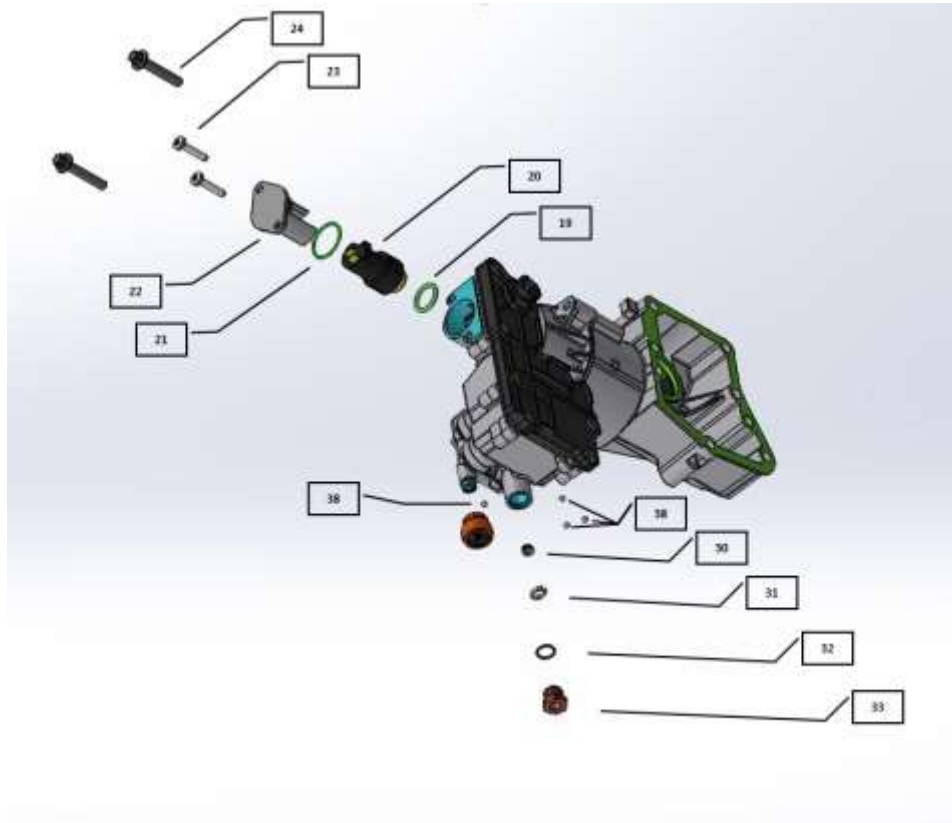
Pnömatik sistemin bileşenler üzerinde çalışabilmesi için havaya yön veren bir sistemin olması gerekmektedir. Hava yön kontrolü ise bileşenler içerisinde bulunan solenoidler ile sağlanır. Silindir mekanizması ve kademe aktarımı yapan mekanizmalar içerisinde iki adet solenoid bulunmaktadır. Solenoid kontrolü TCM üzerinden gelen sinyaller ile gerçekleşir.



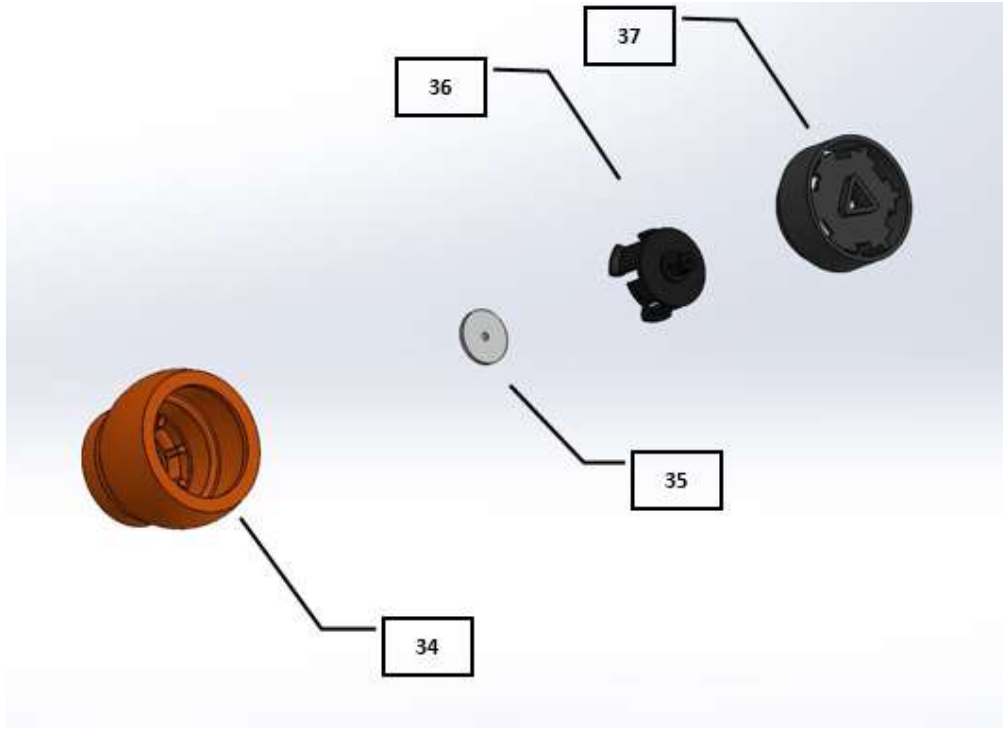
Şekil 3. 2. Üç Konumlu Vites Değiştirme Silindiri Patlatılmış Görüntüsü



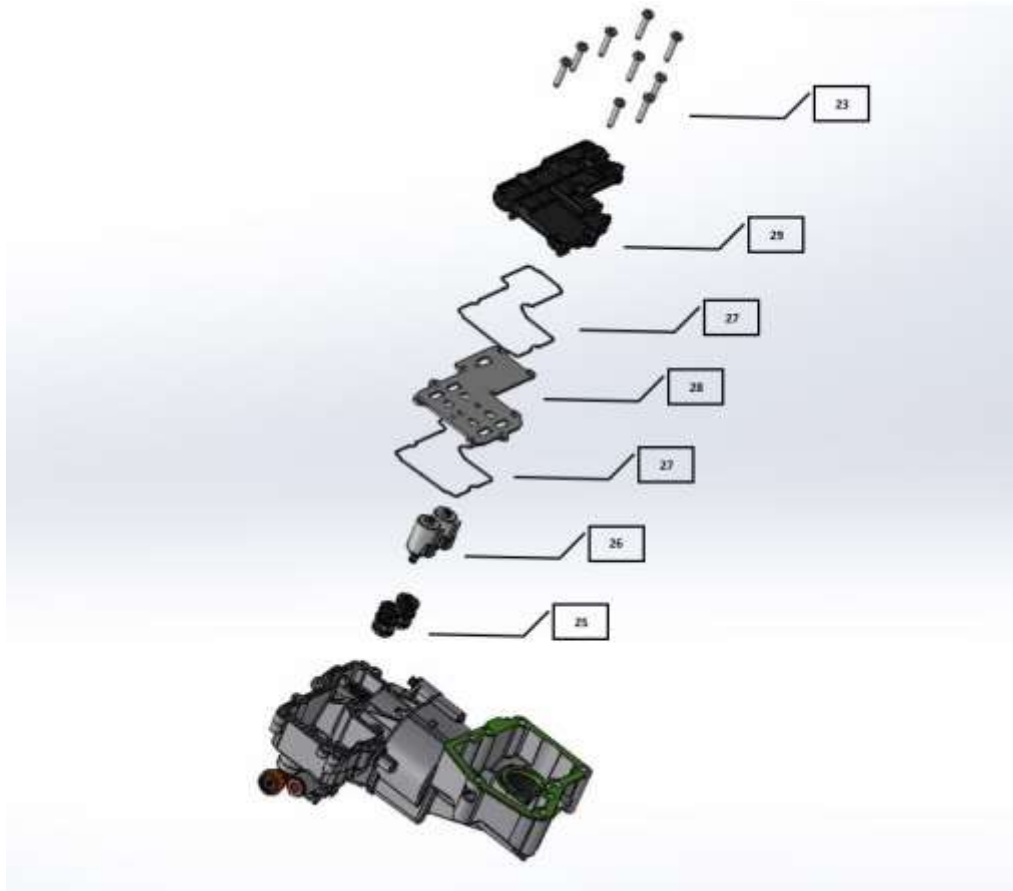
Şekil 3. 3. Üç Konumlu Vites Değişirme Silindir Gövdesi Patlatılmış Görüntüsü



Şekil 3. 4. Üç Konumlu Vites Değişirme Silindiri Bağlantı Elemanları ve Mesafe Sensörü Patlatılmış Görüntüsü



Şekil 3. 5. Üç Konumlu Vites Değiştirme Silindiri By-Pass Portu Patlatılmış Görüntüsü



Şekil 3. 6. Üç Konumlu Vites Değiştirme Silindiri Solenoid Patlatılmış Görüntüsü

Şekil 3.2. de üç konumlu vites değiştirme silindirine ait patlatılmış görünüm verilmiştir.

“1” ve “2” numaralı bileşenler vites değiştirme silindirine ait ana gövdeyi oluşturmaktadır. “1” ve “2” numaralı parçalar araç şanzımanına doğrudan temas eder ve araç üzerinde dış konumda olduğu için kritik derecede öneme sahiptir.

“3” numaralı parça vites değiştirme adımını sağlayan ve piston mekanizması olarak çalışan kısımdır. Parçanın üst kısmında bulunan kesit şanzıman üzerinde bulunan mil ile birlikte çalışır. Silindirin hareket etmesi ile şanzıman üzerinde bulunan mil, vites koluna hareket sağlar. Sağlanan hareket vitesin değişimini gerçekleştirir.

“4” numaralı parça “3” numaralı silindirin sabitlendiği mekanizmadır. “4” numaralı mekanizma “1” numaralı parça içerisinde hareket eder. Hareketi ise solenoidlerin aktif olması ile sağlanan hava gerçekleştirir. Silindir ile “4” numaralı parçanın birlikte hareket etmesini “8” numaralı pim sağlamaktadır. “5” numaralı parçada bulunan oringler ise silindir üzerinde bulunan oring yuvalarına yerleştirilir.

“6” ve “7” numaralı parçalar vites değiştirme silindirinin konum değerini ifade edebilmek amacı ile mesafe sensöründe kullanılan manyetik özelliğe sahip Invar-36 malzeme yapısında olan mili temsil etmektedir.

“10” numaralı parça ve “4” numaralı parça birbirleri ile iç içe çalışmaktadır. 10 numaralı parçanın çalışma bölgesi kısıtlı şekildedir. Kısıtlı olmasının sebebi ise aracın N(boş) konumunda olmasını sağlamaktır.

“9, 11, 12, 13, 18, 19, 21” numaralı parçalar sızdırmazlığı sağlamak amacı ile kullanılan keçe ve oring yapılarıdır.

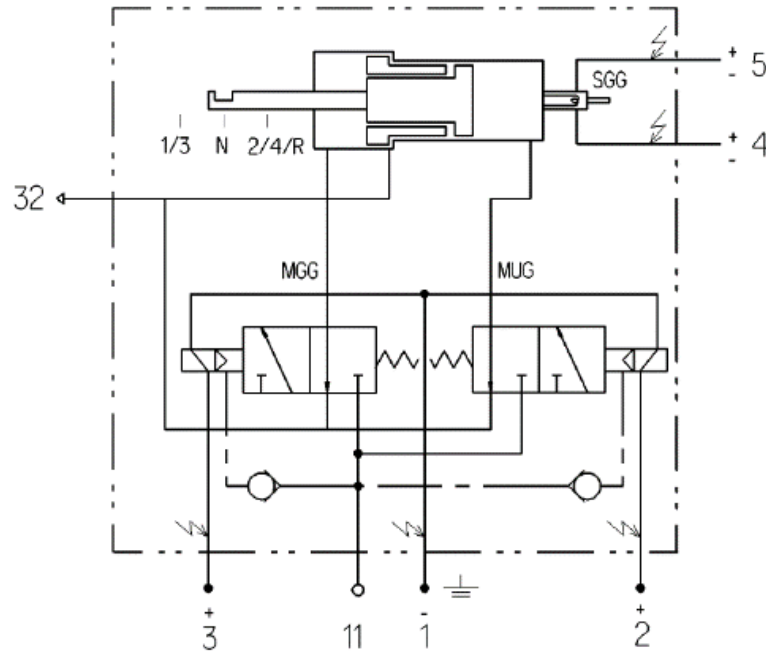
“20” numaralı parça mesafe sensörünü temsil etmektedir. Silindir hareketine göre değişen indüktans değeri aracın vites değişim kontrolünde kritik önem taşımaktadır. Mesafe sensörü vites değiştirme silindirinin konumuna göre TCU ‘ ya bilgi akışı sağlamaktadır. Sensörün 1 numaralı ana gövde üzerine sabitlenmesi için “22” numaralı koruyucu kapak ve “23-24” numaralı parçalar kullanılır.

“26” numaralı parçalar solenoidleri ifade etmektedir. Üç konumlu vites değiştirme silindirinde iki adet solenoid bulunmaktadır. Solenoidlerin tetiklenme durumuna göre silindir ileri-geri ve orta konumda hareket etmektedir.

“25” numaralı parça ile “26” numaralı parça(solenoid) birbiri ile “1” numaralı parça içerisinde senkronize çalışır. Solenoidin tetiklenmesi durumunda “25” numaralı parça içerisinde bulunan yay mekanizması hareket eder. Yayın hakaret etmesi hava geçiş hattını açarak silindirin hareket etmesini sağlar.

“29” numaralı parça plastik malzeme olup elektrik devresinin bulunduğu kısımdır. Mesafe sensörü ve solenoidlerin bağlantısı bu kart üzerine yerleştirilmiştir. Kartın üzerinde bulunan soket TCM ünitesine bilgi akışı sağlar ve TCM ünitesinden aldığı komutu solenoidlere iletir.

“23, 27, 28” numaralı parçalar sabitlemek ve sızdırmazlık için kullanılır.

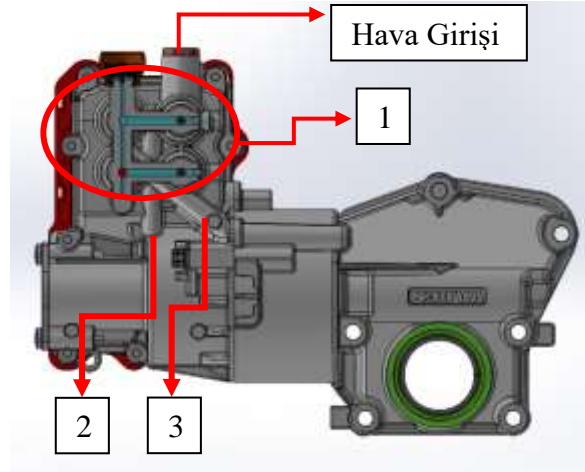


Şekil 3. 7. Elektromekanik Sistem Şeması

Şekil 3.7. de elektromekanik sistem şeması verilmiştir. SGG(Sensor Korridor Gangwahl) mesafe sensörünü ifade etmekte olup indüktans değerleri “4,5” numaraları portlardan okunmaktadır. MGG(Magnetventile ‘Transfer’) ve MUG(Magnetventile ‘Transfer’) solenoidleri ifade etmektedir. Şekilde de görüldüğü üzere 1/3 vites kontrolü MUG, 2/4/R vites kontrolü MGG tarafından sağlanmaktadır. Her iki solenoidin tetikli olma durumunda ise silindir N konumdadır. SGG, MGG, MUG olarak adlandırılan solenoidler ve mesafe sensörü araç beyninde bu kod üzerinden tanımlıdır. Değerler arıza tespit cihazında incelenirken bu değişkenler referans alınır.

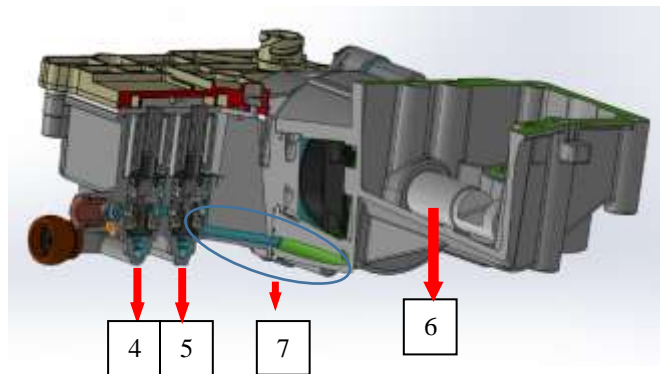
“34, 35, 36, 37” numaralı parçalar by-pass mekanizmasını ifade etmektedir. Silindirin hareket etmesi ile hareket yönünde bulunan havanın tahliye edilmesi gerekmektedir. Silindir hareketlerinde sıkışan hava bu kısımdan tahliye edilerek sistemin kontrollü çalışması sağlanır.

### 3.2.1.1. Üç Konumlu Vites Değişirme Silindiri Çalışma Prensibi



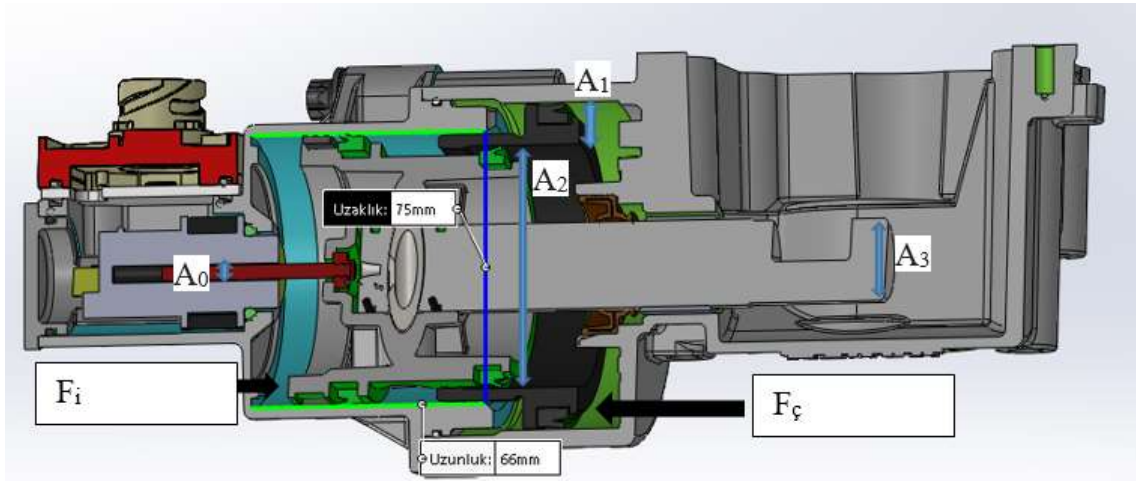
Şekil 3. 8. Ürün Hava Geçişlerinin Tanımlanması

Şekil 3.8. de ürüne ait bir kesitten görüntü alınmış olup hava giriş portu ve tahliye(1) hava geçiş hatları tasarım üzerinde belirtilmiştir. Hava giriş portu araç motoru ile birlikte çalışan kompresör tarafından beslenir. Sabit 8 bar basınçlı hava silindir hareketini sağlamak için sisteme belirtilen porttan dahil edilir. Vites geçiş durumlarında atmosfere verilmesi gereken hava 1 numaralı bölgede bulunan mavi alandaki hattı takip ederek tahliye edilir. Vites değiştirme silindirine ileri(2)-geri(3) hareketini sağlayan hava akış hattı Şekil 3.8. de “2” ve “3” numaralar ile ifade edilmiştir.



