T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AĞIR VASITA FREN SİSTEMLERİ İÇİN SIZDIRMAZLIK TEST CİHAZI TASARIMI

Mehmet TOKLUCU

YÜKSEK LİSANS

OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

TEMMUZ - 2020
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Mehmet TOKLUCU tarafından hazırlanan "AĞIR VASITA FREN SİSTEMLERİ İÇİN SIZDIRMAZLIK TEST CİHAZI TASARIMI" adlı tez çalışması 09/07/2020 Tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	**İmza**
Başkan Prof. Dr. Hasan AYDOĞAN	**Sözlü onayı alınmıştır**
Danışman Doç. Dr. Süleyman NEŞELİ	**Sözlü onayı alınmıştır**
Üye Doç. Dr. Ahmet CAN	**Sözlü onayı alınmıştır**

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Sait GEZGİN
FBE Müdürü

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

AĞIR VASTI FREN SİSTEMLERİ İÇİN SIZDIRMAZLIK TEST CİHAZI TASARIMI

Mehmet TOKLUCU

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Süleyman NEŞELİ

2020, 76 Sayfa

Jüri
Danışman: Doç. Dr. Süleyman NEŞELİ
Prof. Dr. Hasan AYDOĞAN
Doç. Dr. Ahmet CAN

Türkiye karayollarının güvenliği için trafiğe çıkan ağır vasıta taşıtların fren sistemlerinin güvenlik maksatlı testlerinin ve bu sistemlerde yetkili kurumlarca onaylanmış parçaların kullanılıp kullanılmadığının kontrolü yasal bir zorunluluktur. Bu maksatla sistemin sağlıklı bir şekilde çalışıp çalışmadığının kontrolü sızdırmazlık testi ile gerçekleştirilmektedir. Mevcut durumda sızdırmazlık testi, testi yapan operatöre bağlıdır. Operatörün test süresini çok iyi takip etmesi, elde edilen verilerin hesaplanması ve test sonucunun operatör tarafından değerlendirilmesi gerekmektedir. Manuel olarak gerçekleştirilen bu işlemlerde operatör tarafından sonucu doğrudan etkileyecek hataların yapılması muhtemeldir. Bu çalışmada, ağır vasıta taşıtlarının havalı fren sistemi sızdırmazlık testinin bilgisayar destekli olarak mikro denetleyici kart ve basınç sensörü kullanımı ile otomatik olarak yapılması amacıyla bir test cihazı ve test yazılımı geliştirilmiştir. Geliştirilecek test cihazı ile halen manuel olarak yapılan mevcut testin güvenirliğinin artırılması, operatörün test için harcadığı zamanın en aza indirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda operatör tarafından yapılabilecek hatalar tamamen ortadan kaldırılmış ve testin geçerliliği artırılmıştır. Testin otomatik yapılması operatörün test için harcadığı zamanı ortadan kaldırarak 4 dakikalık tasarruf sağlamıştır. Yıllık bir milyon aracın muayene edildiği düşünüldüğünde, yılda 4 milyon dakikalık bir iş gücü tasarrufu sağlanmış olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Havalı fren, Sızdırmazlık testi, Ağır vasıta, Taşıt güvenliği

ABSTRACT

MS THESIS

DESIGN OF SEALING TESTER FOR HEAVY VEHICLE AIR BRAKE SYSTEMS

Mehmet TOKLUCU

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE AUTOMOTIVE ENGINEERING

Advisor: Doç. Dr. Süleyman NEŞELİ

2020, 76 Pages

Jury
Advisor: Doç. Dr. Süleyman NEŞELİ
Prof. Dr. Hasan AYDOĞAN
Doç. Dr. Ahmet CAN

The safety of highways is heavily dependent on the safety tests of heavy vehicle brake systems. On the other hand, it is a legal obligation to check whether the parts approved by the competent authorities are used in brake systems or not. Accordingly, a sealing test is generally conducted to check whether the system is working effectively and efficiently or not. Now, the reliability of the sealing test is directly related to how an operator who carefully implements the test. The operator must implement the test process carefully so that the data obtained must be accurately calculated and evaluated by the operator. In the process performed manually, there may be a probability for the operator to make some mistakes that affect the results. In this study, a micro controller card and pressure sensor are used during the process of the computer aided testing for the air brake System sealing of heavy vehicle vehicles. The aim of this study is to develop a test equipment with an interface software for automatic testing of the heavy vehicle infiltration. With the developed tester, the reliability of the current manual test has been significantly increased and the time spent by the operatör on the test has been minimized. As a result, if it is assumed that one million vehicles are annually inspected, it can be considered to be a labor force saving of 4 million minutes per year.

Keywords: Air Brake, Leak Test, Heavy Vehicle, vehicle safety

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, havalı fren sistemine sahip ağır ticari araçlarda yapılan ağır vasıta sızdırmazlık testi için test cihazı ve yazılımı geliştirilmiştir.

Tez konusu seçiminde ve çalışmalarım sürecinde güven ve desteğini esirgemeyen tez danışmanım Doç. Dr. Süleyman NEŞELİ'ye, test cihazının yapım aşamasında yardım ve desteğini esirgemeyen ağabeyim Erkan TOKLUCU ve Reis Makine Osman SİLAY'a, yapılan deneylerde vermiş oldukları destekten dolayı Tüvtürk KYC Karaman Araç Muayene İstasyonunda çalışan takım arkadaşlarıma, çalışmalarım boyunca bana olan güvenlerini ve desteklerini her zaman yanımda hissettiğim eşime, oğluma ve sevgili aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Mehmet TOKLUCU
KONYA-2020

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**

ABSTRACT ..... **ii**

ÖNSÖZ ..... **iii**

İÇİNDEKİLER ..... **iv**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **vi**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **4**

3. AĞIR VASITA FREN SİSTEMLERİ **9**

3.1. Ağır vasıta fren sistemini oluşturan parçalar 9
3.2. Havalı fren sistemi oluşturan parçalar ve görevleri 9
3.2.1.Hava emiş filtresi 10
3.2.2.Hava filtresi 10
3.2.3.Kompresör 11
3.2.4. Hava kurutucu 11
3.2.5.Basınç regülatörü 12
3.2.6.Anti-freeze pompa 13
3.2.7. Dört yollu emniyet valfi 13
3.2.8. Hava tankları 14
3.2.9. Hava tankı tahliye valfi 15
3.2.10. Çift devreli fren pedalı subabı 15
3.2.11. Park freni (el freni) supabı 16
3.2.12. Röle supabı (röle valf) 17
3.2.13. Römork kumanda valfi 18
3.2.14. Römork kontrol Valfi 18
3.2.15. Römork freni çözme valfi 19
3.2.16. Adaptör valf 19
3.2.17. Yüke duyarlı otomatik fren sistemi (Mekanik ALB) 20
3.2.18. Yüke duyarlı otomatik fren sistemi (Pnömatik ALB) 20
3.2.19. Diyaframlı fren silindirleri (Körüğü) 21
3.2.20. Kombi fren silindirleri 21
3.2.21. Römork bağlantıları (kaplinler) 22

4. AĞIR VASITA FREN SİSTEMİ TESTLERİ **23**

4.1. Dört Yollu Emniyet Valfi Testi 27
4.2. Sızdırmazlık Testi 27
4.3. Sarı Kaplin Koparma Testi 28
4.4. Kırmızı Kaplin Koparma Testi 28
4.5. Check Valf Kontrolü 29
4.6 ALB Kontrolü (Mekanik ALB) 29

4.7. ALB Kontrolü (Pnömatik ALB) 30

5. MATERYAL VE YÖNTEM 32

5.1. Havalı Fren Sistemi Sızdırmazlık Testi 32
5.2. Tasarım Öncesi Hazırlıklar 33
5.3. Tasarım ve İmalat Aşaması 46
5.4. Yazılım Aşaması 51