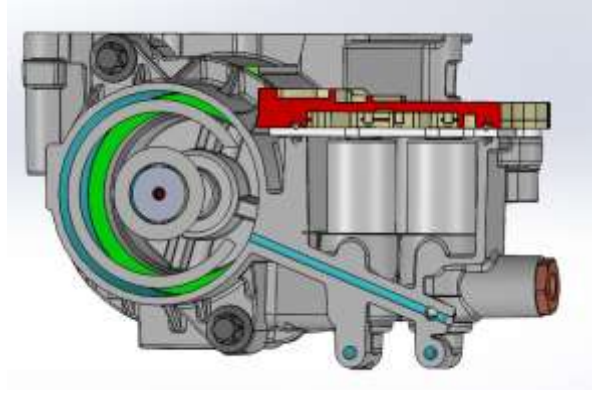
Şekil 3. 9. Vites Değişirme Silindirine Hareket Sağlayan Yapı

Şekil 3.9. da vites değiştirme silindirine hava akışını sağlayan solenoidlerin ürün üzerinden kesit görünümü verilmiştir. “6” numaralı parça vites değişimini sağlayan vites değiştirme silindirini temsil etmektedir. “4” numara ile belirtilen kısım silindire ileri hareket sağlayan hattı kontrol eden solenoidi ifade eder. Solenoid TCM üzerinden gelen vites değişim sinyali ile tetiklenerek hava geçişini silindire yönlendirir. Şekil 3.7. de gösterilen sistem şemasında MUG yani Şekil 3.9. da 4 numara ile ifade edilen solenoidin tetiklenmesi ile vites değiştirme silindiri 1/3 konumunda hareketini tamamlar. Şekil 3.9. da “5” numara ile gösterilen kısım ise vites değiştirme silindirinin geri konumda kalmasını sağlayan solenoidi ifade eder. “5” numara ile ifade edilen solenoidin tetiklenmesi ile hava akışı “7” numaralı hat üzerinden sağlanır. Şekil 3.7. de MGG ile ifade edilmiştir. Her iki solenoidin tetikli olması durumunda vites değiştirme silindiri N konumunda sabit kalır. Herhangi bir vites değişim komutu gelme anına kadar her iki solenoid hava geçişlerini kontrol ederek vites geçişini engeller.



**Şekil 3. 10.** Vites Değiştirme Silindirine Hareket Sağlayan Yapı

Şekil 3.8. de hava giriş portu ile ilgili bilgi verilmiş olup 8 bar basınç ile sisteme besleme sağlandığı ölçülmüştür. Şekil 3.10. da mekanizmanın iç kesiti gösterilmiştir.



Şekil 3. 11. Vites Değiştirme Silindiri Hava Geçiş Hattı

Mekanizmada görüldüğü üzere silindirin 1/3 konumunda hareket sağlayabilmesi için havanın Şekil 3.11. de gösterildiği üzere mavi bölgeden parçaya temas etmesi gerekmektedir. Havanın temas ettiği bölgenin çapı 75 mm'dir. Silindir 2/4/R konumundan harekete başlayarak 1/3 konumuna kadar toplam 40 mm hareket eder. Silindir 1/3 konumunda iken uygulanan kuvvet eşitlik 1'deki gibidir;

$$\Delta F_i = P \times (A - A_0) \quad (1)$$

$F_i$ , Uygulanan İtme Kuvveti(N),

( $A$ ,  $A_0$ ), Kesit Alanı ( $\text{mm}^2$ ),

$P$ (Ürün Hava Giriş Basıncı)= 8 Bar,

$D=75\text{mm}$

$D_0=4\text{mm}$ ( mesafe sensör mil çapı)

$$A - A_0 = \frac{\pi \times (D^2 - D_0^2)}{4} \quad (2)$$

$$A - A_0 = 4402\text{mm}^2$$

$$P=8 \text{ bar}=0.8 \text{ N/mm}^2$$

$$F_i = 3521\text{N}$$

Mekanizma içerisindeki silindirin 1/3 konumundan 2/4/R konumuna hareket edebilmesi için hava girişinin yeşil bölgeden sağlanması gerekmektedir. Yeşil bölgeye hava girişinin sağlanması ile mekanizmaya uygulanan  $F_c$  eşitlik 3'deki gibidir;

$$F_{\zeta} = P_1 \times A_1 + P_2 \times A_2 - P_3 \times A_3 \quad (3)$$

$$P = P_1 = P_2 = 8 \text{ bar} = 0.8 \text{ N/mm}^2$$

$$A_1 = 2835 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = 2055 \text{ mm}^2$$

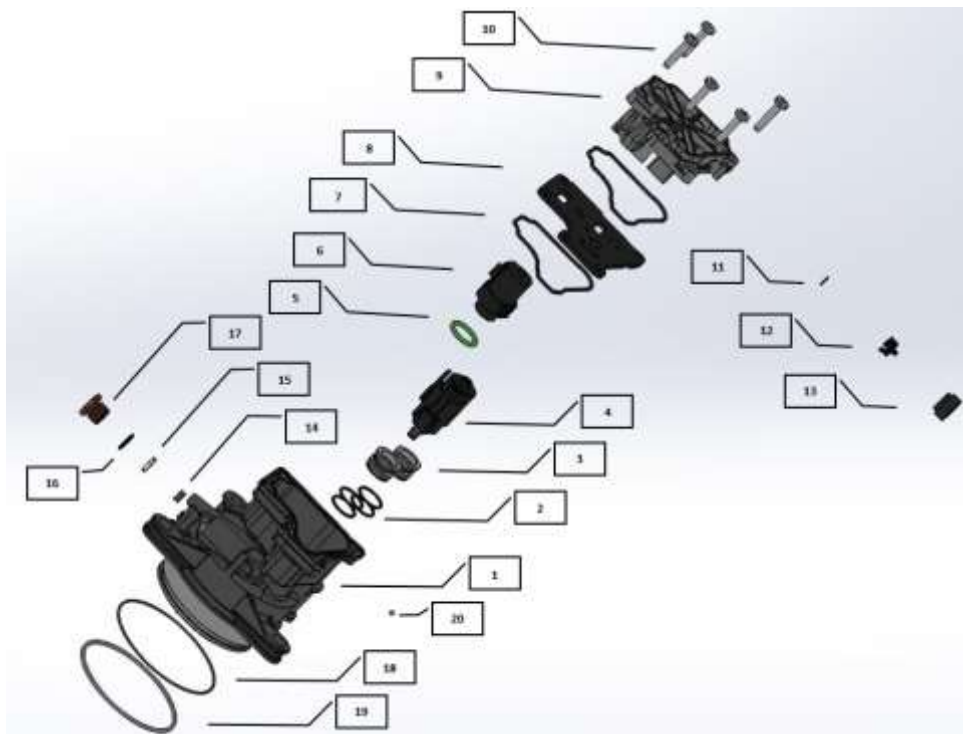
$$A_3 = 490 \text{ mm}^2$$

$$F_{\zeta} = 3520 \text{ N}$$

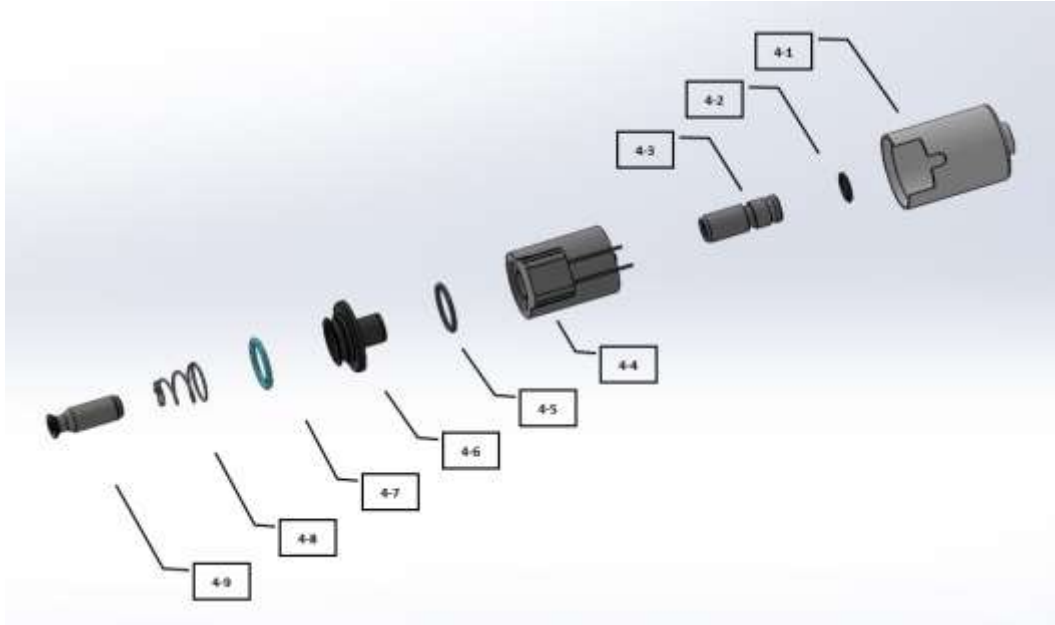
Vites değiştirme silindirine ait kuvvet hesaplamaları yukarı verilmiştir. Her iki solenoidin tetikli olma durumunda silindirin N konumunda kalabilmesinin sebebi karşılıklı kuvvetlerin eşit olmasından dolaydır. Sistem içerisinde basınç aynı olmasına rağmen basıncın etki ettiği yzey alanları farklıdır. Bu yzden kademeli olarak kuvvet hesabı yapılmıştır.

### 3.2.2. Aralık Modülü

şekil 3.12. de vites değişimi esnasında kademe geçişlerini sağlayan parçaya ait patlatılmış görünüm verilmiştir.



şekil 3. 12. Aralık Modülü Patlatılmış Görüntüsü



Şekil 3. 13. Aralık Modülü Solenoid Patlatılmış Görüntüsü

Şekil 3.2. de tanımlanan üç konumlu vites değiştirme silindiri ile senkronize çalışan aralık modülü, şanzımanın yan tarafına entegre edilmiştir. Şanzıman içerisinde bulunan vites değiştirme milinin hareketi ürün içerisindeki çift solenoid tetiklemeleri ile gerçekleşir. Şekil 3.13. de “4” numaralı parça solenoid ifade etmektedir. Solenoidlerin aktif olması, aracın hareket halindeki değerlerine göre TCM tarafından gönderilen sinyaller ile sağlanır.

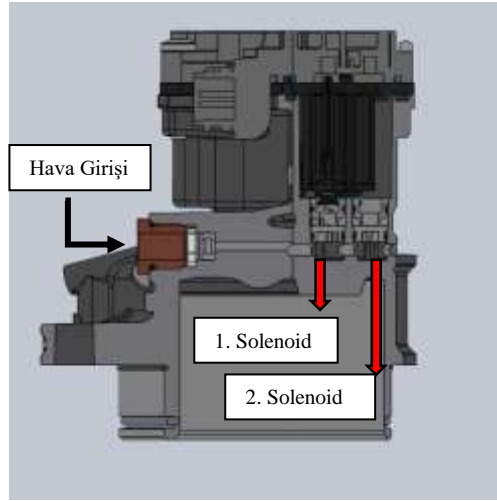
Vites değiştirme silindirine göre ürün yapısı daha basit şekildedir. Ürün tek gövde yapısından meydana gelir. “1” numara ile ifade edilen parça ürünün gövdesini temsil etmektedir. Vites değiştirme silindirinde olduğu gibi şanzıman üzerinde olduğu için çevresel faktörlere karşı dayanıklı yapıda olmak zorundadır.

“2, 5, 7, 16, 18, 19” numaralı parçalar sızdırmazlığı sağlamak amacı ile kullanılan oringleri temsil etmektedir.

“3” numaralı parça ile “4” numaralı parça(solenoid) birbiri ile “1” numaralı parça içerisinde senkronize çalışır. Solenoidin tetiklenmesi durumunda “3” numaralı parça içerisinde bulunan yay mekanizması hareket eder. Yayın hakaret etmesi hava geçiş hattını kontrol ederek vites kademe seçiminin tamamlanmasını sağlar.

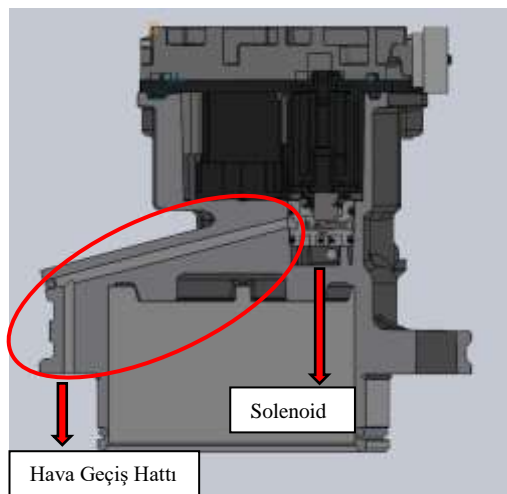
“4” ve “4” numaraya ait alt kırılımlar solenoid yapısını oluşturur. Ürün içerisinde iki adet solenoid bulunur. Solenoidlere verilen enerji ile vites değiştirme miline hareket sağlanır. “6” numaralı parça mesafe sensörünü temsil etmektedir. Şanzıman vites değiştirme milinin hareketine göre değişen indüktans değeri aracın vites değişim kontrolünde kritik

önem taşımaktadır. Mesafe sensörü mil konumuna göre TCU ‘ ya bilgi akışı sağlamaktadır. “8, 9, 10, 30” numaralı parçalar sabitlemek ve sızdırmazlık sağlamak amacı ile kullanılır. “11, 12, 13” numara ile ifade edilen kısımlar tahliye mekanizmasını oluşturan plastik (naylon6) malzeme yapısına sahip parçalardır. “14, 15, 16, 17” numaralı kısımlar hava giriş portunu oluşturan parçaları ifade etmektedir.



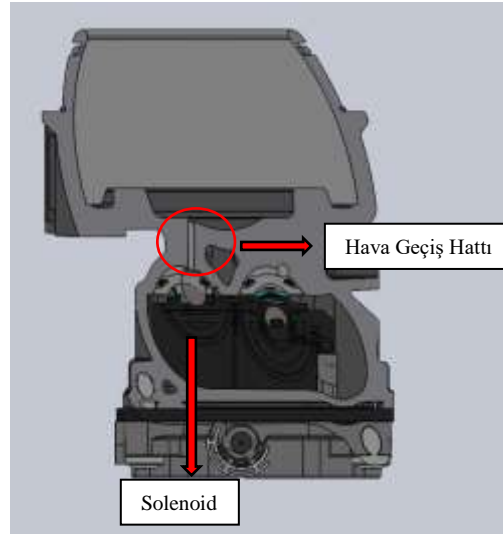
Şekil 3. 14. Hava Giriş Hattı ve Solenoid Tetik Kontrolü

Şekil 3.14. de ürüne ait hava giriş portunun ve solenoidlerin kesit görünümü verilmiştir. Ürün hava beslemesini Şekil 3.1. de ifade edildiği üzere araç üzerinde motor ile senkronize çalışan hava kompresöründen sağlamaktadır(Aydiner and Ünüvar 2019). “1” ve “2” numaralı solenoidlerin tetiklenmesi ile havanın geçiş sağladığı hatlar Şekil 3.15. ve Şekil 3.16. da gösterilmiştir.



Şekil 3. 15. Aralık Modülü İleri Hava Geçiş Hattı

Vites değiştirme sırasında kademe geçişlerinin sağlanabilmesi için Şekil 3.14. de belirtilen ‘‘1’’ ve ‘‘2’’ numaralı solenoidlere TCM üzerinden sinyal bilgisi gerekmektedir. TCM üzerinden gelen sinyalin Şekil 3.15. de belirtilen solenoidi aktif etmesi ile hava akışı kırmızı bölgedeki hat üzerinden kademenin(şanzıman mili hareketi) artırılmasını sağlar. Kademe artırılması ile vites değiştirme silindiri tekrar işlevine devam eder.



Şekil 3. 16. Aralık Modülü Geri Hava Geçiş Hattı

Şekil 3.15. de şanzıman iç kısmında bulunan ve aralık modülü ile senkronize çalışan piston mekanizmasının ileri hareketi kademe artışı olarak ifade edilmiştir. Kademe artışının negatif yönde işlevini tamamlayabilmesi için Şekil 3.16. da belirtilen hava geçiş hattı üzerinden hava akışının sağlanması gerekmektedir. Şekil 3.16. da ifade edilen solenoide TCM üzerinden sinyal iletilmesi ile hava akışı kırmızı bölgede bulunan hava hattına aktarılarak hareket tamamlanır. Piston mekanizmasına hareket sağlamak için havanın temas ettiği yüzeyin çapı 90 mm’dir. Hareket sırasında iletilen kuvvet aşağıdaki gibidir;

$$\Delta F_i = P \times (A - A_0) \quad (4)$$

(A, A<sub>0</sub>), Kesit Alanı(mm<sup>2</sup>),

F<sub>i</sub>, Uygulanan İtme Kuvveti(N),

D=90mm

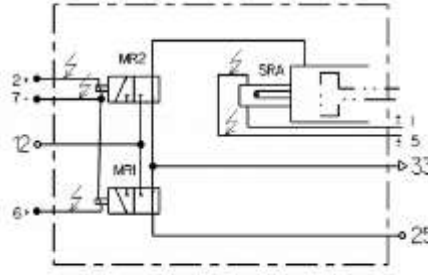
D<sub>0</sub>=4mm( mesafe sensör mil apı)

Aralık modülünde uygulanan itme kuvvetini hesaplamak amacı ile  $A-A_0=(\pi \times (D^2 - D_0^2))/4$  formülü kullanılmıştır. Havanın ürün içerisinde temas ettiği dik alandan mesafe sensör milinin havaya temas ettiği alan çıkarılarak toplam alan hesaplanmıştır.

$$A - A_0 = 6345,5 \text{ mm}^2$$

$$P = 8 \text{ bar} = 0.8 \text{ N/mm}^2$$

$$F_i = 5076 \text{ N}$$



Şekil 3.17. Elektromekanik Sistem Şeması

Şekil 3.17. de aralık mekanizmasına ait elektromekanik sistem şeması verilmiştir. Sistemde iki adet solenoid bulunmakta olup hava yön kontrolünü sağlamaktadır. Solenoidlerin tetiklenmesi ile şanzıman iç kısmında bulunan mil hareket ederek vites kademesi oluşturulur. Kademenin oluşması ile vites değiştirme silindiri tekrar devreye girer. Solenoid tetiklenmesi ile değişen milin konumu SRA(Sensor Gangwahl) kodu ile belirtilen mesafe sensörü tarafından ölçülmektedir. MR1(Magnetventile 'Range' 1), MR2(Magnetventile 'Range' 2) ve SRA araç şanzıman kontrol beynine bu kodlar ile tanımlı olup veriler bu değişken isimlerine göre tespit edilmektedir.

### 3.3. Malzeme Analizleri

Mekanik tasarım ve üretim esnasında malzemelere ait mekanik davranışların bilinmesi çok önemlidir(Aycan 2010). Başlıca mekanik özellikler aşağıdaki gibidir;

- Çekme/basma(tensile/compression)
- Sertlik(hardness)
- Darbe(impact)
- Kırılma(fracture)
- Yorulma(fatigue)
- Sürünme(creep)

Geliştirilen ürünler şanzıman üzerinde çalışacağı için sürekli olarak yüke ve titreşime maruz kalacaktır. Şanzıman iç yapısında dişli mekanizması olduğu için araç hareket halinde iken sıcaklık ortalama 50-90 °C seviyelerindedir. Araç dinamik hareketini tamamladıktan sonra ise şanzıman sıcaklığı ile birlikte geliştirilen ürünlerin sıcaklığında da düşüş meydana gelecektir. Bu şartlar göz önünde bulundurulduğu zaman ise doğru malzeme seçimi oldukça önemlidir.

Yapılan çalışmada çekme deneyinde mekanik özellik incelemesi yapılmıştır. ETIAL-140 alüminyum alaşımının mekanik özellikleri çekme deneyi yapılarak incelenmiştir. EN AC 46000 alüminyum alaşımının mekanik özelliklerinin ETIAL-140'a göre daha iyi olduğu tespit edilmiştir. EN AC 46000 alüminyum malzemesinin mikroyapısı incelendiği zaman şanzıman gövdesinde bulunan yağın araç kullanım durumuna göre değişen sıcaklık aralığı mikro yapıyı etkilememektedir.

Malzeme seçimi yapılırken çekme, sertlik, kırılma, yorulma, sürünme gibi mekanik özellikler göz önünde bulundurulmuştur.

Malzeme üzerinde uygulanan çekme/basma deneyleri metalik ve metalik olmayan malzemelerin statik yüke maruz kalma durumlarında mekanik özelliklerini tespit etmek amacı ile yapılmaktadır. Çekme ve basma işlemleri malzemelerin en temel mekanik özellikleri hakkında bilgi sağlaması sebebi ile malzeme davranışlarının tahmin edilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır(Mindivan 2017).

Sertlik ölçümlerinin amacı malzemelerin mukavemeti hakkında yorum yapılması içindir. Sertlik malzemelerin çevresel faktörlere (çizilme, kesilme, aşınma ve delinme) karşı gösterdiği dirençtir(Savaşkan 2017).

Malzemelerin darbe davranışları ve kırılım tokluğu tasarım aşaması için gereken önemli parametreler içerisinde yer almaktadır. Darbe deneyleri malzemenin kırılmasına sebep olabilecek şartlar altında çalışması sırasında mekanik özelliklerin belirlenmesi için kullanılır. Yapılan deneylerde öncelikle malzemenin dinamik yük altında kırılması için gereken enerji belirlenir(Albayrak ve Kaman 2019).

Zorlamaya maruz kalan malzemelerin mukavemeti azalır. Çekme mukavemetinin çok altında uygulanan gerilmeler kırılma oluşturabilir. Kırılmaya neden olan olay yorulma oluşumunun bir sonucudur(Yaylacı 2010).

Sürünme, yüksek sıcaklık ve sabit yüke maruz kalan malzemenin zamana bağlı olarak deformasyona uğraması olarak tanımlanmaktadır. Sürünmenin başlayacağı sıcaklık kullanılan malzeme bileşimine göre değişmektedir(Korkut 2017).

Alüminyum malzemeler özelliklerinden dolayı piyasada oldukça ilgi çekmektedir(Fridlyander ve ark. 2002). Alüminyum malzemelerin çelik malzemeye kıyasla daha hafif olması toplam ürün ağırlığında %40 ile %60 oranlarında kazanç sağlamaktadır(Delikanlı ve Durak 2006).

Bu sebeple çalışmada kullanılan malzeme türü alüminyum alaşımı olarak seçilmiştir.

**Çizelge 3. 2.** Üç Konumlu Vites Değiştirme Silindiri Ana Gövde Analizi

Meas.	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni
	%	%	%	%	%	%	%
	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.
1	8,90	0,714	2,18	0,225	0,179	0,0326	0,102
<b>W.Min</b>	<b>8,00</b>		<b>2,00</b>		<b>0,0600</b>		
<x>	8,90	0,714	2,18	0,225	0,179	0,0326	0,102
<b>W.Max</b>	<b>11,00</b>	<b>1,30</b>	<b>4,00</b>	<b>0,550</b>	<b>0,550</b>	<b>0,150</b>	<b>0,550</b>
Meas.	Zn	Ti	Pb	Sn	Mo	P	Al
	%	%	%	%	%	%	%
	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.
1	0,173	0,0427	0,0541	0,0194	0,0028	0,0013	86,7
<x>	0,173	0,0427	0,0541	0,0194	0,0028	0,0013	86,7
<b>W.Max</b>	<b>1,20</b>	<b>0,250</b>	<b>0,350</b>	<b>0,250</b>			

Çizelge 3.2. de Üç konumlu vites değiştirme silindirinin gövde yapısını oluşturan parçaya ait malzeme analizi verilmiştir. Parça Şekil 3.3. de 1 numara ile gösterilmiş ve ürün üzerindeki fonksiyonu açıklanmıştır.

Parçanın malzeme analizinin sonucunda EN AC 46000 (AlSi9Cu3) malzeme standartlarında olduğu görülmektedir. EN AC 46000 malzemesinde silisyum miktarı %8-11 arasındadır. Malzeme üzerinde silisyum ve magnezyum miktarının yüksek olması sebebi ile akışkanlığın yüksek olduğu söylenebilir. Akışkanlığı yüksek olan sıvı metalin avantajı döküm hatalarının önüne geçmektir. Ayrıca malzeme bulunan demir miktarı(%0,714) yoğunluğu ve sertleşmeyi arttırmaktadır. Bununla birlikte mukavemet değeri de artmaktadır. EN AC 46000 alüminyum alaşımının en büyük özelliklerinden bir tanesi ise bakır (%2,18) ve çinko (%0,173) miktarlarının diğer döküm alaşımlarına göre yüksek olmasıdır. Bakır ve çinko miktarının yüksek olması alüminyum alaşımının mukavemetini arttırmaktadır. Ayrıca çinko miktarının yüksek olması ısıl genleşme katsayısına etki etmektedir. Ürün şanzıman üzerinde dış yüzeyde çalıştığı için şanzıman sıcaklığı(50-90 °C) üzerine çıkmamaktadır. EN AC 46000 malzemesi 200 °C sıcaklık değerinde çalışmadığı sürece yapısal bir değişiklik meydana gelmemektedir. 200 °C ve

üzeri sıcaklıklarda çalışması durumunda(uzun süreli çalışma) malzeme sertliği zamanla düşmektedir. Sertlik düşüşü ise parça aşınmasını beraberinde getirmektedir.

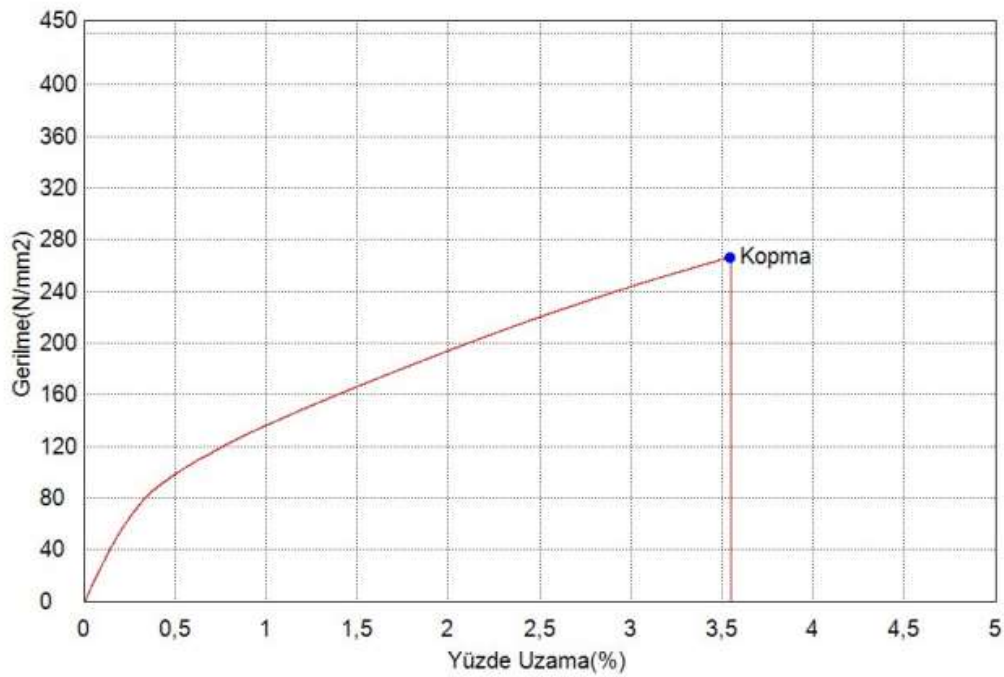
Malzeme mekanik özellik bakımından incelenecek olunur ise;

Çekme Dayanımı:240-310 N/mm<sup>2</sup>

Akma Dayanımı(0,2): 140-240 N/mm<sup>2</sup>

Yüzde Uzama:%1-4

Sertlik Değeri:80-120 HB



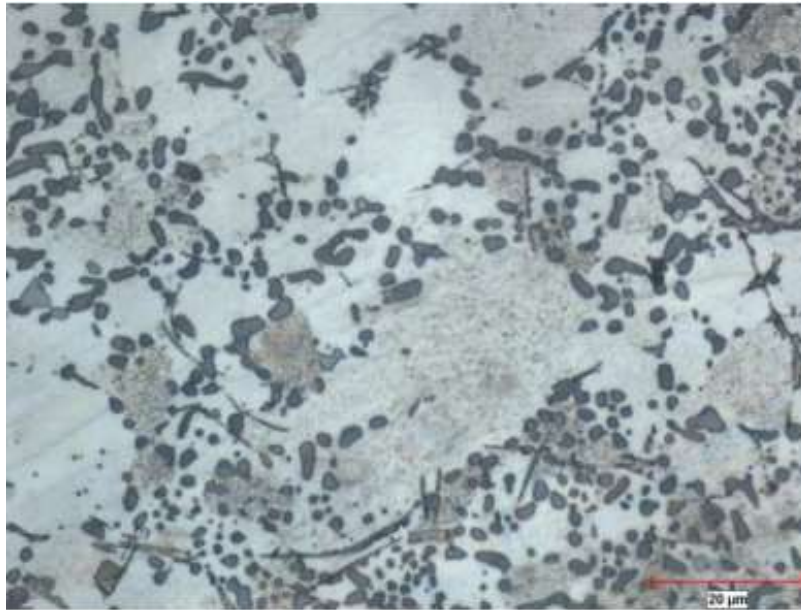
Şekil 3. 18. EN AC 46000 Çekme Test Sonucu

Şekil 3.18. de EN AC 46000 alüminyum alaşımının çekme test sonucu verilmiştir. Test sonucuna göre 265, 982 N/mm<sup>2</sup> çekme dayanımı göstermiştir. Parça araç üzerinde sıcaklık dengesini koruyarak güvenilir şekilde çalışmaya uygun olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 3. 3. Çekme Diyagramı Sonuçları

Çekme Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	265,982
Akma Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	155,39
Yüzde Uzama	% 3,55
Yüzde Uzama(Ekstansometre)	% 1,75

Çizelge 3.3. de Şekil 3.18. ye ait çekme diyagramının sonuçları verilmiştir.



Şekil 3. 19. EN AC 46000 Mikro Yapısı

Şekil 3.19. da EN AC alüminyum alaşımının 200 °C de 3 saat bekletilmesi sonucundaki mikroyapı görüntüsü verilmiştir. Mikroyapı sonucuna göre tane yapılarının bir araya toplandığı tespit edilmiştir. Tanelerin bir araya toplanması ise mukavemetin arttığını desteklemektedir. Tane yapılarının 200 °C de yapısal olarak bozulmadığı görülmüştür. Sıcaklıktan etkilenmemiş olması ise malzemenin sertliğini korumasını sağlamaktadır.

Çizelge 3. 4. Üç Konumlu Vites Değiştirme Silindiri Ana Gövde Analizi

Meas.	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni
	%	%	%	%	%	%	%
	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.
1	9,12	0,714	2,40	0,225	0,179	0,0326	0,102
W.Min	8,00		2,00		0,0600		
<x>	9,12	0,714	2,40	0,225	0,179	0,0326	0,102
W.Max	11,00	1,30	4,00	0,550	0,550	0,150	0,550
Meas.	Zn	Ti	Mo	P	Pb	Sn	Al
	%	%	%	%	%	%	%
	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.
1	0,205	0,0427	0,0028	0,0013	0,0541	0,0194	86,7
<x>	0,205	0,0427	0,0028	0,0013	0,0541	0,0194	86,7
W.Max	1,20	0,250			0,350	0,250	

Çizelge 3.4. de üç konumlu vites değiştirme silindirinin gövde yapısını oluşturan parçaya ait malzeme kimyasal analizi verilmiştir. Parça Şekil 3.3. de 2 numara ile gösterilmiş ve ürün üzerindeki fonksiyonu açıklanmıştır. Parçanın malzeme analizinin sonucunda EN AC 46000 malzeme standartlarında olduğu görülmektedir. Standartlara

göre malzeme sertliği 90-120 HB arasındadır. EN AC 46000 alüminyum alaşımına ait özellikler Çizelge 3.2. ye ait açıklamada detaylı şekilde verilmiştir. Analiz sonucuna göre silisyum oranı %9,12, demir oranı %0,714, bakır oranı %2,4, çinko oranı 0,205 olarak ölçülmüştür. Sonuçlar incelendiği zaman parça mekanik özellik olarak araç üzerinde çalışmaya uygundur.

**Çizelge 3. 5.** Aralık Modülü Ana Gövde Analizi

Meas.	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni
	%	%	%	%	%	%	%
	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.
1	10,93	1,28	2,15	0,222	0,264	0,0548	0,0878
<x>	10,93	1,28	2,15	0,222	0,264	0,0548	0,0878
Meas	Zn	Ti	Mo	P	Pb	Sn	Al
	%	%	%	%	%	%	%
	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.
1	0,741	0,0446	0,0120	0,0100	0,124	0,0387	83,8
<x>	0,741	0,0446	0,0120	0,0100	0,124	0,0387	83,8

Çizelge 3.5. de aralık modülü gövde yapısını oluşturan parçaya ait malzeme analizi verilmiştir. Parça Şekil 3.12. de 1 numara ile gösterilmiştir. Parçanın malzeme analizinin sonucunda EN AC 46000 malzeme standartlarında olduğu görülmektedir. EN AC 46000 malzemesinde silisyum miktarı %10,93 ve çinko miktarı %0,741 olarak ölçülmüştür. Değer itibari ile çinko miktarının fazla olması mukavemeti ve sertleşmesi yüksek oranda etkilemektedir.

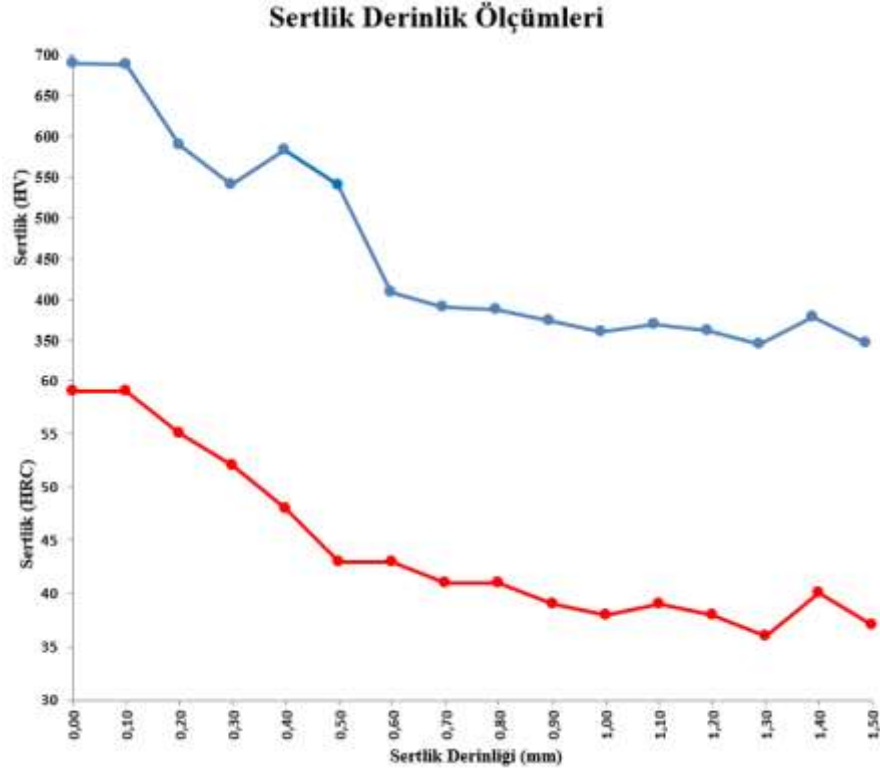
**Çizelge 3. 6.** Üç Konumlu Vites Değiştirme Silindiri Pistonu

Meas	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
	%	%	%	%	%	%	%
	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.
1	0,18	0,192	1,20	0,0134	0,0228	0,985	0,0441
Meas	Ni	Al	Co	Cu	Nb	N	Fe
	%	%	%	%	%	%	%
	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.	Conc.
1	0,1850	0,0276	0,0164	0,298	0,0015	0,0297	96,3

Çizelge 3.6. üç konumlu vites değiştirme silindirine ait vites değiştirme fonksiyonunu gerçekleştiren parçadır. Parça Şekil 3.3. de 3 numara ile ifade edilmiştir.

Parçanın malzeme analizi sonucunda AISI/SAE 5115(16MnCr5) düşük alaşımli çelik malzemesi olduğu görülmektedir. Düşük alaşımli çeliklerde karbon miktarı max. %0,7'dir ve demir miktarı ise %95-97 değerleri arasındadır. Analizi verilen parça doğrudan şanzıman vites değiştirme miline entegre olduğu için ürün üzerinde kritik öneme sahiptir. Bu yüzden parça üzerinde ısıl işlem prosesi gerekmektedir. Yapılacak ısıl

işlem türü sementasyon olup yüzeyden 0,5 -0,8 mm derinliğinde sertlik verilir. Verilen sertlik değeri 55-60 HRC'dir. Parçaya uygulanan sementasyon ısıl işlemi yüzeydeki aşınmayı önleyip parçada sürdürülebilirliği sağlamaktadır.



Şekil 3. 20. AISI/SAE 5115(16MnCr5) Malzeme Sertlik Derinliği

Malzeme analizlerini genel olarak değerlendirmek gerekirse gövdeyi oluşturan EN AC 46000(AlSi9Cu3) alüminyum alaşımını mekanik özellik olarak aşağıdaki özellikleri sağlamaktadır;

- Yüksek verim
- Minimum boyutlar ve ağırlık
- Yüksek operasyonel güvenilirlik
- Basitlik ve yönetim kolaylığı
- Yapımın üretilebilirliği
- Sürdürülebilirlik

Testler, firma bünyesinde Ar-Ge Merkezi malzeme laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Sertlik ölçümleri Vickers sertlik ölçme yöntemi ile yapılmıştır. Vickers sertlik ölçümünde 1000 kgf(kilogramkuvvet) yükte 6 saniye boyunca kuvvet uygulanmıştır.

Kimyasal analizler spektrometre cihazından belirli spektrumlarda ışık geçirilmesi ile yapılmıştır. Işıkların kırılması sonucunda elementlerin yüzde oranında sonuçları tespit edilmiştir.

Mikroyapı incelemesinde 240, 600, 1000, 2400 grid zımpara kağıtları ile yüzey zımparalama işlemi yapılmıştır. Zımpara işlemi sonrasında 1 µm alümina ile parlatma işlemi yapılmıştır. Nikon MA200 ışık mikroskobu ve Clemex yazılımı kullanılarak mikroyapı incelenmiştir.

Çekme testi uygulanırken numune ASTM standartlarına göre işlenmiştir. Numune cihaza uç kısımlarından yerleştirilir. Cihazın alt kısmında kalan numune ucu sabit, diğer ucu ise hareketlidir. Numunenin hareketli kısmından 3 mm/dk boyunca çekme kuvveti uygulanır. Parçanın kırıldığı yük kopma gerilimini belirler.

### 3.4. Veri Madenciliği

Tez kapsamında kullanılan K-Means algoritması veri madenciliği yöntemlerinden birini ifade etmektedir.

Gelişen teknoloji ile birlikte imkânlar ve elektronik ortamlar yaygınlaşmıştır. Sonucunda ise, yaygın kullanım ağı ortaya çıkmıştır. Yüklü veri üretimi, teknolojik ve elektronik ortam ürünlerinin yaygın kullanım ağı sonucunda ortaya çıkmıştır. Dosya ve kâğıt üzerinde tutulan yüklü bilgiler teknolojinin gelişmesi ile birlikte elektronik ortamlara aktarılmıştır. Veriler, arşiv niteliği taşımanın yanısıra bu bilgilerden yola çıkarak yeni bilgi ve çıkarımlara hedef kaynak olmuştur. Bu yaklaşım sonucunda veri madenciliği adıyla yeni bir yaklaşım ve alanı ortaya çıkarmıştır.

Veri madenciliği, mevcut verilerden, çeşitli yöntemlerin kullanılması sonucunda yeni bilgilerin elde edilme işlemidir(Han 2006). Özellikle verinin büyük olduğu, ilişki ve istatistiksel bağlantıların kolay ortaya çıkmadığı ya da optimum parametre tahminleri için mevcut verilerin kullanıldığı durumlarda işlem yapmaktadır. Ayrıca veri madenciliği, veri tabanı sistemleri içerisinde gizli kalmış bilgilerin çekilmesini sağlayan veri analizi tekniğidir(Kalıkov 2006).