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 64

6.1. Sonuçlar 64
6. 2. Öneriler 66

KAYNAKLAR 67

ÖZGEÇMİŞ 71

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

*F*max	: Aynı aksta oluşan en büyük fren kuvveti
*F*min	: Aynı aksta oluşan en küçük fren kuvveti
*F*1	: 1. Aksta oluşan fren kuvvetleri toplamı
*F*2	: 2. Aksta oluşan fren kuvvetleri toplamı
*F*n	: n tane aksta oluşan fren kuvvetlerinin toplamı
n	: Aks sayısı
L	: Kurs boyu

Kısaltmalar

ALB	: Load Sensing Valve
AİTM	: Araç İmal Tadil Montaj Yönetmeliği
AT	: Avrupa Topluluğu
CE	: Conformite European
ECE-R13	: Economic Commission For Europe (Motorlu Taşıtların Frenlerinin Onayı)
MARTOY	: Motorlu Araçlar ev Tip Onay Yönetmeliği
MOTOY	: İki veya Üç Tekerlekli Motorlu Araçların Tip Onay Yönetmeliği
TORTOY	: Tekerlekli Tarım veya Orman Traktörleri Tip Onayı Yönetmeliği
TÜRKAK	: Türk Akreditasyon Kurumu
TSE	: Türk Standarlar Enstitüsü
ISO	: International Organization For Standardization
EN	: European Norm
DC	: Doğru akım
AC	: Alternatif akım
IDE	: Integrated Development Environment
V	: Volt
A	: Amper
VB.NET	: Visual Basic NET
mA	: Mili Amper
CPU	: Central Processing Unit
RAM	: Random Access Memory
ROM	: Read Only Memory
LCD	: Liquid Crystal Display
PWM	: Pulse Width Modulation
ADC	: Analog Digital Converter
MHz	: Megahertz
KB	: Kilobayt
mm	: Milimetre
VCC	: Collector Supply Voltage
GND	: Ground
MPa	: Mega pascal
WABCO	: Westinghouse Air Brake Company
ms	: Mili saniye

1. GİRİŞ

Türkiye'de karayolları güvenliği için, uluslararası normlara uygun kapsamda araç muayenesinin yapılması, uluslararası standartlarda eğitim almış, kalifiye eleman yetiştirilmesi, araç kaynaklı trafik kazalarının azaltılması, trafik güvenliğinin sağlanması, yeni standart muayene anlayışının oluşturulması için "Araç Muayene İstasyonlarının Açılması ve İşletilmesi Hakkında Yönetmelik" (Gazete, 18/10/1983) yürürlüğe girmiş ve Araç Muayene İstasyonlarının açılması sağlanmıştır. 2918 Sayılı Karayolları Trafik Kanunu ve Karayolları Trafik yönetmeliğinin 35. Maddesinde "Tescile bağlı araçların muayenelerini yapmak veya yaptırmak, muayene istasyonlarını denetlemek" hükmü yer almaktadır (Gazete, 23/09/2004). Bu hüküm gereği karayollarında seyir halinde bulunan taşıtların can ve mal güvenliği açısından tehlike oluşturmayacak şekilde üretilmesi ve periyodik muayenelerinin yapılması gerekmektedir.

Trafik kanunun ilgili maddesi gereği birçok mevzuat oluşturulmuş olup, karayolu taşımacılığında kullanılan taşıtlar ile ilgili yasal mevzuatlar aşağıda listelenmiştir.

- 2918 Sayılı Karayolları Trafik Kanunu ve Karayolları Trafik Yönetmeliği
- Araç Muayene İstasyonlarının Açılması ve İşletilmesi Hakkında Yönetmelik
- TS EN ISO 17020 Standardı
- Okul Servis Araçları Hizmet Yönetmeliği
- Tehlikeli Maddelerin Karayoluyla Taşınması Hakkında Yönetmelik
- Ticari Araçlarda Reklam Bulundurulması Hakkında Yönetmelik
- Ticari Plakaların Verilmesinde Uygulanacak Usul ve Esaslar Hakkında Karar
- Araçların İmal Tadil ve Montajı Hakkında Yönetmelik (AİTM)
- Motorlu Araçlar ve Römorkları Tip Onayı Yönetmeliği (MARTOY)
- İki veya Üç Tekerlekli Motorlu Araçların Tip Onay Yönetmeliği (MOTOY)
- Tekerlekli Tarım veya Orman Traktörleri Tip Onayı Yönetmeliği (TORTOY)
- Motorlu Taşıtların Frenlerinin Onayı (ECE-R13)

- Belirli Motorlu Araç Sınıflarının ve Römorklarının Frenleme Düzenekleri İle ilgili Tip Onayı Yönetmeliği (71/320/AT)

Taşıtlarda kullanılan frenleme ile ilgili donanımların görevleri; taşıtı yavaşlatmak, gerekirse belirli bir yerde durdurmak, yokuş aşağı seyir sırasında taşıtın istenmeyen hızlanmalarının önüne geçmek ve duran bir taşıtın kendiliğinden harekete geçmesini önlemek şeklinde sıralanabilir (Öz, 2012). Frenler, araç güvenliğinde belirleyici önem taşımaktadır. Araçlarda yüksek standartlarda fren sistemlerinin bulunması zorunludur (Güney ve Mutlu, 2015). Yolcu ve yük taşıyan ağır vasıtaların fren sistemlerinde, testleri yapılmış ve yetkili kuruluşlarca onaylanmış parçaların kullanılması yasal bir zorunluluk olup, sistemin sağlıklı bir şekilde çalışıp çalışmadığının çeşitli testler ile kontrol edilmesi gerekmektedir.

Araçların muayenelerinde fren test cihazı, far ayar kontrol cihazı, egzoz emisyon ölçüm cihazı, seyyar fren test cihazı, gaz kaçak kontrol cihazı, gürültü ölçüm test cihazı, lazer boyut ölçüm cihazı, yük simülatörü, direksiyon boşluk test cihazı, lastik diş derinlik ölçüm kumpası, çeki sistemi ölçüm mastarları, manometre, şerit metre gibi test cihazları ve ekipmanları kullanılmaktadır. Bu cihaz ve ekipmanların kullanımı ile de fren testi, far ölçümü, boyut ölçümü, direksiyon boşluk tespiti, havalı fren sistemi testleri (ALB, çek valf, sızdırmazlık, Dörtyollu emniyet valfi, kaplin koparma) gibi testler yapılmaktadır. Ancak araçlar üzerinde yapılan bu testlerin bazıları test cihazı ile yapılırken bazıları da ölçüm cihazları ile yapılarak elde edilen verilerin bir takım hesaplamalarla ve testi yapan teknisyenin değerlendirmesi ile gerçekleştirilmektedir.

Havalı fren sisteminde kompresör tarafından üretilen basınçlı hava, araç üzerinde bulunan hava tanklarında depolanmaktadır. Bir taşıtın fren sistemi; hava filtresi, kompresör, hava kurutucu, basınç regülatörü, emniyet supapları, hava tankları, fren pedalı supabı, park freni supabı, fren silindirleri ve bunların birbiri ile bağlantısını sağlayan basınca dayanıklı hortumlardan oluşmaktadır. Fren sisteminin sağlıklı çalışabilmesi için sistem üzerinde bulunan her bir parçanın ve ek yerinin sızdırmaz olması güvenlik bakımından büyük önem arz etmektedir.

Aracın motoru çalıştırıldığında motora bağlı kompresör, atmosferden aldığı havanın basıncını artırarak araç üreticisinin belirlediği maksimum basınca (yaklaşık 12 Bar) ulaşıncaya kadar hava tanklarını doldurur. Frenleme esnasında havanın bir miktarı kullanılır. Hava tanklarındaki basınç yine araç üreticisi tarafından belirlenen minimum basınç seviyesine (yaklaşık 8 Bar) düştüğünde kompresör tekrar devreye girerek tankları doldurmaya devam eder. Fren sistemi kullanılmadığı durumlarda sistemde

depolanan basınçlı havanın herhangi bir parça veya ek yerinden sızdırıp sızdırmadığının tespiti yapılmalıdır. Bu işleme ağır vasıta sızdırmazlık testi denmektedir.