Geçmişteki klasik karar destek sistemlerinin kullanıldığı araçlardan farklı olarak, veri madenciliğinde çok daha kapsamlı ve otomatize edilmiş analizler yapmaya yönelik, birçok farklı özellik bulunmaktadır(İnan 2015). Veri madenciliğinin işletmelere sunduğu en önemli özellik, veri grupları arasındaki benzer eğilimlerin ve davranış kalıplarının belirlenmesidir. Bu süreç aynı zamanda otomatize edilmiş bir biçimde hayata

geçirilebilmektedir. Bu fonksiyon özellikle hedef pazarlara yönelik pazarlama faaliyetlerinde yoğun olarak kullanılmaktadır (İnan 2015).

Veri madenciliği uygulama alanı oldukça geniştir. Bu alanlar içerisinde Veri Tabanı Sistemleri, Veri Görselliği, Yapay Sinir Ağları, İstatistik, Yapay Öğrenme, vb. gibi disiplinler bulunmaktadır.

Veri madenciliği, farklı aşamalardan oluşan bir süreçler bütünüdür. Veri madenciliğine öncelikle ilgili veri kümesinin çalışma ortamına uyarlanmasıyla başlanır. Bunun için veri üzerinde temizleme, tip dönüşümleri, daha küçük parçaların anlamlı bütünlükler için birleştirilmesi ve kullanım için ihtiyaç duyulan bölümlerinin indirgenmesi gibi, veri madenciliği algoritma ya da tekniğinin uygulanması öncesi yapılması gereken aşamalar vardır. Bu aşamalar tamamlandığında, ilgili problem için en uygun çözüm yöntemi belirlenir ve veri üzerinde bu yöntem uygulanır. Ortaya çıkan sonuçlar, ihtiyacı karşılayabilecek bir gösterim türüne dönüştürülür ve bilgiye ihtiyaç duyulan alanlara sunulur. Veri madenciliğindeki algoritmalar ise, çözüm sundukları problem türlerine göre gruplandırılır. Bu gruplandırmada, kümeleme, sınıflandırma, regresyon, tahmin, ilişki analizi ve birliktelik kuralları gibi başlıklar sayılabilir(Han 2006).

Bu çalışma kapsamında kullanılan yöntem, K-Means algoritmasıdır. K-Means algoritması temelde bir kümeleme algoritmasıdır. Yine bu tez kapsamında da mevcut veri kümesini gruplandırma ve bu gruplarla optimum vites değiştirme parametre değerlerini bulma amacı ile kullanılmıştır.

### **3.4.1. Veri Madenciliği Teknikleri**

Veri madenciliği teknikleri elde edilen veri türüne ve elde edilen sonuçların kullanım amacına göre farklılıklar gösterir. Temelde veri madenciliği iki kategoride incelenir(Han 2006):

- Tanımlayıcı (Descriptive)
- Öngörüsül (Predictive)

Tanımlayıcı veri madenciliği, veritabanındaki verinin genel karakterini, mevcut durumu ortaya çıkarmaya yönelik yöntemleri ön plana çıkarır. Öngörüsül veri madenciliği ise verileri geleceğe yönelik tahminler yapma, sonuç çıkarma amaçlı işlemlerde kullanır.

Veri madenciliği teknikleri kullanıldıkları veri yapılarına ve keşfedebildikleri örüntü biçimlerine göre kategorilere ayrılır. Birçok kaynak veri madenciliği teknikleri için farklı gruplandırmalar yapmıştır. Bunlardan en yaygın kabul göreni J.Han'ın ortaya sürdüğü kategorilerdir.

Bu kategorileri aşağıdaki gibidir:

- Tanımlama ve Ayrılma (Characterization and Discrimination)
- Birliktelik Analizi (Association Analysis)
- Sınıflandırma ve Öngörü (Classification and Prediction)
- Kümeleme Analizi (Cluster Analysis)
- Sıradışılık (istisna) Analizi (Outlier Analysis)
- Evrimsel Analiz (Evolution Analysis)

### 3.4.2. K-Means Algoritması

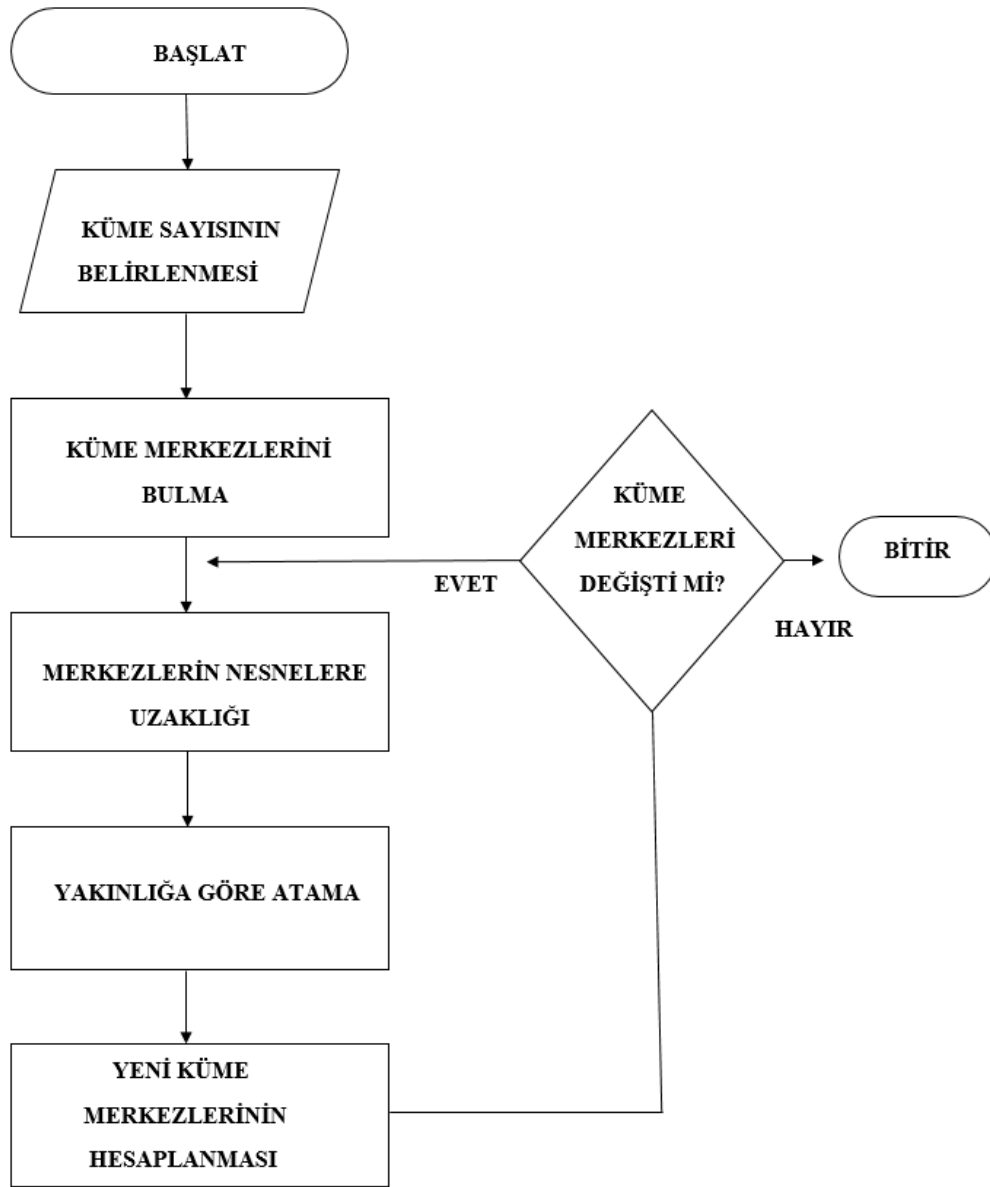
Kümeleme analizi, bir veri setindeki bilgileri yakınlık kriterlerine göre gruplandırma işlemidir. Oluşturulan gruplara “küme” adı verilir. Kümeleme işleminde küme içindeki elemanların benzerliği fazla, kümeler arası benzerliğin ise az olması gerekmektedir.

Kümeleme işlemi gözetimsiz (unsupervised classification) sınıflama yöntemlerinin içinde yer almaktadır(Berkhin 2006). Gözetimli sınıflandırma işleminde veriler daha önceden sınıflara ayrılmış durumdadır. Gözetimli sınıflandırma da asıl amaç yeni ve sınıfı belli olmayan verilerin mevcut sınıflardan en uygun olanına yerleştirilmesidir. Gözetimsiz sınıflama işleminde ise henüz sınıflandırılmamış veri seti bulunmaktadır. Veri seti anlamlı alt kümeler oluşturacak şekilde öbeklendirilmektedir. Kümeleme işlemi tamamen verilerin özelliklerine göre alt kümelere ayrıştırır ve konumlandırılır. Anlamlı kümelerin oluşturulması istenildiği durumlarda kümeler verilerin doğal yapısını yansıtmalıdır. Bazı durumlarda ise kümeleme işlemi veri özetleme gibi işlemlerde kullanışlı bir başlangıç noktası oluşturmaktadır(Gökalp 2014).

Tez kapsamında kullanılan K-Means algoritması veri setinde bulunan nesnelere özelliklerine göre k adet kümeye bölen en yaygın kümeleme algoritmalarından bir tanesidir. J.MacQueen tarafından 1967 yılında ilk kez tanıtılmıştır. K-Means uzun süre bilimsel ve endüstriyel uygulamalarda yoğun şekilde kullanılarak kümeleme algoritması haline gelmiştir. Küme sayısı k ile gösterilir. Her bir verinin birbirlerine olan yakınlık durumuna göre oluşacak küme sayısını ifade eder. Kümeleme işlemi verilerin en yakın

veya benzer oldukları küme merkezleri yerleştirilmesi ile gerçekleştirilir.  $K$  adet rastgele küme merkezleri belirlenir veya ilk  $k$  eleman merkez olabilir. Verilerin merkez noktalarına mesafeleri hesaplanarak yakın olduğu merkezlere göre kümeleme işlemi gerçekleştirilir. Uygunluk hesaplaması için genelde, Öklid uzaklığı kullanılmakla beraber, farklı yaklaşımlar da kullanılabilir(Saraç 2014). Oluşan kümelerin ortalamaları hesaplanarak yeni küme merkezleri belirlenir. Verilerin tamamı bir kümeye dahil olana kadar bu işlemler tekrarlanır.

K-Means algoritmasına ait akış şeması Şekil 3.21. de verilmiştir.



Şekil 3. 21. Algoritma Akış Şeması

Aralık ve oransal ölçekteki değişkenleri bulunan birimleri kümelerken, değişik uzaklık ölçüleri kullanılır. Bu ölçülerden bazıları;

Öklid uzaklık ölçüsü kullanılarak iki birim arasındaki uzaklık aşağıdaki(denklem 9.) formülle hesaplanır.

$$d(i, j) = \sqrt{(x_{i1} - x_{j1})^2 + (x_{i2} - x_{j2})^2 + \dots + (x_{ip} - x_{jp})^2} \quad (9)$$

Manhattan uzaklık ölçüsü kullanılarak iki birim arasındaki uzaklık aşağıdaki (denklem 10.) formülle hesaplanır.

$$d(i, j) = (|x_{i1} - x_{j1}|) + (|x_{i2} - x_{j2}|) + \dots + (|x_{ip} - x_{jp}|) \quad (10)$$

Minkowski uzaklık ölçüsü kullanılarak iki birim arasındaki uzaklık aşağıdaki (denklem 11.) formülle hesaplanır

$$d(i, j) = [ |x_{i1} - x_{j1}|^m + |x_{i2} - x_{j2}|^m + \dots + |x_{ip} - x_{jp}|^m ]^{1/m} \quad (11)$$

Pearson uzaklık ölçüsü kullanılarak iki birim arasındaki uzaklık aşağıdaki (denklem 12.) formülle hesaplanır. Bu formülde kullanılan  $S_p$ , uzaklığın hesaplandığı değişkene ait varyanstır.

$$d(i, j) = \sqrt{(x_{i1} - x_{j1})^2/S_1^2 + (x_{i2} - x_{j2})^2/S_2^2 + \dots + (x_{ip} - x_{jp})^2/S_p^2} \quad (12)$$

## 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu bölümde Mercedes Axor 1840 otomatik vites ağır vasıtalar için geliştirilen vites değiştirme bileşenlerinin gerçek sürüş koşullarında araç üzeri test verileri değerlendirilmiştir.

Araç üzeri test verilerinin dinamik olarak gözlemlenebilmesi için arıza tespit cihazı TEXA NAVIGATOR TXTs kullanılmıştır. TEXA NAVIGATOR TXTs cihazı ile araç arasındaki haberleşme CAN protokolü ile gerçekleştirilir.

### 4.1. CAN Bus Haberleşmesi

CAN Bus (Controller Area Network) haberleşme protokolü otomotiv sektörü uygulamalarında yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. CAN Bus haberleşme protokolü, 1986 yılında Robert Bosch GmbH tarafından Otomotiv Mühendisleri Topluluğuna duyurulmuştur (Herrewage ve ark. 2011).

CAN protokolünün asıl amacı, araç üzerindeki haberleşmeyi gerçekleştirebilmek için sistemde bulunan kablo yığınının önüne geçerek kablo sayısını ikiye düşürür. CAN haberleşme protokolünde, hata denetimi önemlidir ve veri iletişim mekanizması da oldukça gelişmiştir. Yüksek seviyede güvenlik gerektiren dağıtılmış gerçek zaman kontrol uygulamalarında CAN protokolü kullanılmaktadır. CAN protokolü 1 Mbps iletişim hızını 40 metreye kadar sağlamaktadır. Uzun mesafeler iletişim hızının azalmasına sebep olmaktadır(Kayabaşı 2008).

CAN Bus haberleşmesi otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılması yanısıra askeri alanlarda, asansör uygulamalarında, tıbbi cihazlarda ve endüstriyel otomasyon uygulamalarında da kullanılmaktadır(Kından 2019)

CAN haberleşmesinin temeli adreslemeye dayanmaz ve mesaj tabanlı bir protokolüdür. Oluşturulan mesaj yapısında adres tanımlaması mevcut değildir. Her mesaj yapısına ait benzersiz bir ID(identification) numarası vardır. Alıcı düğümler ağı sürekli olarak kontrol eder ve alıcı düğüm için oluşturulmuş bir mesaj varsa mesajı almaktadırlar(Fil 2019).

#### 4.2. TEXA NAVIGATOR TXTs Arıza Tespit Cihazı ve Araç Bağlantısı

Cihazın CAN haberleşmesini tamamlayabilmesi için cihaz ile araç arasında OBD2(On-board Diagnostics) soket bağlantısı yapılması gerekmektedir. Haberleşme için gereken bağlantı Şekil 4.1. de verilmiştir.



Şekil 4. 1. Araç ve TEXA NAVIGATOR OBD Soket Bağlantısı

Haberleşme kablosu Şekil 4.1. de belirtildiği üzere araç ve TEXA NAVIGATOR soket yerlerine bağlantısı gerçekleştirilir.

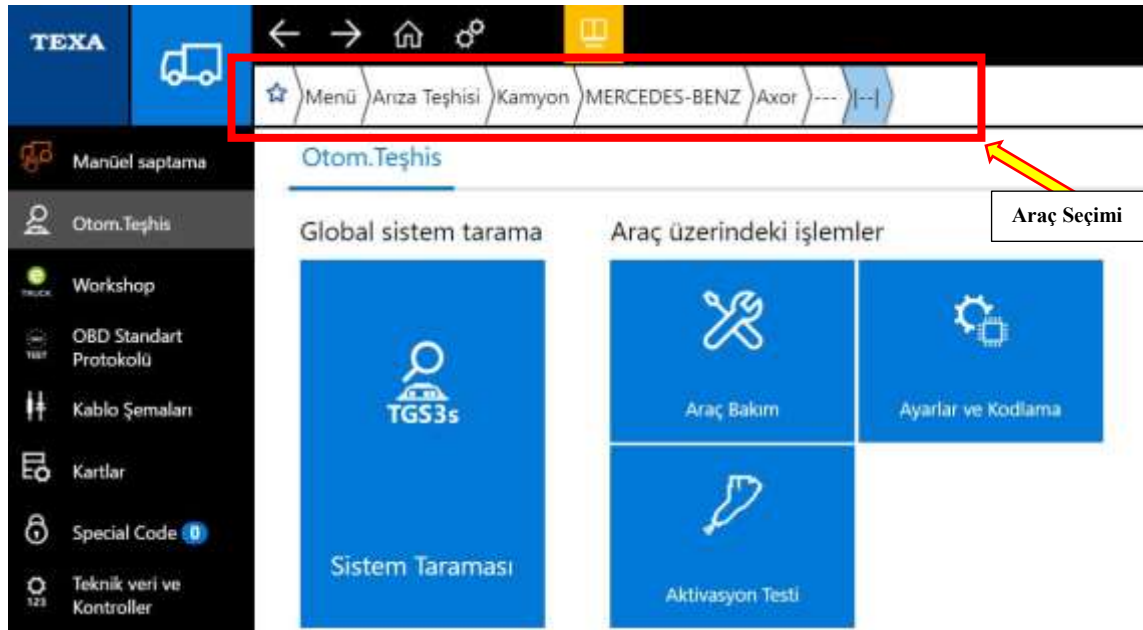


Şekil 4. 2. TEXA NAVIGATOR ve Bilgisayar Bağlantısı

Araç ve TEXA NAVIGATOR arasında haberleşme kablo bağlantısı yapıldıktan sonra Şekil 4.2. de belirtildiği üzere bilgisayarın TEXA NAVIGATOR aracılığı ile araç beyinine erişebilmesi için kablo bağlantısı gerçekleştirilir.

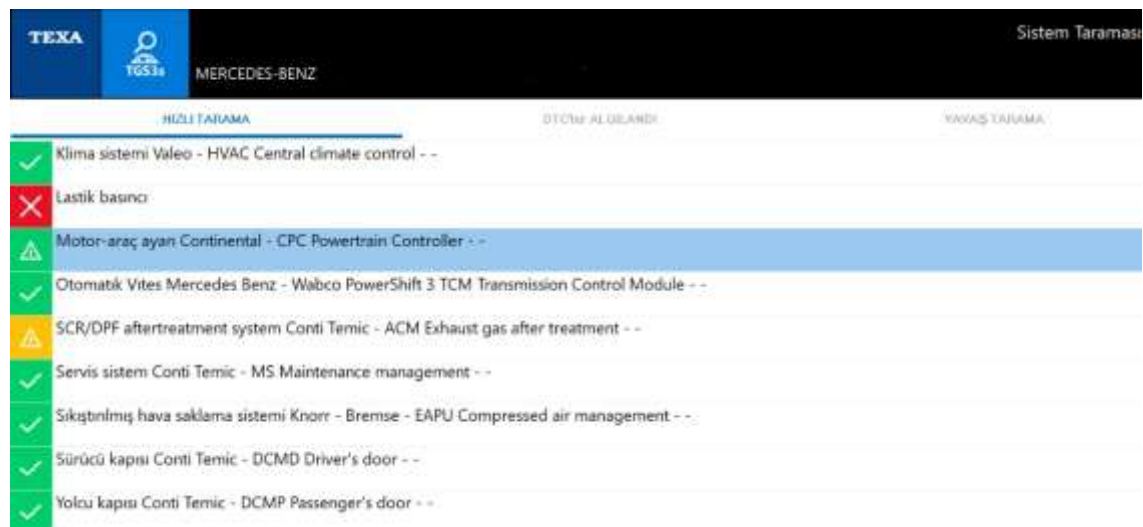
Araça ait OBD2 soket bağlantısı ve TEXA NAVIGATOR cihazı arasında bağlantı yapıldıktan sonra TEXA NAVIGATOR ile bilgisayar arasında haberleşme sağlanır.

Bilgisayar üzerinden TEXA NAVIGATOR aracılığı ile araç beynine bağlanmak için aşağıdaki adımlar izlenir.



Şekil 4. 3. TEXA NAVIGATOR Cihazı Program Arayüzü

Şekil 4.3. de TEXA NAVIGATOR arıza teşhis cihazı programının giriş arayüzüne ait bir görüntü verilmiştir. Programın çalıştırılması ile kullanıcı bu arayüze erişim sağlamaktadır. Menü bölümünden araç seçimi tamamlandıktan sonra sistem taraması yapılır. Tarama sonucunda aracın kontrol sistemine erişim sağlanır. Sistem taraması sonucunda erişilebilecek birimlerden bazıları aşağıdaki gibidir;



Şekil 4. 4. Araç Kontrol Sistemleri

Çizelge 4. 1. TEXA NAVIGATOR TXTs Arıza Tespit Cihazı Teknik Özellikler

<b>İşlemci</b>	CORTEX M3 STM32F103ZG 72 MHz, FLASH 1024 KBytes, SRAM 96 KBytes
<b>SRAM belleği</b>	1024K x 16 bit'te 16 MBit düzenlenmiştir
<b>NAND Flash bellek</b>	8 bitlik bir otobüse 8 Gbit
<b>Araç aküsü</b>	12VDC ve 24VDC sistem yönetimi
<b>Harici güç kaynağı</b>	8 ÷ 32 V
<b>USB iletişimi</b>	USB 2.0 Cihazı üzerinden sanal RS232
<b>Kablosuz bağlantı</b>	Bluetooth sınıf1 (30 m)
<b>Elektronik anahtar</b>	2 yönlü, 13 bağımsız konum
<b>Teşhis konnektörü</b>	16 pimli TBM
<b>Desteklenen protokoller:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Göz kırpma kodları</li> <li>• K, L (akım koruma 100 mA ile), ISO9141-2, ISO14230</li> <li>• ISO11898-2 Yüksek Hız CAN</li> <li>• İkinci ISO11898-2 CAN Kanalı</li> <li>• CAN ISO 11898-3 Düşük Hız</li> <li>• SAAT J2411 Tek Tellidir <ul style="list-style-type: none"> <li>• SAE J1850 PWM</li> <li>• SAE J1850 VPW</li> <li>• SAE J1708</li> <li>• RS232</li> </ul> </li> </ul>
<b>Görünür uyarıları</b>	1 yeşil / kırmızı LED, 1 mavi LED
<b>12 V tüketimi</b>	<200 mA
<b>24 V tüketimi</b>	<100 mA
<b>Çalışma sıcaklığı</b>	0 ÷ 50 ° C
<b>Depolama sıcaklığı</b>	- 20 ÷ 60 ° C
<b>Çalışma nemi</b>	Yoğunlaşma olmadan% 10 ~ 80
<b>Yönetmelikler:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yönerge: 1999/5 / EC</li> <li>• Güvenlik: EN 60950-1: 2006 + A11: 2009 + A1: 2010 + A12: 2011 + AC: 2011 + A2: 2013</li> <li>• Elektromanyetik uyumluluk: EN 55022, EN 55024, EN 301 489-1</li> <li>• Radyo sistemleri: EN 301 489-17, EN 300 328-2</li> </ul>

Çizelge 4.1. de arıza tespit cihazına ait teknik özellikler verilmiştir. Cihaz tarafından desteklenen CAN standartları, CAN tek kablo yönetimini ve birden fazla ağda teşhisi sağlamak için ek bir CAN kontrolörü içerir.

### 4.3. Vites Değiştirme Parametreleri

Temel olarak motor sistemi; motor devri, motor torku, araç hızı, motor gaz kelebeği ve motor ataleti gibi ana parametrelere sahiptir. Otomotiv sektöründe vites değiştirme algoritması gaz kelebeği konumuna ve araç (veya motor) hızına bağlıdır (Miao ve ark. 2018).

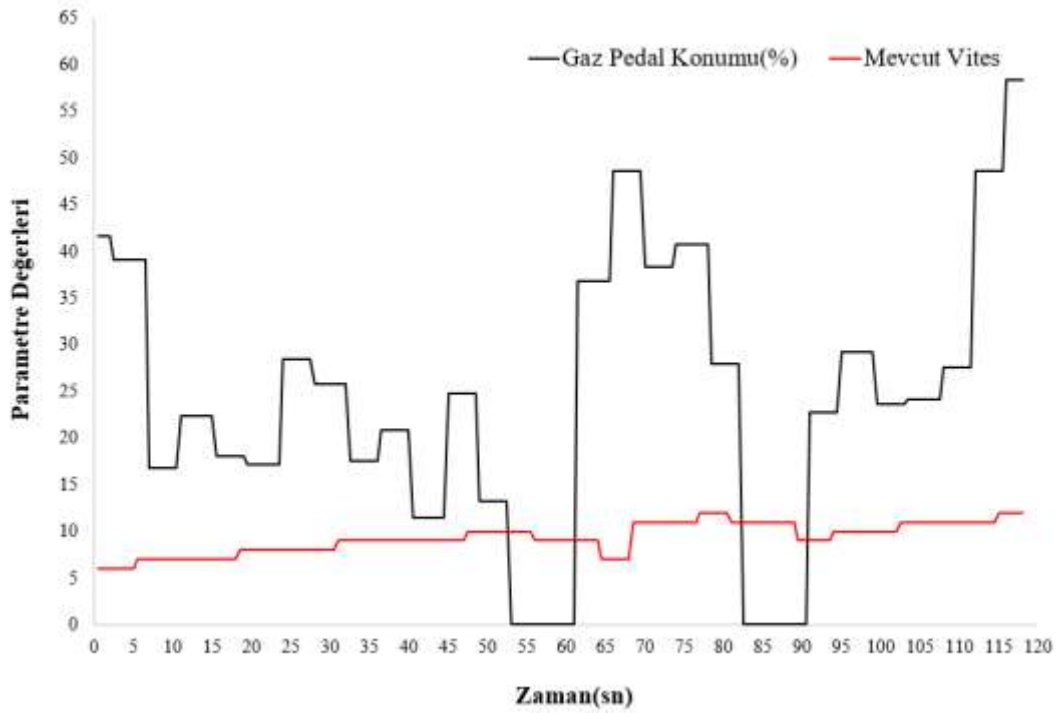
Yapılan çalışmada yakıt ekonomisini iyileştirmek amacı ile ağır vasıta için vites değiştirme parametreleri referans alınarak optimum değer aralıkları belirlenip bu parametreler optimize edilmiştir. Parametrelerin optimize edilmesi için K-means algoritması kullanılmıştır. K-means algoritmasında araç üzerinden verisi alınan 4 farklı vites değiştirme parametresi kullanılmıştır ve algoritma sonucunda çıkış olarak yakıt tüketime hesaplanmıştır.

Optimize edilen vites değiştirme parametreleri gaz pedal konumu, araç hızı, motor devri ve yağ basıncıdır.

#### 4.3.1. Gaz Pedal Konumu

Araçlarda gaz pedalı sürücü tarafından kontrol edilmektedir. Gaz pedalı emme manifolduna giden ve hava akışını düzenleyen motor gaz kelebeğine mekanik olarak bağlıdır. Sürücü gaz pedalını sabit tuttuğunda, motor tarafından üretilen güç ve tork motor hızı ile değişecektir. Bu nedenle sürücünün motordan sabit tork (hızlanma) veya güç elde etmesi için pedal konumunu değiştirmesi gerekir. Gaz pedal konumu yüzde olarak mesafeyi temsil etmektedir. Yapılan araç üzeri testlerde gaz pedalı kademe kademe artırılarak vites değişimleri gözlemlenmiştir. Her bir vites geçişi için optimum gaz pedal konumu belirlenmiş olup farklı gaz pedalı konumlarında yakıt tüketime lmlmştir.

Gaz Pedal Konumu ve Mevcut Vites Arasındaki İlişki



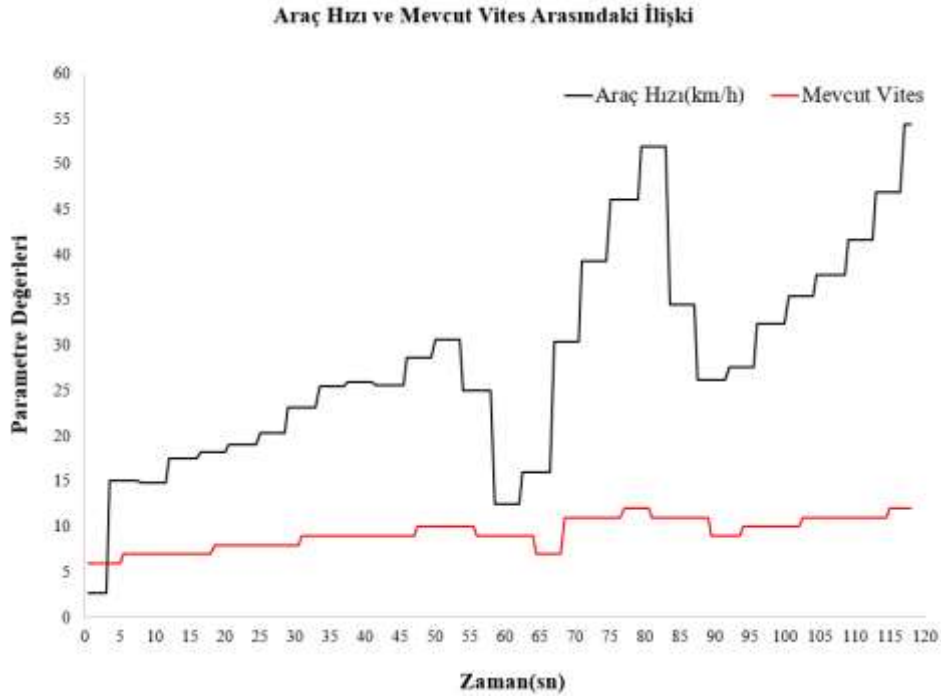
Şekil 4. 5. Vites-Gaz Pedalı Konumu Arasındaki İlişki

Şekil 4.5. de araç üzeri dinamik test anında raporlanan test verileri mevcuttur. Mevcut vites ile gaz pedal konumu arasındaki ilişki incelenmiştir. Mevcut hız sürüş anındaki vitesi ifade etmektedir. Grafikte araca ait gaz pedalı konumunun değişimine bağlı olarak vites değişimi gözlemlenmiştir. Gaz pedalı konumundaki artış ile mevcut viteste de yükselme meydana gelmektedir. Gaz pedalı konumunun azalması sonucunda ise mevcut viteste düşüş yaşanır. Gaz pedalı konumunun %100'e yakın olması, araç hızının maksimize edilmesi gerektiği anlamına gelir. Orta gaz pedalı konumu, vites değişim kontrolü sırasında ortalama hızlanma ile bir miktar yakıt ekonomisi elde etmek için kullanılmaktadır. Küçük bir gaz pedalı pozisyonu(<%50) vites değişim kontrolü sırasında en düşük yakıt tüketimini sağlamaktadır (Korendyasev ve ark. 2019).

#### 4.3.2. Araç Hızı

Araç hızı sürücü kontrolüne ve çevre koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Sürücü manuel şanzıman araç kullanımında yakıt tüketimi için optimum araç hızını her durumda ayarlayamayacaktır. Otomatik şanzıman bileşenlerinin kullanımıyla test sonuçlarına göre optimize edilen araç hızı için yakıt tüketimini minimize edecek hız

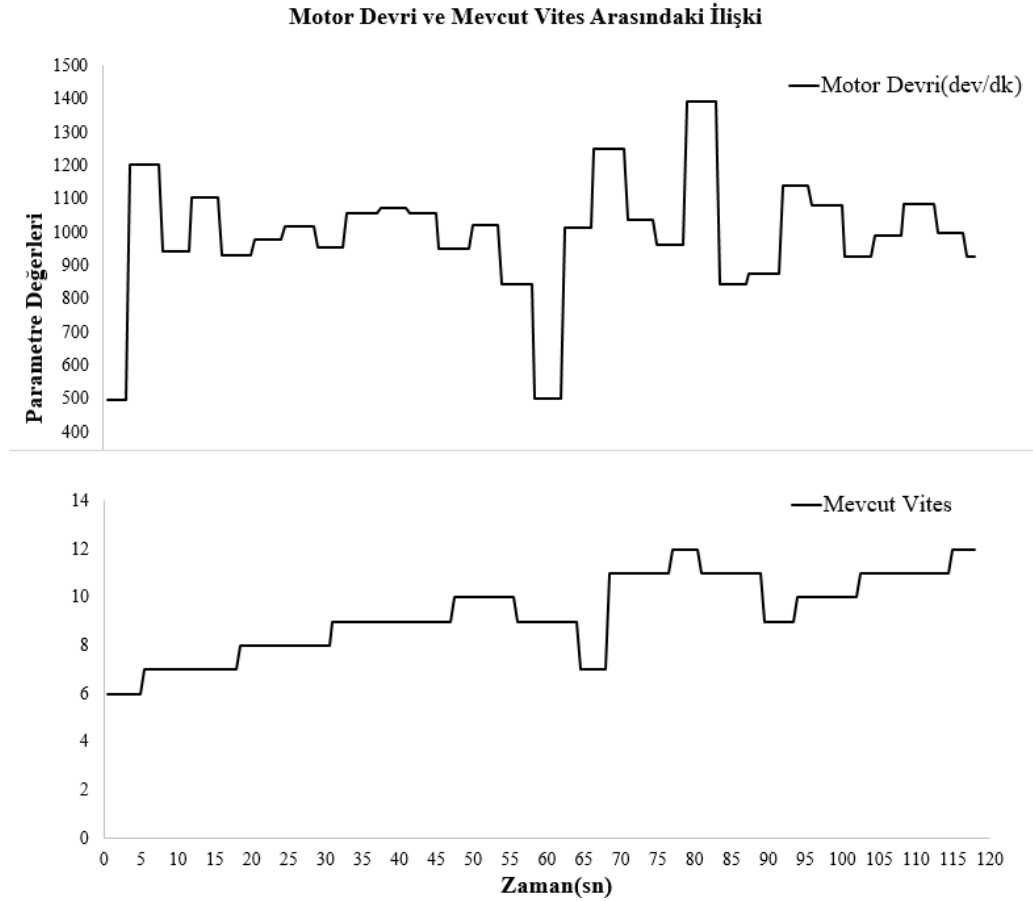
değerleri belirlenmiştir. Şekil 4.6. da araç üzeri dinamik test koşullarında raporlanan veriler mevcuttur. Grafikte araç hızındaki kademeli artışa bağlı olarak mevcut vites değerinin de yükseldiği görülmektedir. Araç hızının azaldığı noktalarda ise sürücü fren pedalını kullanmıştır.



Şekil 4. 6. Vites-Araç Hızı Arasındaki İlişki

### 4.3.3. Motor Devri

Motor devri aracın dinamik davranışını, araç performansını ve yakıt tüketimini önemli ölçüde etkiler (Corrêa 2014). Şehir ve otoyol da sürüş için, çoğu sürücü motor devrini nispeten düşük tutmayı amaçlar (2500 dev/dak'nın altında), sebebi ise erken vites yükseltme ile daha iyi bir yakıt tüketimi sağlanmasıdır (Oglieve, Mohammadpour, and Rahnejat 2017). Araç üzeri test gerçekleştirilirken anlık motor devri yükseltmelerinde yakıt tüketiminin artış gösterdiği tespit edilmiştir. Optimize edilen verilerde devir dalgalanmaları önlenmiş olup kademeli devir artışları ile veriler kaydedilmiştir. Dinamik teste ait veriler Şekil 4.7. de verilmiştir. Grafikte vites değişimleri sırasında anlık olarak motor devrinde düşüş meydana geldiği gözlemlenmektedir. Vites değişimi ile birlikte kavrama mekanizması aktif olduğu için devir de düşüş yaşanmaktadır. Aracın nominal devir üzerinde kullanılması yakıt tüketiminin artmasına sebep olur.



Şekil 4. 7. Vites-Motor Devri Arasındaki İlişki

#### 4.3.4. Yağ Basıncı

Şanzımanların araç üzerinde optimal düzeyde çalışması için hatasız dişli sistemine sahip olması gerekir. Şanzıman çalışması prensibinde dişlilerin birbirine sürterek hareketi aktarma söz konusudur. Yağlama sistemi ise şanzıman için hayati öneme sahiptir. Yağlama sistemi ile dişli hareketleri gerçekleşirken sürtünmeden kaynaklı aşınmalar önlenir. Soğutma özelliğine sahip yağlama sistemi ısı genleşmelerinin önüne geçer ve şanzımanın sessiz çalışmasını sağlayarak çalışma ömrünü uzatır.

Vites değiştirme sırasında şanzıman hidrolik basıncını kontrol etmek için yağ basınç sensörü kullanılır. Şanzıman yağ basınç sensörünün araç üzerindeki fonksiyonu mekanik yağ basıncını elektriksel sinyallere dönüştürmesidir. Yağ basıncı durumuna göre sensörün voltaj sinyali değişim göstermektedir. Bu sinyaller ise vites değiştirme kontrollerinin sağlanabilmesi için şanzıman kontrol ünitesine aktarılır.

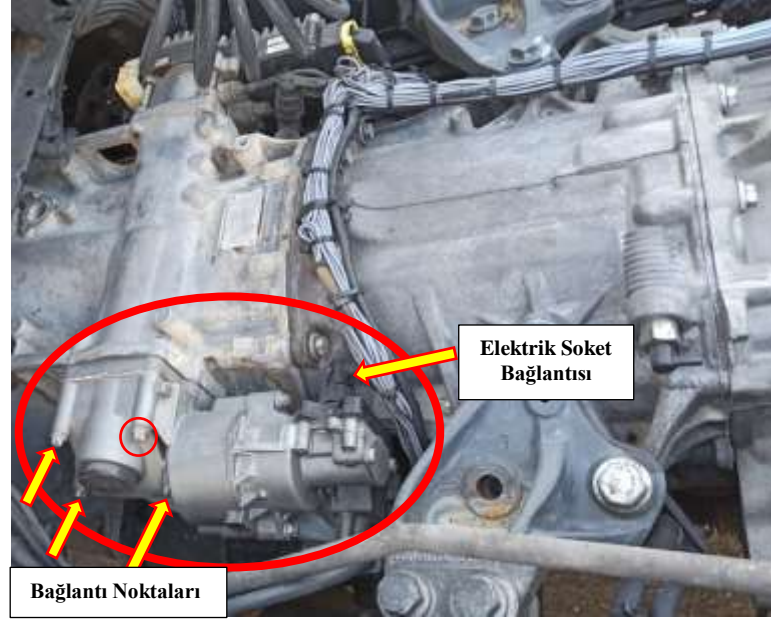
#### 4.4. Vites Değiştirme Bileşenlerinin Araç Üzeri Entegrasyonu

“Bölüm 3.1. de geliştirilen ürünlerin uyumlu olduğu araç belirtilmiştir. Mercedes Axor 1840 Ağır vasıta üzerine entegre edilen bileşenler G211-12 tip şanzımanlar için geliştirilmiştir. G211-12 şanzıman modellerinde takviyeler ile birlikte 12 ileri vites ve 4 geri vites bulunmaktadır. Araç üzeri yapılan testlerde bütün vites adımları test edilmiştir. G211-12 tip şanzıman şekil 4.8. de gösterilmiştir.