Hâlihazırda sızdırmazlık testi manometre, süreölçer, hesap makinesi gibi materyaller kullanılarak manuel olarak yapılmaktadır. Test esnasında manuel olarak yapılan işlemler hem zaman kaybına hem de operatör hatalarının oluşmasına neden olabilmektedir. Bu çalışma ile ağır vasıta taşıtların havalı fren sistemi testlerinden "Sızdırmazlık Testinin" bilgisayar destekli olarak otomatik yapılması sağlanarak testin güvenirliğinin artırılması, operatörün test için harcadığı zamanın en aza indirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla yapılan bu tez çalışması kapsamında bir test cihazı ve test yazılımı geliştirilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Yapılan tez çalışması kapsamında oluşturulan test sistemi esasen kullanım alanı itibari ile benzeri olmayan bir sistem olup patent alınmak üzere gerekli süreçlerin başlatıldığının bilinmesi gereklidir. Dolayısıyla literatürde benzeri çalışmalara rastlamak çok olası değildir. Ancak frenleme sistemleri ve taşıt güvenliği alan başlıkları üzerine yapılan bu tez çalışmasını destekleyici literatürler üzerine de durulmuştur. Yapılan araştırmalarda rastlanan bazı çalışmalara aşağıda değinilmiştir.

Filikçioğlu (1998) tarafından yapılan çalışmada, Thepra marka fren test cihazı ile 9 adet farklı balata kullanarak bir deneysel çalışma gerçekleştirmiştir. Yapılan bu çalışmada frenleme esnasında pedala uygulanan farklı değerlerdeki kuvvetlere bağlı olarak oluşan frenleme kuvvetleri ile yine o esnada var olan sürtünmeden kaynaklı sıcaklığın frenleme kuvvetine etkisi incelenmiştir. Bu maksatla özellikle eski ve yeni balata çiftinin, kampanalı ve diskli fren sistemindeki fren kuvvetleri üzerinde durulmuştur.

Düzgün (2002) tarafından yapılan çalışmada, sistematik yol-fren deneyleri ile durma ve frenleme mesafesinin doğru ölçülmesi amaçlanmıştır. Frenleme deneyleri ve deneylerde kullanılan standartlar, fren performansına etki eden faktörler, durma mesafesi ve durma mesafesine etki eden faktörler incelenmiş, aralarındaki ilişkiler analiz edilmiştir.

Daş (2002) yaptığı çalışmada, hidrolik fren sistemine sahip otomobillerin fren sistemi tasarım analizine yönelik bir bilgisayar programı geliştirmiştir. Bu sayede fren tipi, ölçüleri, sürtünme malzemesi tipleri, merkez pompası, fren kuvvetlendiricisi, basınç regülatörü tipleri ve ölçüleri, araç boyutları, programda veri olarak girilerek durma mesafesi, yavaşlama ivmesi, durma süresi, fren hidrolik basıncı, dinamik aks yükleri, fren torkları, optimum frenleme kuvvetleri, gerçek frenleme kuvvetleri ve fren sıcaklıklarına ait verilerin tek bir frenleme yapılarak hesaplanması sağlanmıştır. Geliştirilen program ile sayısal değerler ve grafik çıktıları alınabilmekte ilaveten sistem elemanlarının çizimleri ve çalışma şeklini gösteren animasyonların da program üzerinde görselleştirilmesi mümkün kılınmıştır. Fren kuvvetinin tekerlekle yol arasındaki sürtünme kuvvetinden büyük olması halinde ilaveten fren sıcaklıklarının veya balata aşınma miktarlarının malzeme limitlerini aşması halinde ekranda uyarı bildirimi yapılması sağlanmıştır. Yine çalışmada programın otomobil fren sistemlerinin analizinde kullanımı, verilen örnek problemler çözülerek izah edilmiştir.

Düzgün (2009), ABS (Anti-lock Braking System) donanımına sahip araçların farklı şartlarda laboratuvar ortamında test edilebilmesine olanak sağlayan bir test sistemi ve cihazı geliştirmiştir. Yapılan çalışmada ABS donanımına sahip üç farklı araç test edilerek araçlarda frenleme basıncı ve fren pedal kuvveti verileri analiz edilmiş, analize bağlı fren etkinliği değerlendirilmiştir.

Kara (2011), üç farklı uzunlukta karbon fiber malzemeler kullanılarak hazırlanan balata numuneleri ile dökme demir disk üzerinde sürtünme testi gerçekleştirmiştir. Deneyden elde edilen veriler ile sürtünme katsayısı ve sıcaklık gibi parametrelere ait grafikler oluşturulmuş ve analiz edilerek ilişkisel bir yaklaşım sunulmuştur.

Ekingen (2012), tarafından yapılan çalışmada, Z-cam fren sistemine sahip kampana frenli ağır vasıta taşıtlarda fren titreşimlerine neden olabilecek unsurlar incelenmiştir. Taşıt üzerine yerleştirilen üç eksenli ivmeölçer ile titreşim dataları, tekerin dönüş devrine göre analiz edilerek titreşim frekansları ve tahrik düzeyleri analiz edilmiştir.

Öz (2012), çeşitli maddeler ile kaplanmış aşınmış fren disklerinin yeniden kullanılabilmesi amacı ile orijinal diskler ve kaplama yapılmış diskler üzerinde testler yapılmış, testlerde tungsten karbür ve kobalt ile kaplama yapılması durumunda orijinal diskten daha fazla performans gösterebileceği ve ticari kullanım için ümit verici özelliklere sahip olduğu sonucuna varmıştır.

Yüce (2013), tarafından otomotiv sektöründe kullanılan fren balatalarının faklı sıcaklık, hız ve basınç altında sürtünme katsayısını tespit etmek amacı ile test cihazı tasarımı ve imalatı gerçekleştirilmiştir. Sürtünme katsayısı üzerinde, çalışma şartları ve balata malzemesi gibi faktörlerin etkili olduğu yapılan çalışmada ifade edilmiştir. Devir farkı, sıcaklık, basınç gibi faktörler çalışma şartlarındaki değişiklikler olarak izah edilmiştir. 0-14 m/s hız ve 0-40 MPa basınç aralıklarında, geliştirilen cihaz ile test yapmanın mümkün olduğu gözlemlenmiştir. Değişkenlerin etkisini tespit etmek amacı ile sürtünme katsayısı, sıcaklık, zaman grafikleri oluşturularak analiz edilmiştir. Geliştirilen cihaz ile yabancı menşeili Chase marka test cihazı karşılaştırılmış ve birbirine yakın deney sonuçlarının elde edildiği görülmüştür.

Keskin (2015), fren sistemleri hakkında literatür taraması yaparak, diskli fren sistemlerinin yaygınlaşma nedenlerinden bahsetmiştir. Diskli fren sisteminin çalışma prensibi ve sistemin sızdırmazlığının önemi anlatılmış ve sürtünme sonucu oluşan ısının atılması için tasarımlar oluşturulmuştur. Fren balatasının fren diskine uyguladığı basıncın, taşıtın ivmesi ile bir bağıntı kurulması için taşıt frenleme dinamiği üzerine bir

model oluşturmuştur. Fren diskinde oluşacak ısının tespit edilmesi amacı ile geliştirilen model üzerinde bir takım kabuller yapılarak fren sıcaklığının zamana bağlı olarak değişimi hesaplanmıştır. Oluşturulan modelin doğruluğu literatür karşılaştırılması yapılarak teyit edilmiştir. Modelleme ile yapılan hesaplamalarda disklerde oluşabilecek sıcaklıkların çok yükselebileceği ve kullanılan diskler üzerinde iyileştirmeler yapılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Karanfil (2017), binek araç fren diskleri üzerinde kaplama yapılarak, kaplamalı ve kaplamasız yüzeylerin frenleme esnasındaki performanslarını incelemiştir. Mevcut satışı yapılan disklerin yüzeyleri çeşitli özellik ve oranlarda seramik kaplanarak deneyler yapılmış ve yapılan deneylerde uygulanan fren kuvvetine bağlı olarak, yüzeyde oluşan pürüzler, ağırlık, sıcaklık gibi unsurlar ve bunlara bağlı olarak diskler üzerindeki aşınma miktarları tespit edilmiştir. Deneyde kullanılan disklerin mikro yapıları incelenmiş ve kaplama yapılan seramik tozların diskler ile iyi bir seviyede bağ oluşturduğu gözlemlenmiştir. Kaplanmış disklerin aşınmaya karşı daha dirençli olduğu sonucuna varılmıştır.