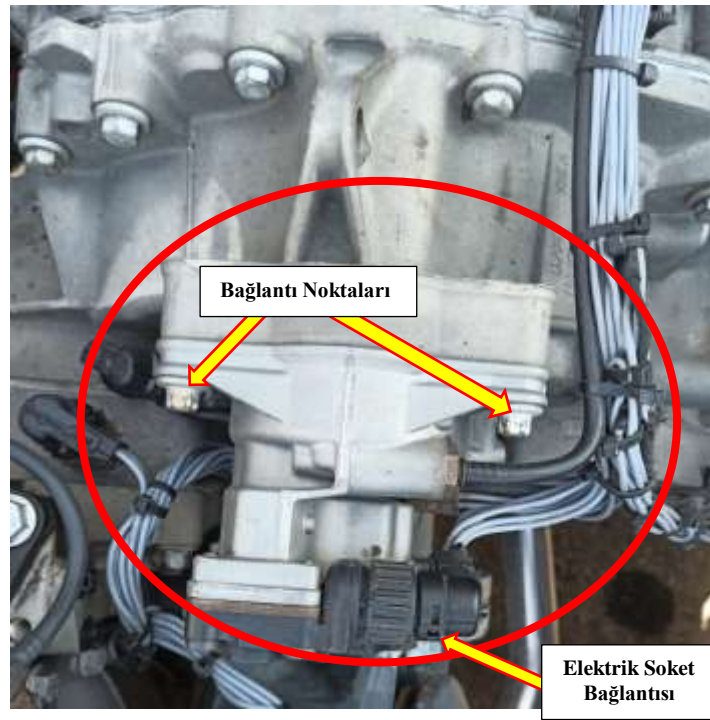
şekil 4. 8. MERCEDES AXOR 1840 G211-12 Vites Kutusu

Ürünün üretimi tamamlanıp tekil testlerin(hava kaçak kontrol, solenoid tetik kontrol, hava geçiş kontrol) yapılması ile birlikte araç üzeri için hazır hale getirilmiştir. Ürünün araç üzerinde çalışma performansını kontrol etmek ve vites geçiş kademelerine göre yakıt tüketimini değerlendirmek için araç üzeri bağlantılar şekil 4.9. da görüldüğü üzere tamamlanmıştır. Ürün bağlantı noktalarından civata ile vites kutusuna sabitlenmiştir. şanzıman kontrol ünitesinden gelen bilgiye göre solenoidlere enerji sağlayacak kablo bağlantısı ise şekilde belirtilmiştir.



Şekil 4.9. Üç Konumlu Vites Değişirme Silindiri Araç Üzeri Bağlantısı

Ürünün üretimi üç konumlu vites değiştirme silindiri ile birlikte tamamlanmış olup tekil testleri yapılmıştır. Ürünün araç üzerinde çalışma performansını kontrol etmek ve vites geçiş kademelerine göre yakıt tüketimini değerlendirmek için araç üzeri bağlantılar Şekil 4.10. da görüldüğü üzere tamamlanmıştır.



Şekil 4.10. Aralık Modülü Araç Üzeri Bağlantısı

Şekil 3.1. de şanzıman bloğuna ait bileşenler verilmiştir. Debriyaj alt merkezi olarak tanımlanan parçanın araç üzerindeki bağlantısı Şekil 4.11. de belirtildiği gibidir. Parçanın araç üzerindeki fonksiyonu vites değişme bilgisine göre debriyaj kavramasının kontrolünü sağlamaktır.



Şekil 4. 11. Debriyaj Alt Merkez Araç Üzeri Bağlantısı

Şekil 3.1. de “4” numara ile belirtilen bileşen araç üzerinde bulunan hava tank sistemlerini ifade etmektedir. Hava ihtiyacı araç üzerinde bulunan hava kompresörü ile sağlanmaktadır. Üretilen hava ise aracın özellikle fren sistemleri olmak üzere şanzıman vites değişim kontrolünde ve debriyaj kavrama kontrolünde de kullanılmaktadır. Hava tank bağlantısı Şekil 4.12. de belirtilmiştir.

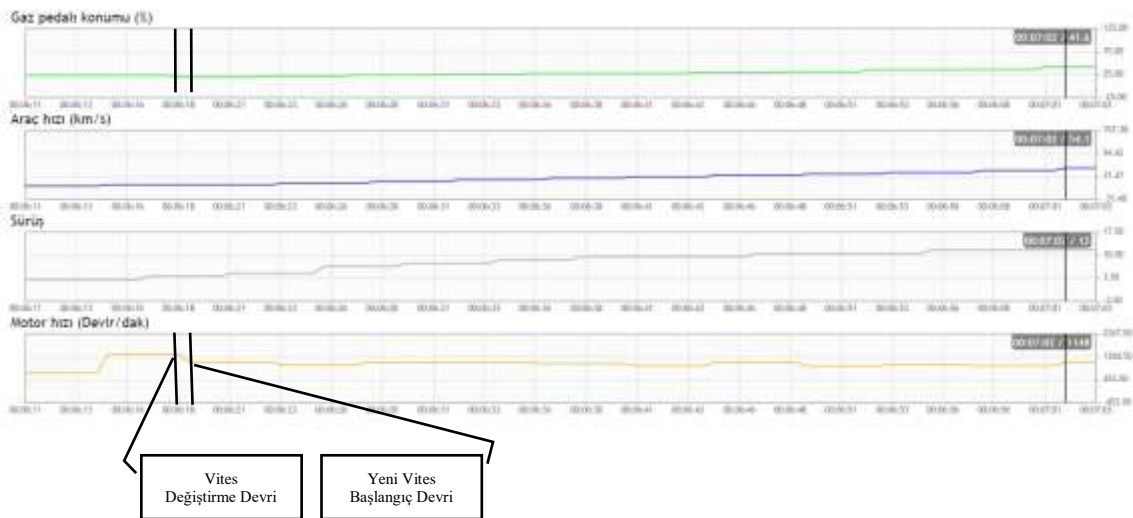


Şekil 4. 12. Hava Tankı Araç Üzeri Bağlantısı

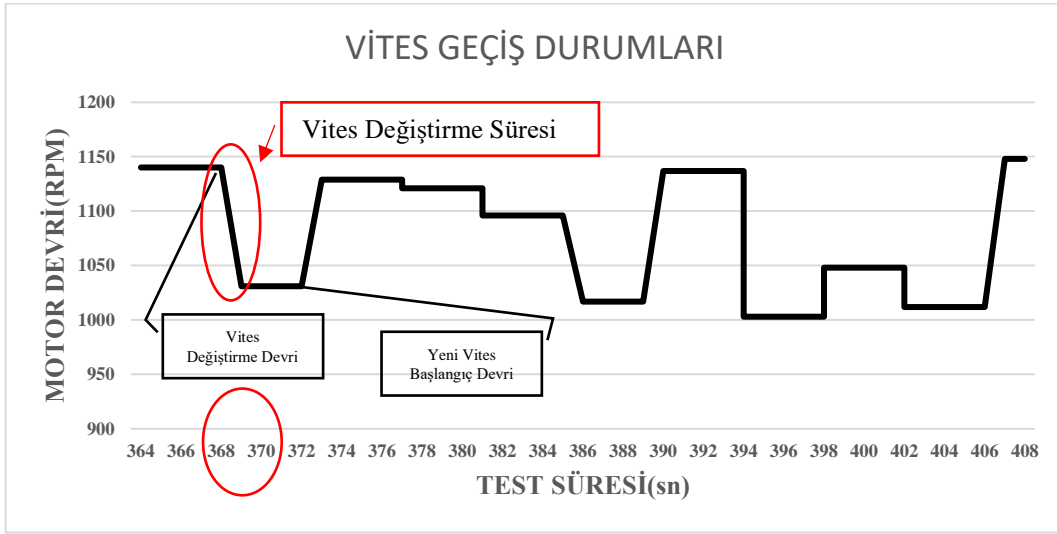
#### 4.5. Vites Değişirme Bileşenlerinin Araç Üzeri Test Verilerinin İncelenmesi

Otomatik vites araçlar belirli parametreler aralığındaki değerleri sağladığı zaman vites değişimini sürücüden bağımsız şekilde tamamlamaktadır. Vites geçiş anında motor ile şanzıman arasındaki kavrama mekanizması ayrıldığı için motor devrinde düşüş meydana gelmektedir. Vites değişim anında devir arasındaki diferansiyelin artması ile aracın yeni vitese geçişinde yığılma meydana gelecektir. Aynı zamanda yakıt tüketiminin artmasına sebep olacaktır. Bu yüzden vites geçiş süresinin minimum olması gerekir. Şekil 4.13. de dinamik sürüş anında kaydedilen veriler üzerinde vites geçiş zamanları gösterilmiştir. Araç vites değiştirme devrine ulaştıktan sonra debriyaj kavrama mekanizması açılarak vites değişme işlemi tamamlanır. Şekil 4.13. de vitesin değiştiği devir ve yeni vites için başlangıç devirleri gösterilmiştir. Vites değişim esnasında motor devrindeki düşüşe ek olarak motor torkunda da düşme meydana gelir. Vites değişim algoritmasında en önemli kısım optimal gaz pedal konumu, araç hızı, motor devri ve yağ basıncında vites geçişlerinin sağlanması ve vites değişimine göre de vites geçiş sürelerinin minimum seviyelerde olmasıdır. Optimal seviyelerde vites geçişlerinin sağlanması ile yakıt tüketimi azaltılmış olacaktır.

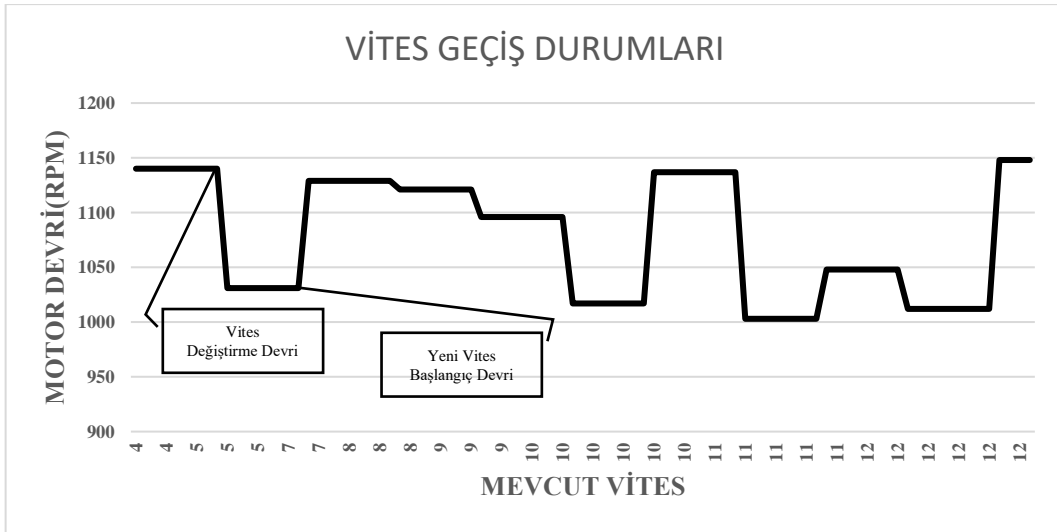
Grafikte vites değiştirme parametre değerlerine göre mevcut vites durumundaki değişim incelenmiştir. Gaz pedal konumunun kademeli artışı ile birlikte araç hızı ve motor devri de artmıştır. Motor devrinde anlık olarak yaşanan düşüş sebepleri vites değişimlerinden kaynaklanmaktadır. Yakıt tüketiminin artmaması için vites değişimlerinin minimum sürede olması gerekir.



Şekil 4. 13. Texa Navigator ile Araç Üzeri Test Verilerinde Vites Geçiş Durumları



Şekil 4. 14. Araç Üzeri Test Verilerinde Vites Geçiş Durumlarının Belirlenmesi



Şekil 4. 15. Araç Üzeri Test Verilerinde Vites Geçiş Durumları

#### 4.6. K-Means Algoritması Kullanılarak Vites Değişme Parametrelerinin Optimize Edilmesi

Kümeleme, görüntü işleme, makine öğrenimi ve istatistik gibi çok çeşitli alanlarda karşımıza çıkmaktadır(Jain ve Murty 1999). Kümeleme problemi, belirli bir veri setinde homojen veri gruplarını bulma olarak tanımlanır. Bu grupların her birine küme adı verilir ve nesnelerin yoğunluğunun yerel olarak diğer bölgelere göre daha yüksek olduğu bir bölge olarak tanımlanabilir.

Kümelemenin en basit biçimi, belirli kümeleme kriterlerinin optimize edilmesi için veri kümesini ayrık alt kümelere ayırmayı sağlamaktır. En yaygın olarak kullanılan kriter, her bir nokta için karşılık gelen küme merkezinden kare uzaklığını hesaplayan ve ardından veri setindeki tüm noktalar için bu mesafelerin toplamını alan kümeleme hatası kriteridir (Peña ve ark. 1999).

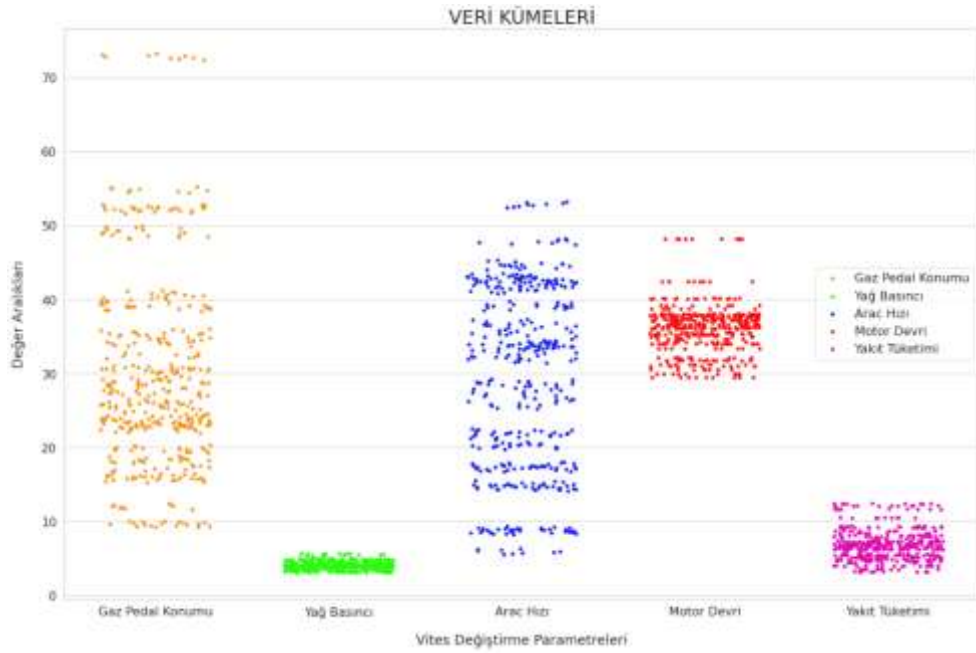
#### 4.6.1. K-Means Algoritmasının Veri Setinde Uygulanması

Şanzıman üzerine entegre edilen vites değiştirme bileşenlerine ait veriler dinamik test sürüşü yapılarak oluşturulmuştur. Test sürüşü esnasında araç yüksüz durumdadır. Oluşturulan veri seti ile araç için optimum yakıt seviyesini sağlayacak vites değiştirme parametreleri k-means algoritması ile optimize edilmiştir. Vites değiştirme parametreleri olarak araç hızı, motor devri, gaz pedal konumu ve yağ basıncı kullanılmıştır. Algoritmanın çıkışı ise aracın dinamik test anında ölçülen yakıt miktarıdır.

**Çizelge 4. 2.** Vites Değiştirme Parametrelerine Ait Birimler

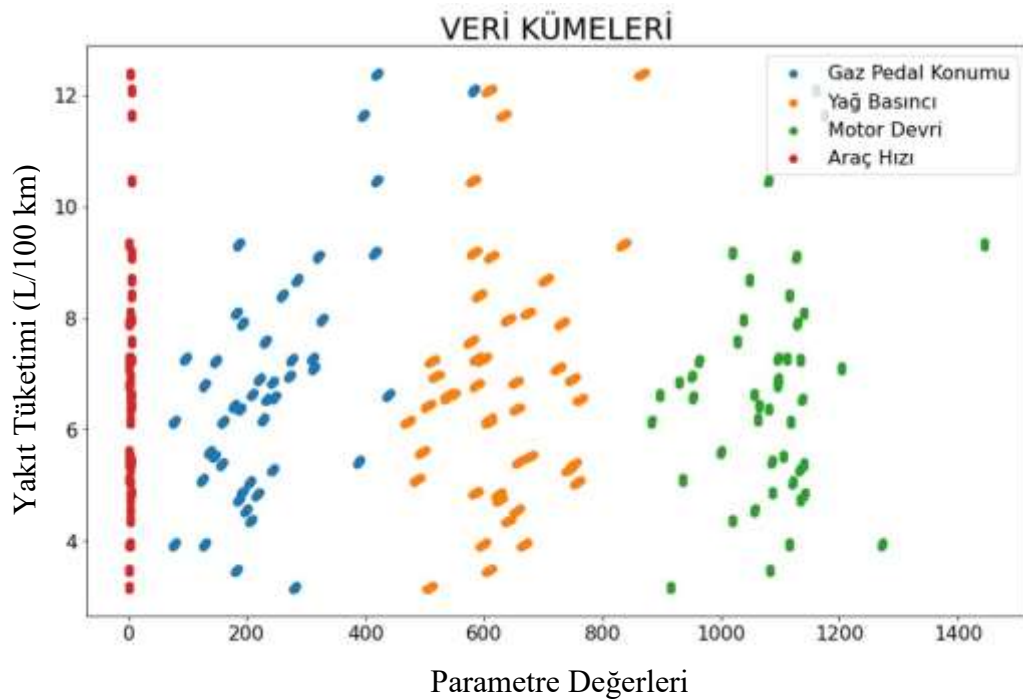
PARAMETRELER	BİRİM	DEĞER ARALIKLARI
Araç Hızı	km/sa	0-60
Motor Devri	dev/dk(RPM)	0-1500
Gaz Pedal Konumu	%	0-100
Yağ Basıncı	bar	0-10
Yakıt Tüketimi	L/100 km	0-15

Algoritmada kullanılan parametrelere ait birimler ve değer aralıkları Çizelge 4.2. de verilmiştir.



Şekil 4.16. Vites Değişirme Parametreleri Değer Aralıkları





Araç üzeri test verilerinin değer aralıkları Çizelge 4.2. de sayısal olarak verilmiştir. Çizelge incelendiği zaman motor devri değerinin diğer parametrelere oranla daha yüksek olduğu tespit edilmektedir. Şekil 4.16. da verilerin değer aralıkları dağılım kümesinde verilmiştir. Dağılım kümesi python ortamında oluşturulmuş olup dağılımın daha net incelenebilmesi amacı ile motor devri değerleri 30 kat düşürülmüştür.



Şekil 4.17. Vites Değişirme Parametrelerinin Yakıt Tüketimine Göre Kümelenmesi

Şekil 4.17. de veriler yakıt tüketimine göre kümelenmiştir. Yağ basıncı, araç hızı, gaz pedal konumu değerleri 0-100 değerleri arasında değişim göstermiştir. Motor devri ise 0-1500 rpm arasında bir değer aralığına sahiptir. Kümelemenin daha düzgün olması ve optimum vites değiştirme parametre değerlerinde sapma olmaması için parametreler arasında çarpanlar kullanılmıştır. Parametrelerin tamamı k-means algoritmasında 0-1500 değer aralığında kümelenip konumlandırılmıştır. Parametre çarpanları ve veri dağılım renkleri Çizelge 4.3. de verilmiştir;

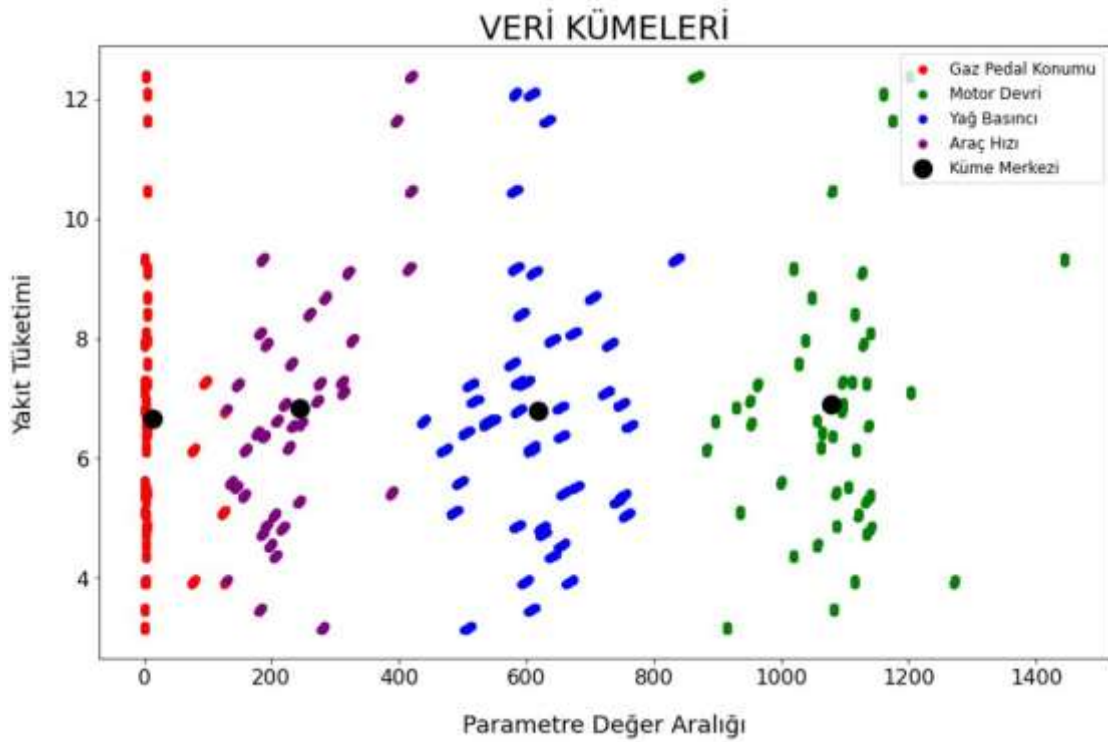
**Çizelge 4. 3.** Vites Değiştirme Parametrelerine Ait Katsayılar

PARAMETRELER	KATSAYILAR	VERİ DAĞILIM RENKLERİ
Araç Hızı	*0,1	
Motor Devri	*1	
Gaz Pedal Konumu	*8	
Yağ Basıncı	*155	
Yakıt Tüketimi	*1	

K-means Algoritması temel olarak 4 aşamadan oluşur:

- 1.Küme merkezlerinin belirlenmesi
- 2.Merkez dışındaki verilerin mesafelerine göre kümelendirilmesi
- 3.Yapılan kümelendirmeye göre yeni merkezlerin belirlenmesi (veya eski merkezlerin yeni merkeze kaydırılması)
- 4.Kararlı hal durumu oluşana kadar 2. ve 3. adımların tekrarlanması.

Yukarı da bulunan 4 aşama tamamlanarak k-means algoritması uygulanmıştır. Algoritma sonucunda her bir parametreye ait veri kümesinin merkez noktaları bulunmuştur. Algoritma sonucunda bulunan merkez noktaları araç için optimum vites değiştirme parametre değeri olarak belirlenmiştir.



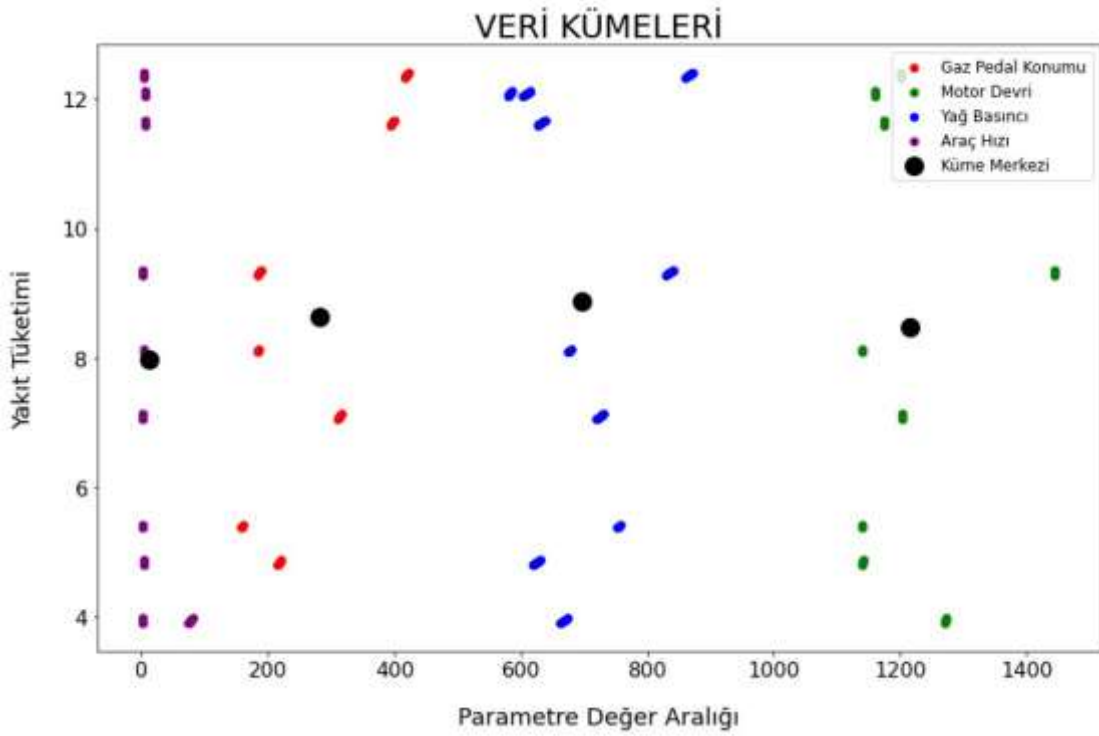
Şekil 4. 18. Vites Değiştirme Parametrelerine Ait Merkez Noktaları

K-means algoritması sonucunda merkez noktaları tespit edilmiştir. Merkez noktalarında veriler daha yoğun haldedir ve bu noktalar araç için optimum vites değiştirme değerleridir.

Çizelge 4. 4. Vites Değiştirme Parametrelerine Ait Optimum Yakıt Tüketimi

PARAMETRELER	OPTİMUM VİTES DEĞİŞTİRME DEĞERLERİ	YAKIT TÜKETİMİ	VERİ DAĞILIM RENKLERİ
Araç Hızı	27	6,72	●
Motor Devri	1078	6,9	●
Gaz Pedal Konumu	29,75	6,75	●
Yağ Basıncı	3,98	6,78	●

Çizelge 4.4. de K-means algoritmasına ait sonuçlar verilmiştir. Araç, çizelgede verilen optimum vites değiştirme parametre değerlerine göre kullanıldığı durumlarda ortalama 6,79 L/100km yakıt tüketmektedir.



Şekil 4. 19. Kontrolsüz Vites Değişirme Parametrelerine Ait Merkez Noktaları

Algoritmanın ilk adımında vites değiştirme parametrelerine ait optimum değerler bulundu. Sırada ki adımda ise sürücünün vites değiştirme parametrelerini kontrolsüz şekilde kullandığı durumdaki sonuçları inceleyelim. Şekil 4.19. da araç üzerinden raporlanan test verilerine ait grafik mevcuttur. Grafik, sürücünün aracı kontrolsüz kullandığı durumdaki verileri içermektedir. Yeni bulunan merkez noktalarına göre hesaplanan yakıt tüketimi Çizelge 4.5. de verilmiştir.

Çizelge 4. 5. Vites Değişirme Parametrelerine Ait Kontrolsüz Yakıt Tüketimi

PARAMETRELER	VİTES DEĞİŞTİRME DEĞERLERİ	YAKIT TÜKETİMİ	VERİ DAĞILIM RENKLERİ
Araç Hızı	44	8,29	●
Motor Devri	1216	8,58	●
Gaz Pedal Konumu	35,12	8,73	●
Yağ Basıncı	4,48	8,87	●

Sürücü vites değiştirme parametrelerini optimum şekilde kullanmadığı zaman ortalama 8,62 L/100km yakıt tüketmektedir.

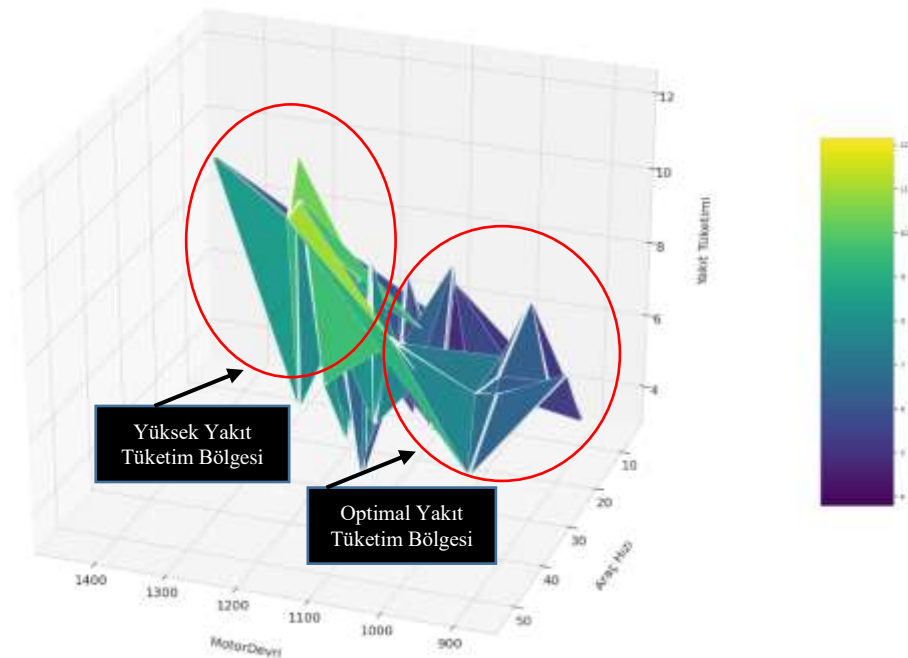
K-Means algoritması kullanılarak optimum vites değiştirme parametrelerine ait değerler Çizelge 4.4. de verildi. K-Means algoritması bütün vitesler için de uygulanarak

her bir vites için optimum değerler bulunmuştur. Algoritma sonucunda bulunan optimum değerler Çizelge 4.6. de verilmiştir.

**Çizelge 4. 6.** Viteslere Ait Optimum Parametre Değerleri

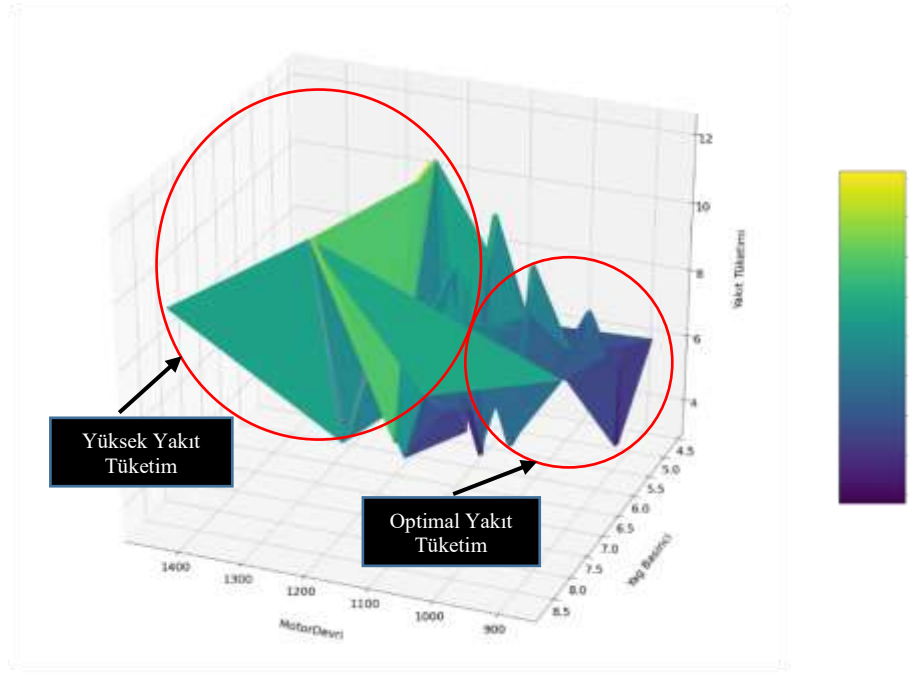
Vitesler	Gaz Pedal Konumu	Yağ Basıncı	Araç Hızı	Motor Devri	Yakıt Tüketimi
1					
2	15	3,17	3,6	1007	3,07
3	16,1	3,2	4,2	1060	3,12
4	17,8	3,28	5,9	1065	3,17
5	19,6	3,59	8,6	1057	4,6
6	21	3,71	9,3	1040	5,1
7	22,8	3,79	14,5	1062	5,38
8	25,8	3,86	17,6	1083	5,52
9	27,6	4,04	22,1	1080	5,95
10	30,8	4,08	26,6	1075	6,58
11	32,1	4,18	33,9	1102	6,85
12	35,6	4,26	39,3	1099	7,01

Vites değiştirme parametrelerine ait yüzey grafikleri aşağıda incelenecek olup parametreler arasındaki ilişki daha net şekilde görülecektir.



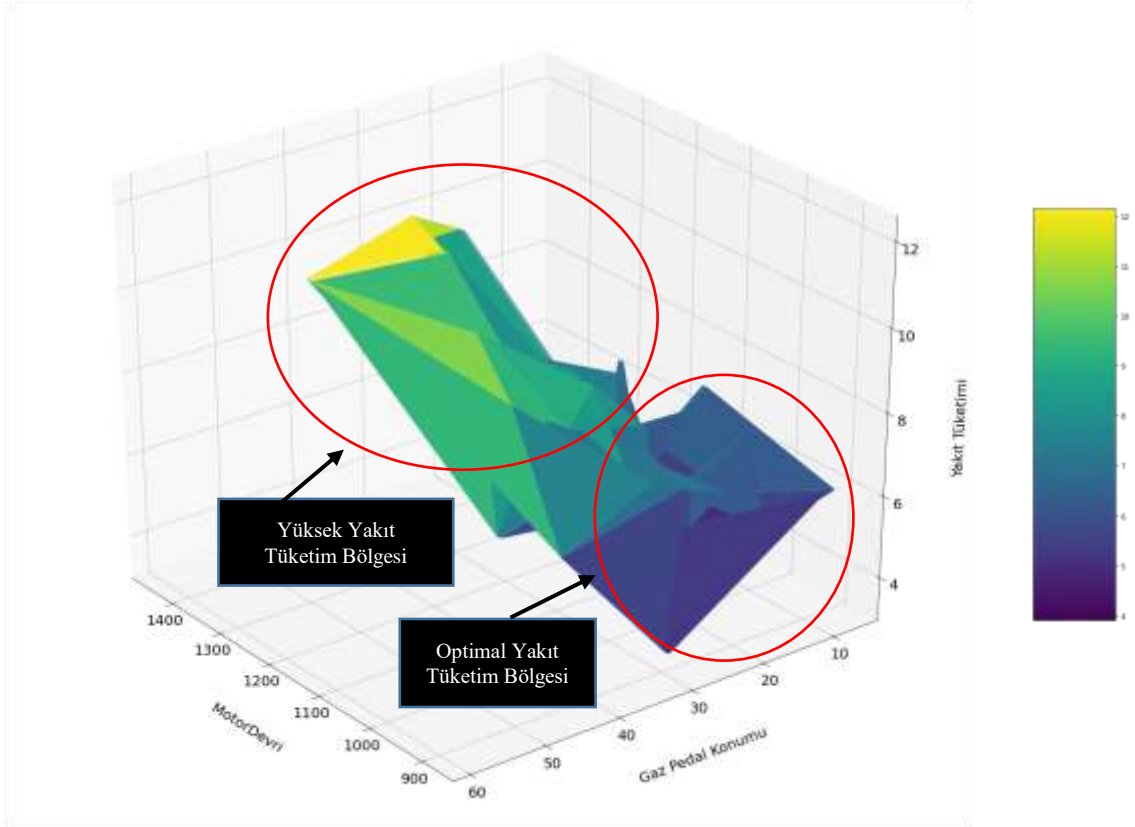
**Şekil 4. 20.** Motor Devri ve Araç Hızına Göre Yakıt Tüketiminin İncelenmesi

K-means algoritmasında motor devri için optimum değer 1078 dev/dk ve araç hızı 27 km/sa olarak hesaplanmıştır. Yüzey grafiğinde görüldüğü üzere motor devri ve araç hızının optimum değerler üzerinde olması durumunda yakıt tüketiminde artış meydana gelmiştir.



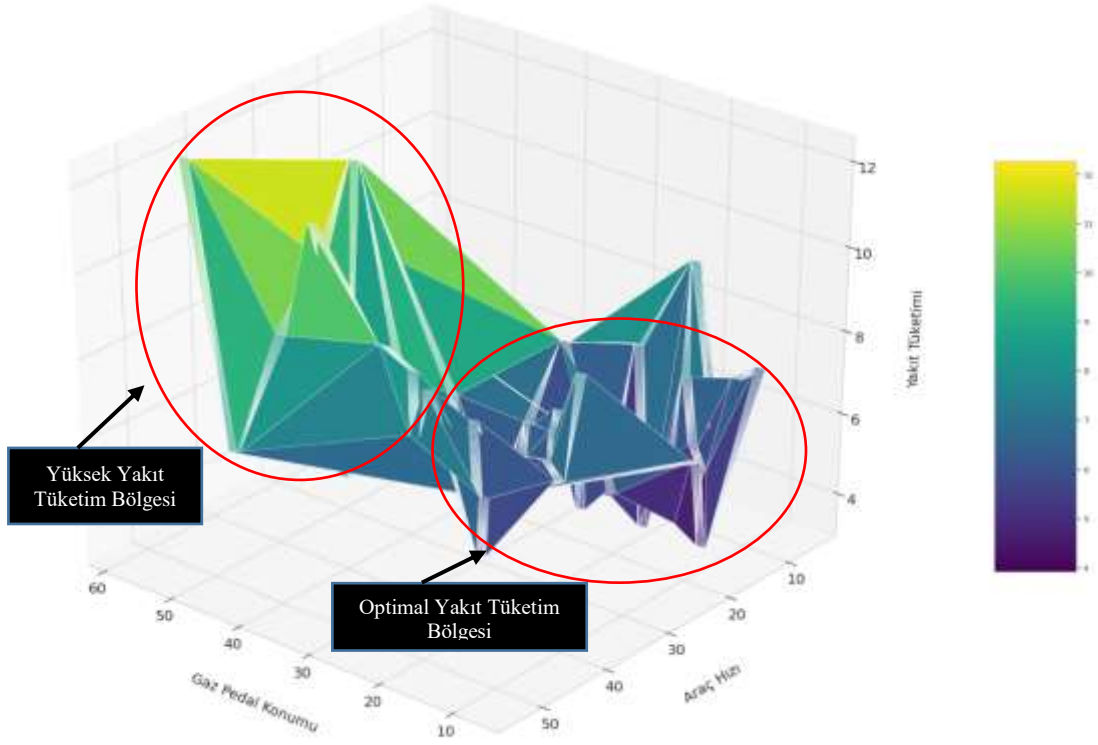
**Şekil 4. 21.** Motor Devri ve Yağ Basıncına Göre Yakıt Tüketiminin İncelenmesi

Şekil 4.21. de motor devri ve yağ basıncının yakıt tüketimi üzerindeki etkisine ait yüzey grafiği verilmiştir. Yağ basıncı için optimum aralık yaklaşık olarak 4 bar seviyelerindedir. Motor devrinin ve yağ basıncının optimum seviyeler üzerinde yakıt tüketiminde artışa sebep olduğu yüzey grafiğinde görülmektedir. Yakıt tüketimi 10L/100km seviyelerine kadar artış göstermiştir.



**Şekil 4. 22.** Motor Devri ve Gaz Pedal Konumuna Göre Yakıt Tüketiminin İncelenmesi

Şekil 4.22. de motor devri ve gaz pedalı konumunun yakıt tüketimi üzerindeki etkisine ait yüzey grafiği verilmiştir. Gaz pedal konumu için optimum aralık algoritma sonucuna göre %30 seviyelerindedir. Yüzey grafiği incelendiği zaman gaz pedal konumunun % 0-30 olduğu pozisyonlarda optimum yakıt tüketimi sağlanmıştır. Gaz pedal konumunun artması, motor devrinin ve araç hızının artmasına sebep olmaktadır. Bu yüzden gaz pedal konumunun optimum seviyelerde tutulması yakıt tüketimi açısından tasarruf sağlamaktadır.