Akdağ (2018), sonlu eleman yöntemi kullanılarak ağır ticari taşıtların fren sistemi titreşim karakteristikleri ve fren çığlığı üzerinde çalışma yapmıştır. Block Lanczos çözücü ve ANSYS kullanılarak sürtünme esnasındaki tambur ve balataların doğal frekansı ve titreşimleri belirlenmiştir. Dinamometre kullanılarak fren sisteminde oluşan gürültünün tespit edilmesi ve azaltılması amacı ile yavaşlama hızı, basınç, sıcaklık ve sürtünme katsayısı gibi parametreler kullanılarak bir takım fiziksel testler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar tablo ve grafikler halinde sunulmuştur.

Świderski ve ark. (2019), fren sistemi arızalarının erken teşhis edilmesi ve ekonomik ömrünü tamamlayan parçaların bozulmadan değişiminin yapılması amacı ile diskli fren sistemine sahip ağır vasıta araçların iki yıl süre ile gözlemlenmesini sağlamışlardır. Yapılan çalışma ile fren sistemi parçalarının aşınma derecesini etkileyen faktörler tespit etmişlerdir.

Every ve ark. (2014), binek araçlar için kullanılan dinamik fren desteği DBS sisteminin kamyonlarda kullanılmasının güvenlik açısından etkileri incelenmişlerdir. DBS kullanımı ile arkadan çarpma türü kazalarda azalma olacağı sonucuna ulaşmışlardır.

Zhang ve ark. (2009), özel yazılımlar sayesinde pnömatik fren sistemine sahip araçlarda ABS kullanımı simule edilmişlerdir. Simülasyondan elde edilen sonuçların

deneyler ile doğrulanması ile ABS'li pnömatik fren sistemi üzerinde oluşabilecek birçok problemin çözümüne katkı sağlayacağını tespit edilmişlerdir.

Karthikeyan ve ark. (2010), ticari araçlar için elektro-pnömatik fren sisteminin model tabanlı kontrolünü yapılmışlardır. Elekto-pnömatik fren sistemi için matematiksel bir model geliştirilerek, deneysel veriler ile desteklenmişlerdir. Geliştirilen modelin iyi bir performans gösterdiğini tespit edilmişledir.

Kumar ve ark. (2012), Elektro-pnömatik fren sistemleri için PID kontrol uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Geleneksel havalı fren sisteminde frenleme esnasında basınçlı havanın iletilmesinde gecikme söz konusudur. Elektro-pnömatik fren sistemi ile frenleme esnasındaki gecikmeyi önemli ölçüde azaltmışlardır.

Papinniemi ve ark. (2002), fren gıcırdaması üzerine literatür taraması gerçekleştirmişlerdir. Müşteri memnuniyetsizliğine sebep olan frenleme esnasında çıkan seslerin ortadan kaldırılması amacı ile uygulanmış yöntemleri incelenmişlerdir.

Weiss (2010), fren sisteminde kullanılan ve sürtünmeye maruz kalan parçalar aşınmaktadır. Ancak sürtünme esnasında ortaya çıkan kinetik enerjiyi rejeneratif hibrid elektrikli araçlarda yeniden enerjiye dönüştürülebileceği ve yakıt ekonomisine katkıda bulunabileceği tespit edilmiştir.

Selvaraj ve ark. (2014), pnömatik fren sistemine sahip araçlarda durma mesafesi ve araç dengesinin önemine dikkat çekilmiştir. Yapılan çalışmada ağır vasıta aracın tüm fren sistemi parçaların davranışlarını tahmin ederek aracın dinamik davranışlarının ve durma mesafesinin tahmin edilmesine yönelik modellemeler gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem ile fren sisteminde kullanılan parçaların optimizasyonu daha kolay sağlanacağı tespit edilmiştir.

Subramanian ve ark. (2006), çalışmada ağır vasıta fren sistemlerinde oluşabilecek sızıntıların tespit edilebilmesi için yöntemler sunulmuştur. Sızıntın olması ve olmaması durumlarının frenlemeye olan etkisi deneysel olarak incelenmiştir.

Gerçekleştirilen bu tez çalışması kapsamında ortaya çıkartılan ürün için Arduino platformu kullanılmıştır. Hızlı ve pratik kullanıma uygun olan bu platform günümüzde yapılan birçok akademik ve ticari amaçlı çalışmalarda yer bulmaktadır. Aşağıda bu çalışmaların bazıları örneklendirilmiştir.

Juang ve Lurrr (2013), Arduino platformu ve yazılımı kullanılarak iki tekerlekli ve kendi kendini dengeleyebilen bir robot geliştirilmiştir. Robot üzerinde çeşitli sensörler kullanılmıştır. Sensörlerden gelen verilerin işlenmesi için özel bir filtreleme sistemi kullanılmıştır.

Alakuş (2019), laboratuvar deneylerinin daha etkin yapılabilmesi amacı ile Arduino platformu ve PC yazılımı kullanımı üzerine çalışma gerçekleştirmiştir. Derslerin Arduino donanım ve yazılımı ile işlenmesi ile öğrenci tutumlarında pozitif yönde artış olduğu gözlemlenmiştir.

Demiryürek (2019), Arduino mikro denetleyici kart ve çeşitli sensörlerin kullanımı ile sera ortamı oluşturmuştur. Sensörlerden elde edilen veriler ile hasatın izlenmesi sağlanmış ve verim tahminleri yapmanın mümkün olabileceği sonucuna ulaşmıştır.

Aygör (2019), Arduino ve çeşitli sensör kullanımı ile şebeke elektriğinin olmadığı sera ortamlarındaki sıcaklık, nem vb. bilgilerin ölçülerek uzaktan takibinin sağlanması ve serada ihtiyaç duyulabilecek lamba, su motoru vb. unsurların gerçek zamanlı ve düşük maliyetli olarak kontrol edilebilmesi amacı ile sera otomasyonu geliştirilmiştir. Sera ortamından elde edilen nem, sıcaklık, ışık miktarı gibi verilerin internet ortamından takip edilmesi sağlanmıştır. İş gücünden ve su kullanımından tasarruf sağlanmıştır.

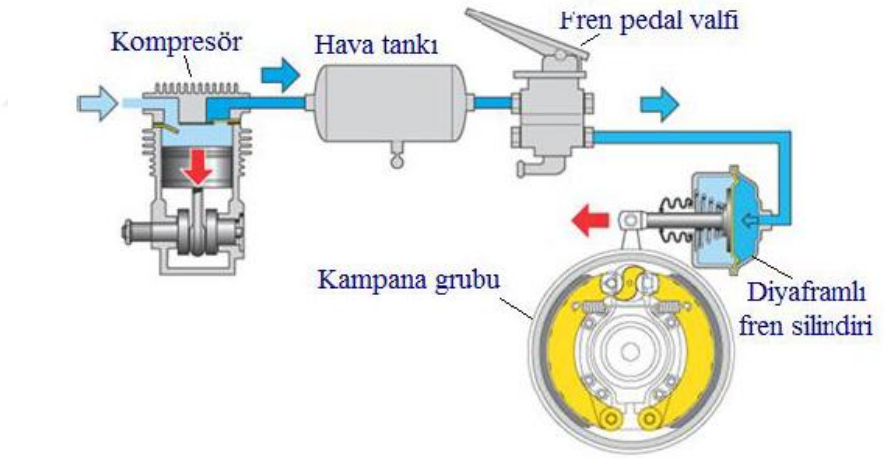
Al-Juboori (2017), Arduino mikro denetleyici kart ve elektronik röle kullanılarak AC voltaj regülatörü tasarlamıştır. Böylece sistem performansı artırılarak, esnek ve verimli bir kontrol sağlamıştır. Çalışmada elektronik röleler kullanılarak mekanik rölelerdeki kayıp ve gürültü azaltılmıştır.