**Şekil 4. 23.** Araç Hızı ve Gaz Pedal Konumuna Göre Yakıt Tüketiminin İncelenmesi

Gaz pedal konumu ve araç hızına ait yüzey grafiğinde optimum değer aralıklarında yakıt tüketiminin yaklaşık olarak 0-7 L/100km olduğu görülmektedir. Gaz pedal konumunun optimum değer üzerine çıkması ile araç hızı da gaz pedalına bağlı olarak artış gösterecektir. Yakıt tüketiminde ki artış şekil 4.23. de görülmektedir.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Manuel ve otomatik şanzımanlı araçlarda sürücüler debriyaj, fren pedalı, gaz pedalı, vites ve direksiyon simidini ilgili trafik koşullarında kendi alışkanlıklarına göre kontrol etmektedirler. Motorun çalışma durumu ise araçların yakıt tüketimini belirler. Sürüş stiline neden olduğu yakıt tüketim farkı, deneyimli sürücüler dahil olmak üzere yol koşullarına göre %10'u aşmakla beraber %20 seviyelerine ulaşmaktadır(Ma ve ark. 2015). Çok sayıda çalışma sürüş stiline yakıt tüketimi üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermiştir. Jeffrey ve arkadaşları(2012), araç üzerinde deneyler yapmış ve farklı sürücü stillerinin yakıt tüketiminde yaklaşık %30'luk fark meydana getirdiğini tespit etmişlerdir(Gonder ve ark. 2012). Örneğin motor devri çok yüksek ise ağır vasıtalarda yakıt tüketimi de artabilir bu da sürücülerin düşük viteste ve yüksek hızda sürüşten kaçınmaya çalışmasını gerektirir. Jinghui ağır hizmet kamyonunda yaptığı çalışmada optimum yakıt ekonomisi seyir hızının 32 ile 52 arasında değiştiğini göstermiştir(Wang 2017) . Jinghui otobüs üzerinde yaptığı yakıt tüketimi çalışmasında ise optimum yakıt ekonomisi seyir hızlarının 40 ile 50 arasında değiştiği sonucuna varmıştır( Wang 2016).

### 5.1 Sonuçlar

Tez çalışmasında manuel ve otomatik şanzımanın özellikleri birleştirilerek vites değiştirme bileşenleri ile robotize(otomatikleştirilmiş manuel) şanzıman geliştirilmiştir. Manuel şanzıman sistemine entegre edilen vites değiştirme bileşenleri ile şanzıman robotize hale getirilmiştir. Otomatikleştirilmiş manuel şanzıman için kontrolü sağlanacak vites değişim parametreleri belirlenmiştir. Vites değiştirme parametrelerine ait optimum değerlerin bulunması için araç üzeri test çalışmaları yapılarak dinamik test sürüşleri gerçekleştirilmiştir. Vites değiştirme bileşenleri aynı model 2 araca uygulanarak, aynı ortam şartlarında belirli aralıklarla yapılan 10 test sürüşünden 200 dakikalık test verisi ile veri kümesi oluşturulmuştur. Test aracı manuel ve otomatik olmak üzere iki farklı sürüş moduna sahiptir. Araç test anında yüksüz durumdadır ve manuel modda kullanılmamıştır. Sebebi ise manuel modda sürüş, sürücü kontrolüne bağlı olduğu için yakıt tüketim değerlerinin farklı aralıklarda olduğu tespit edilmiştir. Farklı yakıt tüketim aralıkları ise optimum yakıt tüketim değerinin doğruluk payını azaltmaktadır. Testler otomatik modda gerçekleştirilmiş olup araç hızı ve gaz pedal konumu doğrusal şekilde artırılarak test sürüşleri tamamlanmıştır. Test sonucunda vites değiştirme algoritmasını oluşturan

optimum parametre değerleri belirlenip, araç üzerinde yakıt tüketiimi kontrol edilmiştir. Araç otomatik modda kullanılırken sürücü stiline göre yakıt tüketiminin artışına sebep olacak durumdaki veriler kontrolsüz yakıt tüketimi olarak sınıflandırılmıştır. Vites değiştirme yol haritasının oluşturulması ile algoritma kontrolüne bağlı optimum yakıt tüketimi ile sürücü kaynaklı kontrolsüz yakıt tüketim değerleri karşılaştırılmıştır. Otomatik modda belirlenen optimal vites değiştirme değerleri aynı zamanda manuel kullanım içinde uygulanabilir.

K-means algoritması kullanılarak optimum vites değiştirme parametrelerine ait değer aralıkları belirlenmiştir. Optimum vites değiştirme parametrelerine göre araç ortalama 6,79 L/100km yakıt tüketmiştir. Sürücü algoritmadan bağımsız şekilde aracı kullanması sonucu ortalama 8,62 L/100km yakıt tükettiği gözlemlenmiştir. Vites değiştirme parametrelerinin optimize edilmesi ile %27 oranında yakıt tasarrufu sağlanmıştır.

Vites değiştirme parametreleri esas olarak araç hızı, motor devri, gaz pedal konumu ve yağ basıncını içermekte olup, bu karakteristik parametrelere dayalı k-means algoritma sonuçlarının, sürücü işlemlerine rehberlik etmek için kullanılabilceğini göstermektedir.

**Çizelge 5. 1.** Vites Değiştirme Parametrelerine Ait Optimum Yakıt Tüketimi

PARAMETRELER	OPTİMUM VİTES DEğİŞTİRME DEğERLERİ	YAKIT TÜKETİMİ
Araç Hızı	27	6,72
Motor Devri	1078	6,9
Gaz Pedal Konumu	29,75	6,75
Yağ Basıncı	3,98	6,78

**Çizelge 5. 2.** Vites Değiştirme Parametrelerine Ait Kontrolsüz Yakıt Tüketimi

PARAMETRELER	VİTES DEğİŞTİRME DEğERLERİ	YAKIT TÜKETİMİ
Araç Hızı	44	8,29
Motor Devri	1216	8,58
Gaz Pedal Konumu	35,12	8,73
Yağ Basıncı	4,48	8,87

**Çizelge 5. 3.** Optimum Yakıt Tüketimi İle Kontrolsüz Yakıt Tüketimi Sonuçlarının Karşılaştırılması

PARAMETRELER	OPTİMUM YAKIT TÜKETİMİ	KONTROLSÜZ YAKIT TÜKETİMİ	YAKIT TASARRUFU(%)
Araç Hızı	6,72	8,29	23,36
Motor Devri	6,9	8,58	24,35
Gaz Pedal Konumu	6,75	8,73	29,33
Yağ Basıncı	6,78	8,87	30,83
<b>ORTALAMA YAKIT TÜKETİMİ</b>	<b>6,79</b>	<b>8,62</b>	<b>26,96</b>

## 5.2 Öneriler

Bu tezde otomotiv sektöründe ağır vasıtalarda kullanılması için vites değiştirme bileşenlerine ait tasarım ve parametrelerin optimizasyon çalışmaları yapılmıştır. Otomotiv ağır vasıta sektöründe Türkiye’de üretimi olmayan yerli robotize vites değiştirme bileşenlerinin uygulanabilirliğinin yayılması hedeflenmektedir. Yakıt ekonomisini iyileştirmek, emisyonu azaltmak ve sürüş performansını artırmak için kullanılan vites değiştirme bileşenleri ile ağır vasıtalarda %27 yakıt tasarrufu sağlanmıştır. Gerçekleştirilen çalışma bu konuda yapılacak benzer çalışmalara önemli derecede yararlı bir kaynak olarak değerlendirilebilir.

Uzun yol ağır hizmet kamyonları için veri setleri elde etmek zordur ve bu da mevcut literatüre yenilik katmaktadır. Bu tez çalışması aynı zamanda araç ömrünü uzatma, yakıt maliyetini düşürme ve verimliliğini artırma hedefini gerçekleştirmeye yardımcı olabilir. Trafik kirliliğini kontrol etmeye ve egzoz gazını azaltmaya katkı sağlamıştır. Veri madenciliğinin son teknoloji ürünü ve metodolojik karmaşıklığı nedeniyle, bu çalışma farklı ve ağır koşullarda deneysel çalışmalara açıktır. Gelecekteki araştırmalarda, verilerin makul ve doğruluğunu sağlama öncülüğünde, toplanan veriler tür ve nicelik olarak genişletilecektir. Diğer veri madenciliği yöntemleri denenerek model doğruluğu artırılacaktır. Ağır vasıta yakıt tüketiminin bilimsel yönetimini gerçekleştirmek için yakıt tüketimi değerlendirme sistemi kurulabilir.

Ülkemizde ve dünyada hibrit, elektrikli ve otonom araçlar daha yaygın şekilde kullanılabilir hale gelecektir. Bu bağlamda, çalışmadan elde edilen sonuçlar vites değiştirme algoritmalarının geliştirilmesi ile özellikle hibrit ve elektrikli araçların geliştirilmesinde performans parametreleri açısından fayda sağlayacağı öngörülmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

- A. B. Kından. 2019. “ARM Cortex M0 Serisi Mikrodenetleyicilerden Oluşan Ayrık Gömülü Sistemler İçin CAN Bus Tabanlı Yazılım Güncelleme Sistemi Tasarımı.” Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı.
- A. K. Jain, M. N. Murty, and P. J. Flynn. 1999. “Data Clustering.” 264–323. doi: DOI:https://doi.org/10.1145/331499.331504.
- Adamidis, Filippos K., Eleni G. Mantouka, and Eleni I. Vlahogianni. 2020. “Effects of Controlling Aggressive Driving Behavior on Network-Wide Traffic Flow and Emissions.” *International Journal of Transportation Science and Technology* 9(3):263–76. doi: 10.1016/j.ijtst.2020.05.003.
- ALBAYRAK, Mustafa, and Mete Onur KAMAN. 2019. “Charpy Darbe Testinin Deneysel ve Sayısal Analizi.” *DÜMF Mühendislik Dergisi* 10(3):945–57. doi: 10.24012/dumf.475979.
- Aydiner, M. Şükrü, and Erdem Ünüvar. 2019. “Bir Ağır Vasıta Hava Kompresörünün Performansının Deneysel olarak İncelenmesi.” (September):388–97.
- Berkhin, P. 2006. “A Survey of Clustering Data Mining Techniques.” *Grouping Multidimensional Data: Recent Advances in Clustering* (c):25–71. doi: 10.1007/3-540-28349-8\_2.
- Bhoraskar, Akshay. 2019. “Prediction of Fuel Consumption of Long Haul Heavy Duty Trucks Using Machine Learning and Comparison of the Performance of Various Learning Techniques.” 77.
- C. Fil. 2019. “İçten Yanmalı Motorların J1939 Canbus’tan Alınan Bilgilerinin Ve Hata Mesajlarının İşlenmesi ve Mobil Uygulamada Görüntülenmesi.” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kontrol Ve Otomasyon Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Chen, Qi, Yu Cai Zhao, Jian Bo Yin, and Yun Bo Ma. 2014. “Automated Mechanical Transmission Technology and Development Trend.” *Applied Mechanics and Materials* 697:280–84. doi: 10.4028/www.scientific.net/amm.697.280.
- Corrêa, Fernanda Cristina. 2014. “Influence of Gearshift Strategies in Vehicle Performance and Fuel.” (December 2015).
- DELİKANLI Kamil, DURAK Ertuğrul, BEDİR Fevzi. 2006. “ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDE UYGULANILABİLİRLİĞİ ve MEKANİK ÖZELLİKLERİ.” 37–46.
- Fridlyander, I. N., V. G. Sister, O. E. Grushko, V. V. Berstenev, L. M. Sheveleva, and L. A. Ivanova. 2002. “Aluminum Alloys: Promising Materials in the Automotive Industry.” *Metal Science and Heat Treatment* 44(9–10):365–70. doi: 10.1023/A:1021901715578.
- Glielmo, Luigi, Luigi Iannelli, Vladimiro Vacca, and Francesco Vasca. 2004. “Speed Control for Automated Manual Transmission with Dry Clutch.” *Proceedings of the IEEE Conference on Decision and Control* 2(1):1709–14. doi: 10.1109/cdc.2004.1430290.
- Gökalp, Suha. 2014. “Veri Madenciliğinde Çeşitli Kümeleme ve Algoritmaların Farklı Platformlarda Karşılaştırmalı Analizi.” Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 298s, Erzurum.
- Gonder, Jeffrey, Matthew Earleywine, and Witt Sparks. 2012. “Analyzing Vehicle Fuel Saving Opportunities through Intelligent Driver Feedback.” *SAE International Journal of Passenger Cars - Electronic and Electrical Systems* 5(2):450–61. doi: 10.4271/2012-01-0494.
- Gong, Jian, Junzhu Shang, Lei Li, Changjian Zhang, Jie He, and Jinhang Ma. 2021. “A Comparative Study on Fuel Consumption Prediction Methods of Heavy-Duty Diesel Trucks Considering 21 Influencing Factors.” *Energies* 14(23). doi: 10.3390/en14238106.
- Guercioni, Guido Ricardo, and Alessandro Vigliani. 2019. “Gearshift Control Strategies for Hybrid Electric Vehicles: A Comparison of Powertrains Equipped with Automated Manual Transmissions and Dual-Clutch Transmissions.” *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering* 233(11):2761–79. doi: 10.1177/0954407018804120.
- H. Kayabaşı. 2008. “CAN (Controller Area Network) Temelli Alarm Sistemi Tasarımı.” Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı.
- He, Hongwen, Zhentong Liu, Liming Zhu, and Xinlei Liu. 2012. “Dynamic Coordinated Shifting Control of Automated Mechanical Transmissions without a Clutch in a Plug-in Hybrid Electric Vehicle.” *Energies* 5(8):3094–3109. doi: 10.3390/en5083094.
- Herwege, Anthony Van, Dave Singelee, and Ingrid Verbauwhede. 2011. “CANAuth - A Simple, Backward Compatible Broadcast Authentication Protocol for CAN Bus.” *ECRYPT Workshop on Lightweight Cryptography* (November 2011):299–235.
- Hongjie Ma, Hui Xie, Denggao Huang, Shuo Xiong. 2015. “Effects of Driving Style on the Fuel

- Consumption of City Buses under Different Road Conditions and Vehicle Masses.” *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 41. 205-216. 10.1016/j.Trd.2015.10.003.
- İnan, Onur. 2015. “Veri Madenciliği Uygulamaları İçin Veri İndirgeme Algoritmalarının Geliştirilmesive Resim Madenciliğine Uygulanması.” Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Jiawei Han, Micheline Kamber. 2006. *Data Mining Concepts and Techniques*. 2nd ed. San Fransisco: Morgan Kauffman.
- Jinghui Wang. 2016. “Fuel Consumption Model for Conventional Diesel Buses.” *Applied Energy*. 170. 394-402. 10.1016/j.Apenergy.2016.02.124.
- Kalıkov, Anarbek. 2006. “Veri Madenciliği ve Bir E-Ticaret Uygulaması.” Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Katreddi, Sasanka, and Arvind Thiruvengadam. 2021. “Trip Based Modeling of Fuel Consumption in Modern Heavy-Duty Vehicles Using Artificial Intelligence.” *Energies* 14(24). doi: 10.3390/en14248592.
- Kim, Dong Hyun, Jin Wook Kim, and Seibum B. Choi. 2020. “Design and Modeling of Energy Efficient Dual Clutch Transmission with Ball-Ramp Self-Energizing Mechanism.” *IEEE Transactions on Vehicular Technology* 69(3):2525–36. doi: 10.1109/TVT.2019.2963332.
- Kluger, Michael A., and Denis M. Long. 1999. “An Overview of Current Automatic, Manual and Continuously Variable Transmission Efficiencies and Their Projected Future Improvements.” *SAE Technical Papers* 108:1–6. doi: 10.4271/1999-01-1259.
- Korendyasev, George, Konstantin Salamandra, and Leonid Tyves. 2019. “Analysis of Gearshift Processes in an Automatic Transmission at Low Vehicle Speeds.” *Vibroengineering Procedia* 29:106–11. doi: 10.21595/vp.2019.21066.
- KORKUT, Serdar. 2017. “Malzemelerde Sürünme Davranışı.” Retrieved (<https://www.serdarkorkut.com/2017/06/01/malzemelerde-surunme-davranisi/> [Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021]).
- Kumbhar, Makarand S., Dhananjay R. Panchagade, and Kapil Baidya. 2014. “Development of Actuator Control Strategy for DC Motor Controlled Automated Manual Transmission ( AMT ).” 14(1):124–29.
- Lucente, Gianluca, Marcello Montanari, and Carlo Rossi. 2007. “Modelling of an Automated Manual Transmission System.” *Mechatronics* 17(2–3):73–91. doi: 10.1016/j.mechatronics.2006.11.002.
- Mane, Ajinkya, Boban Djordjevic, and Bidisha Ghosh. 2021. “A Data-Driven Framework for Incentivising Fuel-Efficient Driving Behaviour in Heavy-Duty Vehicles.” *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 95(April):102845. doi: 10.1016/j.trd.2021.102845.
- Mashadi, Behrooz, S. M. Mansourian, Amir H. Kakae, and Ali Nassiri Toosi. 2015. “Control of a Twin Clutch Transmission for Smooth Gearshifts.” *Mathematical and Computer Modelling of Dynamical Systems* 21(4):389–409. doi: 10.1080/13873954.2015.1033430.
- Mehmet Fatih AYCAN. 2010. “YAŞLANDIRMA ISIL İŞLEMİNİN SiC VE Al2O3 PARÇACIK TAKVİYELİ ALÜMİNYUM ALAŞIMI ESASLI KOMPOZİT MALZEMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ.”
- Miao, Chengsheng, Haiou Liu, and Guoming G. Zhu. 2018. “Three-Parameter Transmission Gear-Shifting Schedule for Improved Fuel Economy.” *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering* 232(4):521–33. doi: 10.1177/0954407017703234.
- MİNDİVAN, Harun. 2017. “Metalik Malzemelerin Çekme Deneyi.” 68–70.
- Oglieve, Callum J., Mahdi Mohammadpour, and Homer Rahnejat. 2017. “Optimisation of the Vehicle Transmission and the Gear-Shifting Strategy for the Minimum Fuel Consumption and the Minimum Nitrogen Oxide Emissions.” *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering* 231(7):883–99. doi: 10.1177/0954407017702985.
- Özgün BALCI. 2015. “MODELLING, SIMULATION AND CONTROL OF A POWERTRAIN WITH DUAL CLUTCH TRANSMISSION.”
- Peña, J. M., J. A. Lozano, and P. Larrañaga. 1999. “An Empirical Comparison of Four Initialization Methods for the K-Means Algorithm.” *Pattern Recognition Letters* 20(10):1027–40. doi: 10.1016/S0167-8655(99)00069-0.
- Prakash Chandra Shukla, Prashant Kumar Tiwari, Yashwant Kumar Singh, and Vikas Singh. 2017. “Design and Performance Study of Continuously Variable Transmission (CVT).” *International Journal of Engineering Research And* V6(04). doi: 10.17577/ijertv6is040668.
- Roos, Fredrik, and Jan Wikander. 2006. *The Influence of Gear Ratio on Performance of Electromechanical Servo Systems*. Vol. 4. IFAC.
- SARAÇ, ÖMER FARUK. 2014. “Yapay Sinir Ağları ve K-MEANS Kullanarak Sınır Değerlerine Göre Yazılım Efor Tahmini.” KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ.

- Savaşkan, Temel. 2017. "61616-Malzeme Bilimi ve Malzeme Muayenesi." *Papatya Yayıncılık* 8.
- Singh, G., M. Sharma, and A. P. Singh. 2018. "Novel Automated Manual Transmission Gear-Shift Map Modelling Based on Throttle Position." *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*. doi: 10.15282/ijame.15.1.2018.12.0391.
- Song, X. Y., Z. X. Sun, X. J. Yang, and G. M. Zhu. 2010. "Modelling, Control, and Hardware-in-the-Loop Simulation of an Automated Manual Transmission." *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering* 224(2):143–60. doi: 10.1243/09544070JAUTO1284.
- Wang, Jinghui. 2017. "Fuel Consumption Model for Heavy Duty Diesel Trucks." *Model Development and Testing. Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 55. 127-141. 10.1016/j.Trd.2017.06.011.
- YAYLACI, Eyüp. 2010. "Malzemelerin Yorulması." Retrieved (<http://eyupyaylaci.com/malzemelerin-yorulmasi/> [Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2021]).
- Zhang, Heng, Xinxin Zhao, Jue Yang, and Weiwei Yang. 2021. "Shift Strategy Optimization for Automatic Transmission of Heavy Trucks Based on Dynamic Programming Algorithm." *Applied Sciences (Switzerland)* 11(12). doi: 10.3390/app11125555.