3. AĞIR VASITA FREN SİSTEMLERİ

3.1. Ağır vasıta fren sistemini oluşturan parçalar

Araç hızlarının ve ağırlıklarının gün geçtikçe artması ağır hizmet tipi araçlarda büyük frenleme kuvvetlerine ihtiyaç duyulmasına neden olmaktadır. Bu nedenle özellikle büyük hacimli ve yüksek hızlı taşıtlarda kullanılmak üzere çeşitli güç yardımlı fren sistemleri geliştirilmiştir (MEGEP, 2013).

Motordan aldığı güçle çalışan hava kompresörünün yardımıyla, fren pedalına basılarak iletilen basınçla birlikte; Şekil 3.1'de görüldüğü gibi bu basınçlı havayı mekanik güce dönüştürerek durmayı gerçekleştiren fren Sistemlerine havalı fren sistemi denir. Fren pedalına uygulanan kuvvetin Otobüs, Kamyon, Çekici, Römork, Yarı Römork gibi ağır vasıtalarda araç tekerlerine aktarmak mümkün olmadığı için hava araç tekerine kadar gider ve kampana ya da fren diskine etki etmeden önce pnömatik güçle mekanik hareket oluşturur (Mcngrup, 2020).



Şekil 3.1. Havalı fren sistemi bağlantı şeması (MEGEP, 2013)

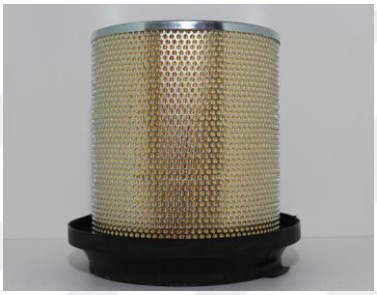
3.2. Havalı fren sistemi oluşturan parçalar ve görevleri

Ağır kara vasıtaların yük altında veya boş iken durmalarını sağlayan havalı fren sistemini oluşturan elemanların neler olduğu aşağıda kısa da olsa detaylandırılmıştır.

3.2.1.Hava emiş filtresi

Kompresör tarafından atmosferden emilen havadaki toz gibi parçacıkların temizlenmesini sağlar. Kuru tip veya yağlı tip olarak araçlarda kullanılabilir. Şekil 3.2. te hava filtresi ve içyapısı görülmektedir.

Kullanılan filtreler kompresörün tasarımına uygun olarak istenmeyen çaptaki partikülleri filtreleyebilmelidir. Filtreler hava akışına karşı düşük dirençli olmalı ve aşırı tozlu, nemli ortamlarda da görevini yapabilmelidir. Filtrelerin dayanımının artırılabilmesi amacı ile filtre elemanının iç ve dış yüzeylerine sac metalden yapılmış galvanizli delikli kılıflar kullanılmaktadır. Filtrelerde kullanılan malzemeler zamanla yıpranarak kopmamalı ve kompresör içerisine kaçmamalıdır. (Filter, 2020)



Şekil 3.2. Hava emiş filtresi (Rotagrup, 2020)

3.2.2.Hava filtresi

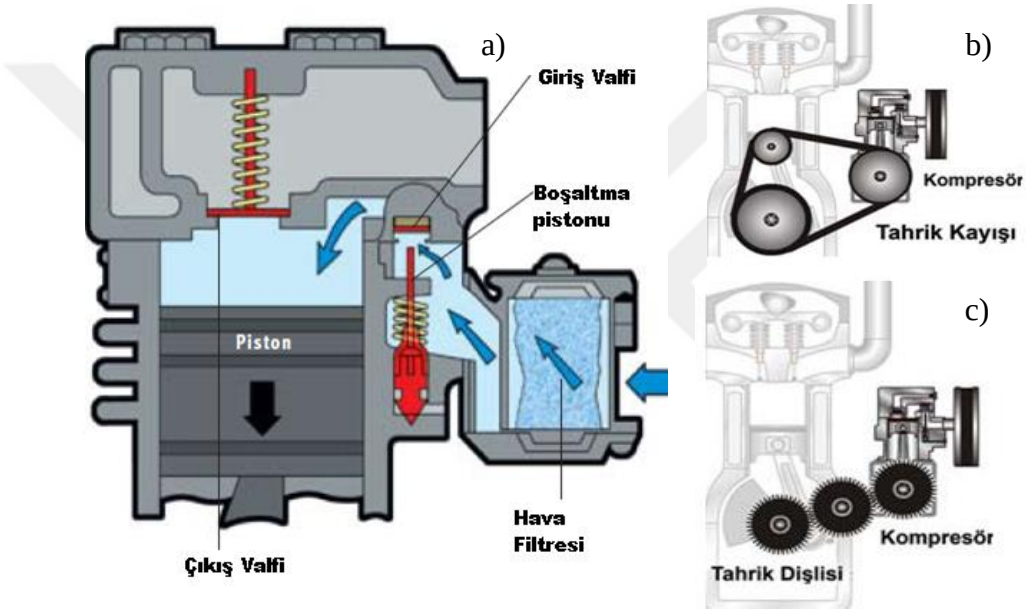
Çeşitli boylarda, gözle görülemeyecek kadar mikron düzeyindeki parçacıklar kompresör ve pnömatik fren sistemi üzerindeki parçaların aşınmasına ve zarar görmesine sebep olabilir. Bu sebeple hava filtreleri, hava emiş filtresine göre daha küçük partiküllerin temizlenmesi amacı ile kullanılan filtrelerdir. Mikron düzeydeki partiküllerin filtre üzerinde tutulması sağlanarak kompresör içine girmesi ve kompresör ve fren sistemindeki hareketli parçaların aşınması ve zarar görmesini engeller.



Şekil 3.3. Hava filtresi (Türkoilmarket, 2020)

3.2.3.Kompresör

Filtrelerden temizlenmiş olarak emdiği havayı sıkıştırarak basıncı artırır ve taşıt üreticisinin belirlemiş olduğu basınçta hava tanklarının sürekli dolu olmasını sağlar. Hava tanklarında depolanan basınçlı hava sayesinde aracın durması için frenleme sistemine verilmesi gereken hava tedarik edilmiş olur. Kayış, zincir, dişli gibi bağlantı elemanları ile hareketini taşıt motorundan alır. Şekil 3.4 (Tüvtürk, 2016) ile kompresöre ait genel görünüş ve hareket aldığı sistem ile arasındaki bağlantı çeşitlerine örnekler sunulmuştur.



Şekil 3.4. a) Kompresör kesit görünüşü
b) Kayış tahrik tipi
c) Dişli tahrik tipi

Kompresör hava tanklarını, kısmen dolu iken römork ve yarı römorklarda 3 dakika, Çekici araçlarda ise 6 dakikada doldurabilmelidir. Hava tankları tamamen boş iken, römork ve yarı römorklarda 6 dakika, çekici araçlarda 9 dakikada doldurabilmelidir (Tüvtürk, 2016).

3.2.4. Hava kurutucu

Pnömatik sistemlere sıvı teması parçaların zarar görmesine sebep olabilir. Havada bulunan nem ve su buharı kompresör tarafından havanın sıkıştırılması ve hava tanklarında depolanması sebebi ile yoğuşup sistem içinde dolaşmasına ve parçaların

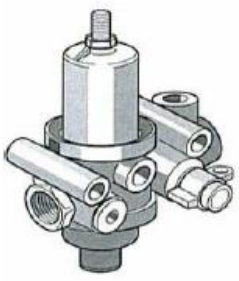
zarar görmesine neden olabilir. Hava kurutucu içyapısındaki granür maddeler sayesinde nemi tutarak sistemde sıvı birikmesini engeller. Şekil 3.5 ile bir hava kurutucu görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.5. Hava kurutucu

3.2.5.Basınç regülatörü

Basınç regülatörü, fren sisteminde kompresör tarafından üretilen basıncın aşırı yükselerek fren sitemi ve parçalarının zarar görmesini engellemek amacı ile kullanılır. Başka bir ifadeyle regülatörün görevi, hava tanklarındaki basıncı belirli bir aralıkta tutmak ve kompresörün aşırı ısınmasını engellemektir. Kompresör çıkış hattı üzerine yerleştirilir. Basınç 7.3–7.5 bar seviyelerine düştüğünde kompresörde üretilen basınçlı havanın tankları doldurulması sağlanır, basınç 8.1 bar seviyesine geldiğinde ± 0.2 kompresörden gelen basınçlı hava akışı kesilir. Römork çekmeyen araçlarda maksimum motor devrinde hava tankları 3 dakika içinde dolmalıdır. Römork çeken araçlarda ise bu süre 6 dakikadır. Şekil 3.6 ile bir regülatör görüntüsü ve iç detayları verilmiştir (Tüvtürk, 2016).



Şekil 3.6. Basınç regülatörü (Tüvtürk, 2016)

3.2.6.Anti-freeze pompa

Kompresör tarafından basıncı artırılan ve tanklarda depolanan hava içindeki nem basıncın etkisi ile yoğuşarak su haline gelir. Hava tanklarında biriken su bütün fren sistemi parçalarını etkileyebilir. Mevsim şartlarına göre hava sıcaklığının sıfırın altına düştüğü durumlarda fren sistemi içerisinde dolaşan su donarak sistemin çalışmasını tamamen veya kısmen etkileyebilir. Bu sebeple anti-freeze pompa adı verilen parçalar üzerindeki depoya konan anti-freeze madde belli oranlarda pompalanarak sistemde bulunan nemin donmasını engellemek için kullanılır. Şekil 3.7 ile bir anti-freeze pompa görüntüsü verilmiştir. -80 santigrat dereceye kadar etkili havalı fren alkolü adı verilen sıvılar kullanılarak fren sisteminin donması engellenmiş olmaktadır.



Şekil 3.7 Anti-freeze pompa (Tüvtürk, 2016)

3.2.7. Dört yollu emniyet valfi

Havalı fren sisteminde taşıtın ön, arka ve el frenin hattında herhangi bir kaçak olması durumunda kaçak olan hattın izole edilmesi ve diğer hatları etkilememesi amacı ile kullanılır. Şekil 3.8'de dört yollu emniyet valfi görüntüsü ve içyapısına ait şema verilmiştir.



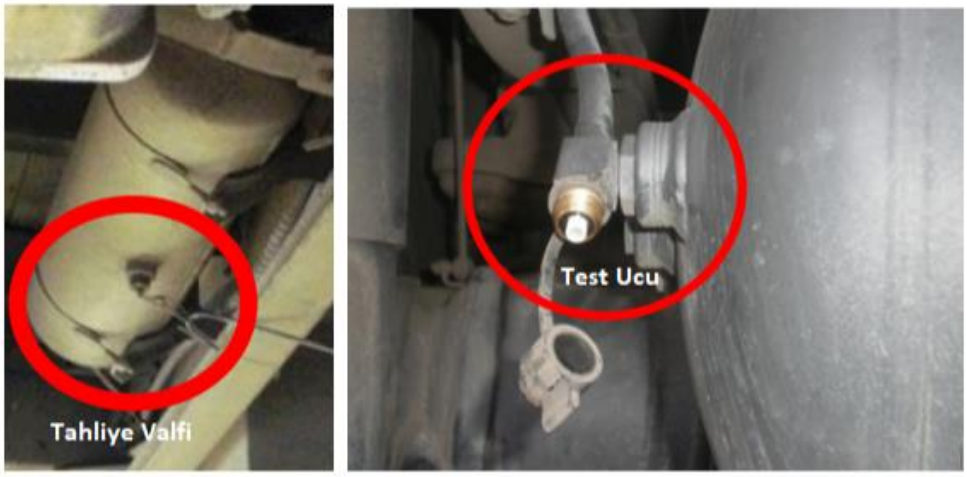
Şekil 3.8. Dört yollu emniyet valfi ve iç yapısı (Tüvtürk, 2016)

Dört Yollu Emniyet Valfi, basınçlı havayı sistemde bulunan dört yedek devreye dağıtır. Hava, öncelikli olarak servis freninin ilk ikisine (ön aks ve arka aks) ait devrelere dağıtılır. Diğer ikisi de römork freni devresi, el freni devresi ve ilave sistemlere (örneğin süspansiyon sistemi basınç emniyet devrelerine) dağıtır. Çok devreli emniyet supabının görevi; işletim esnasında herhangi bir fren devresinde hava kaybı olması halinde söz konusu fren devresini iptal eder ve bunun yerine halen işler olan diğer fren devrelerini işletir. Çift devreli pnömatik fren sisteminde devrelerin birinde hava kaybı varsa, bunun depo havası tamamen boşalır. Bu durumda frenleme mümkün değildir. En az bir devrenin aktif kalmasını sağlayacak valfler bütününe dört yollu emniyet valfi denir. 71/320 AT Yönetmeliği gereği Aracın fren sisteminin aktarma kısmının herhangi bir parçasındaki bir arızada, gerekiyorsa, arızadan etkilenmeyen diğer kısmının beslemesi, aracı kalan ve/veya ikincil fren sistemi için önceden belirlenmiş bir etki derecesiyle durdurmayı garantileyecek şekilde devam etmelidir (Tüvtürk 2018).

Bütün araçlarda dört yollu emniyet valfi-supabı fiziki olarak bulunmayabilir. Üreticiler bu valfin görevini birkaç valf ünitesi ile sağlayabilirler. Esas olan devreler arasında bağımsızlık sağlanarak iki devreli fren sisteminin güvenliğinin oluşturulmasıdır (Tüvtürk, 2016).

3.2.8. Hava tankları

Hava Tankları; basınçlı hava depolamanın yanı sıra mevcut hava kurutucuya ek olarak, yoğunlaşmış suyu toplama görevini yerine getirir. Tank üzerinde hem su tahliye görevini yapan hem de test ucu olarak kullanılabilen valfler mevcuttur (Bkz. Şekil 3.9). Tahliye valfleri, basınç altında sıvılaşan nemin boşaltılmasını sağlar. Aynı zamanda tank basınçlarının tespit edilmesi ve Sızdırmazlık testi gibi testler yapılırken test uçlarına manometre takılma imkânı sağlar. Tüm tanklarda tahliye supabının bulunması yasal bir zorunluluktur.



Şekil 3.9. Hava Tankı- Tahliye valfi ve Test ucu (Tüvtürk, 2016)

3.2.9. Hava tankı tahliye valfi

Tahliye valfleri manuel veya otomatik olarak kullanılabilir. Otomatik valfler basınca duyarlı, elektronik kontrollü, elektronik zaman kontrollü olarak kullanılabilirler. Şekil 3.10'da tahliye valfi görülmektedir.



Şekil 3.10. Tahliye valfi (Alibaba.com, 2020)

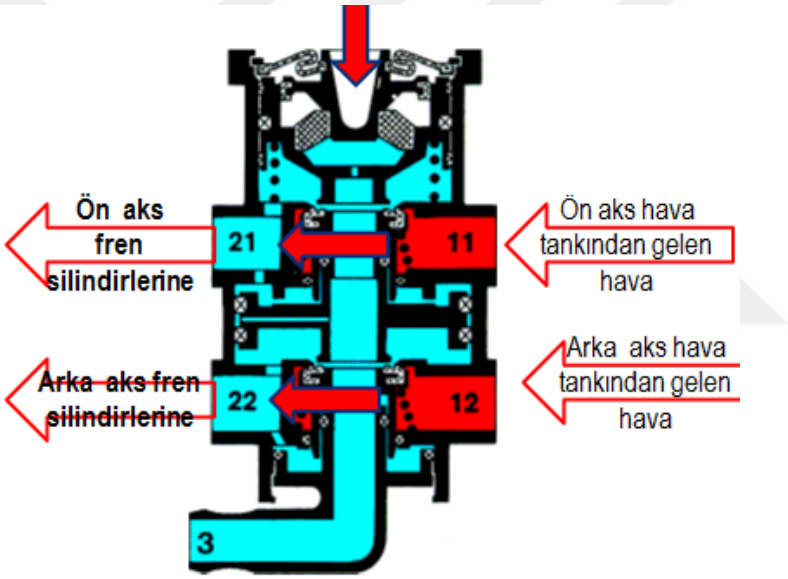
3.2.10. Çift devreli fren pedalı subabı

Fren pedalının arkasında bulunan ve pedal ile bütünleşik olarak çalışan bir valften oluşur (Bkz. Şekil 3.11). Fren pedalına basılması ile birlikte tümleşik valf hava tanklarında bulunan basınçlı havanın sisteme dağılmasını sağlar. Çift devreli fren sisteminde iki ayrı devre mevcut olup, herhangi birinin arızalanması durumunda diğer devrenin çalışmasına olanak sağlar.



Şekil 3.11. Çift devreli fren pedalı supabı (Kaplan, 2014)

Daha açıklayıcı olması amacıyla ifade edilebilir ki fren pedalına basıldığında Şekil 3.12'den görüleceği üzere hava tanklarından 11 ve 12 bağlantı uçlarına gelen basınç, 21 ve 22 nolu çıkış uçlarından ön ve arka aks fren silindirlerine gönderilerek fren yapılması sağlanır (Tüvtürk, 2016).



Şekil 3.12. Çift devreli fren Pedalı Supabı iç yapısı

Fren pedalına basılmadığında; fren pedalı geri getirme yayları sayesinde fren pedalı yukarı doğru hareket eder. Fren silindirlerine gönderilen hava basıncı kesilir. Fren silindirlerinde ve fren hattında kalmış olan hava; 3 nolu tahliye ucundan atmosfere atılarak frenlerin bir an önce devreden çıkması sağlanmış olur (Tüvtürk, 2016).

3.2.11. Park freni (el freni) supabı

El freni supabı, aynı zamanda el freni kolu görevini de yapar. Kol çekildiğinde fren kombi körüklerindeki basınçlı hava tahliye edilir. Kombi yaylar devreye girer ve

kombilerin olduğu tekerlekler frenleme yapar. Aracın park frenini kontrol eder. Şekil 3.13'te bir park freni supabı görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.13. Park freni supabı (Kaplan, 2014).

3.2.12. Röle supabı (röle valf)

Hava tankında depolanan basınçlı havanın sistem dahilindeki iletim hatlarının uzunluğuna bağlı olarak tekerleklere kadar gönderilmesi, frenleme esnasındaki gecikmelere neden olacaktır. Hava tanklarının ön ve arka tekerleklere eşit mesafede olmaması durumunda da kaynaklı frenleme esnasında yaşanan senkronize olmayan gecikmeler fren sisteminin kısa bir süre için de olsa aşırı zorlanmasına neden olacaktır. Bu sebeple tekerleklere yakın bölgelere yerleştirlen röle subaplarda basınçlı hava hazır bekletilerek frenleme esnasında rölenin açılması ile birlikte frenleme sağlanabilmektedir. Böylece frenleme esnasında yaşanan gecikmeler engellenebilmektedir. Frenleme sonunda basınçlı hava röle üzerinden tahliye edilerek frenlemenin ani sonlandırılabilmesine imkân sağlanmaktadır. Şekil 3.14 ile röle supabı görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.14. Role supabı (Kaplan, 2014).

3.2.13. Römork kumanda valfi

Römork kumanda valfi, çekici ve otobüs römorklarındaki fren sistemini veya otobüslerdeki 3. aksı kontrol maksadıyla kullanılır (Bkz. Şekil 3.15). Giriş-çıkış basınçları birebir, arasındaki fark 0 ile 1 bar arası ayarlanabilen çeşitleri mevcuttur. Üzerinden geçen sarı ve kırmızı kaplinlerin kontrolünü yaparak; basınç değişimlerinde, basınç kayıplarında, römorkun acil olarak ve kontrollü şekilde frenlemesini sağlar (Tüvtürk, 2016).

Sarı kaplinin kopması ve sürücü tarafından fren pedalına basıldığı anda bu durumu algılayarak kırmızı kaplinde bulunan basıncı düşürür. Kırmızı kaplindeki basıncın düşmesi römorkun frenleme yapmasına imkan sağlar.



Şekil 3.15. Römork kumanda valfi (Tüvtürk, 2016)

3.2.14. Römork kontrol Valfi

Kırmızı kaplinin kopması ve sürücü tarafından fren pedalına basılması durumunda römork üzerinde bulunan tüm kombi ve mebranların devreye girerek römorkun frenleme yapmasını sağlar (Bkz. Şekil 3.16). Amaç seyir halinde iken römorkun herhangi bir nedenle çekici araçtan kurtulması durumunda Römorkun frenleme yaparak en kısa sürede durmasının sağlanmasıdır.



Şekil 3.16. Römork kontrol valfi (Tüvtürk, 2016).

3.2.15. Römork freni çözme valfi

Römorkta bulunan römork freni çözme valfi; servis fren sisteminin ve park fren sisteminin devreye alınıp, devreden çıkarılmasını sağlar (Bkz. Şekil 3.17). Römorklarda, römork freni çözme valfinin mevcudiyeti ve çalışması zorunludur. Kırmızı butona basıldığında römork üzerinde bulunan hava tanklarındaki basınçlı hava akslarda bulunan fren körüklerine gönderilerek tüm frenlerin devreye girmesini sağlar. Siyah buton ise frenlerin devreden çıkarılmasını ve römorkun yol konumuna alınmasını sağlar.



Şekil 3.17. Römork freni çözme valfi

3.2.16. Adaptör valf

Dinamik aks yüklerinin düşük olduğu bölgelerde aşırı frenlemeyi önlemek için fren basıncının dengelenmesini sağlar. Frenleme sonrası ise basınçlı havanın hızlı bir şekilde tahliye edilmesine yardımcı olur. (Bkz. Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Adaptör valf (Tüvtürk, 2016).

3.2.17. Yüke duyarlı otomatik fren sistemi (Mekanik ALB)

Yüke duyarlı otomatik fren sistemi (ALB) valfleri aracın yük artışına göre arka aks fren basıncını artıran veya yük miktarının azalması durumunda arka aks basıncını azaltan valflerdir (Bkz. Şekil 3.19). Frenleme esnasında aracın arka tekerleklerinin yüksek fren basıncından dolayı blokaj yapılmasını engeller.



Şekil 3.19 Mekanik ALB (Tüvtürk, 2016).

Mekanik ALB aracın şasisine monte edilir. Üzerinde bulunan çubuk mekanizmasının ucu aracın dingiline bağlıdır. Aracın yükü arttıkça çubuk mesafesi (ALB ile Dingil arası mesafe) azalır. Çubuk mesafesindeki bu değişim fren kuvvet regülatöründen çıkan fren basıncının daha yüksek olmasını sağlar (Kaplan, 2014).

3.2.18. Yüke duyarlı otomatik fren sistemi (Pnömatik ALB)

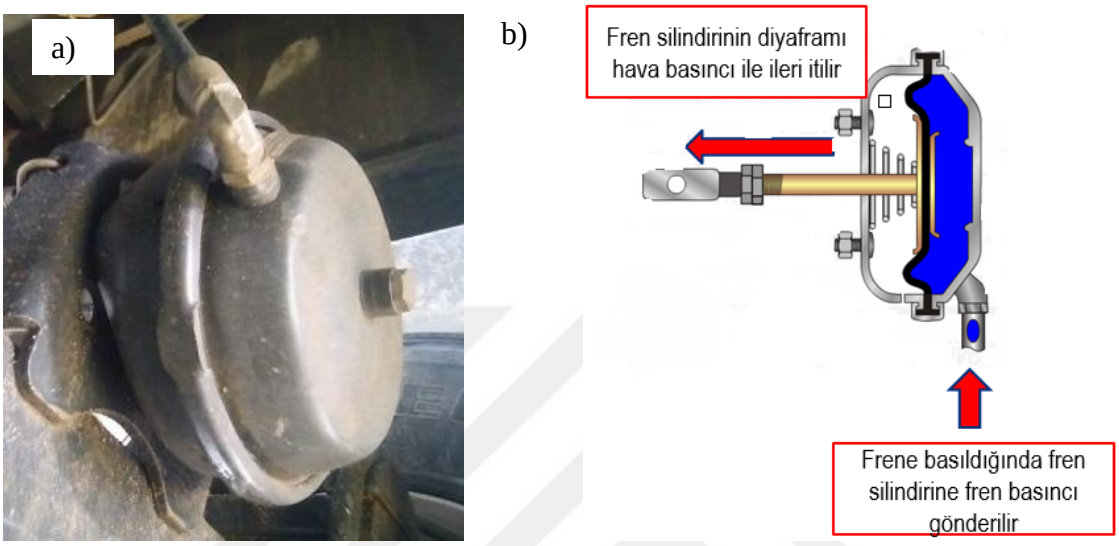
Pnömatik ALB, pnömatik süspansiyon sistemine sahip araçlarda kullanılır. Süspansiyon körük basıncı aracın yükü arttıkça artar. Körük basıncına göre ALB arka aks fren basıncını artırıp ya da azaltarak arka tekerleklerin frenleme esnasında bloke etmesini engeller. Şekil 3.20'de pnömatik ALB görüntüsü ve bağlantısı gösterilmiştir.



Şekil 3.20. Pnömatik ALB (WABCO, 2018)

3.2.19. Diyaframlı fren silindirleri (Körüğü)

Görevi; basınçlı havanın mekanik enerjiye çevrilerek fren balatalarının kampanaya itilmesini ve frenleme yapılmasını sağlamaktır (Bkz. Şekil 3.21). Genelde el freni görevi olmayan akslarda kullanılır.



Şekil 3.21. a) Fren körüğü, b) iç yapısı (Tüvtürk, 2016)

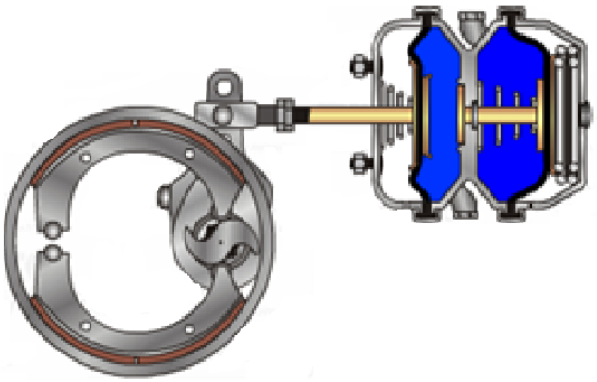
3.2.20. Kombi fren silindirleri

Kombi fren silindirleri el freni bulunan akslara takılır (Bkz. Şekil 3.22). Diyafram ve yaydan oluşur. Sürücü tarafından fren pedalına basıldığında basınçlı hava diyafram körüğü vasıtasıyla basınçlı havayı mekanik enerjiye çevirerek fren balatalarının kampanalara itilmesini sağlar. Sürücü tarafından el freni çekildiğinde ise diyafram körüğündeki basınç tahliye edilerek kuvvetli yayların boşa çıkması sağlanır ve yaylar tarafından balatalar kampanaya itilir ve el freni aktif hale gelmiş olur. Genelde arka akslarda kombi fren silindirleri kullanılır.

a)



b)



Şekil 3.22. a) Kombi fren silindiri
b) İç yapısı (Tüvtürk, 2016)

3.2.21. Römork bağlantıları (kaplinler)

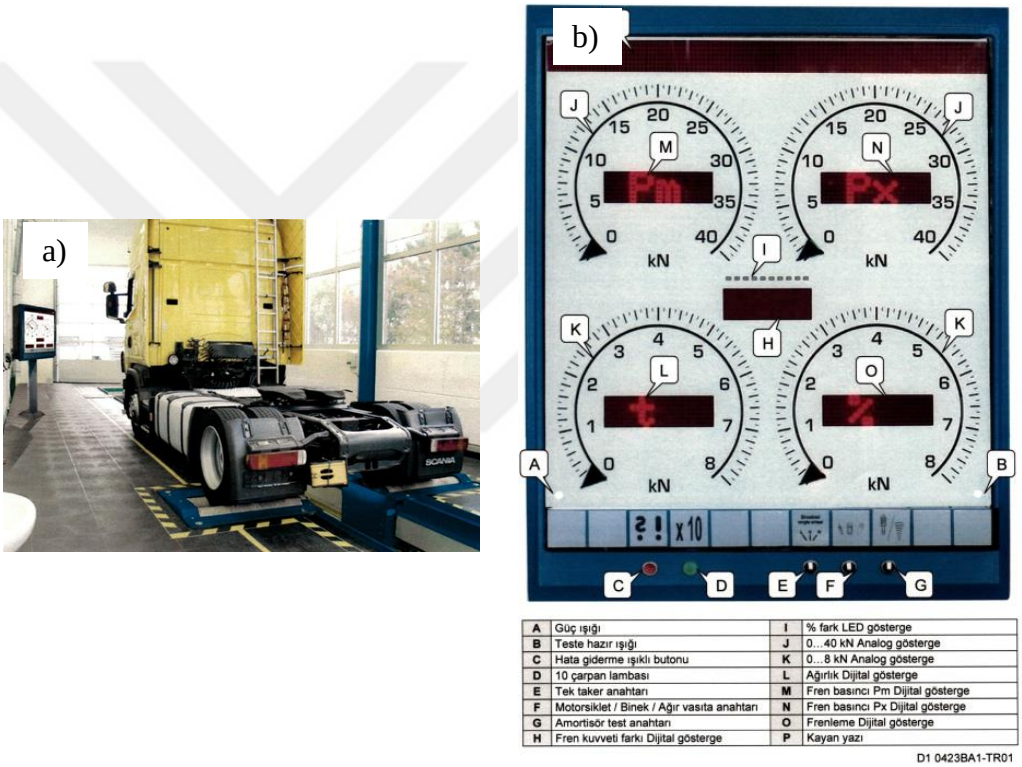
Sarı ve kırmızı olarak iki adet kaplin kullanılır. Sarı kaplin çekici üzerinde bulunan römork kumanda valfinin römork ile bağlantısını sağlar. Kırmızı kaplin ise römork kumanda valfinin çekici ile bağlantısını sağlar. Sarı kaplin sürücü fren pedalına bastığında römorka frenleme sinyali gönderir. Kırmızı kaplin üzerinde sürekli çekiciden römorka basınçlı hava gönderimi mevcuttur.



Şekil 3.23. Römork bağlantıları (Kırmızı ve Sarı Kaplinler). (WABCO, 2018)

4. AĞIR VASITA FREN SİSTEMİ TESTLERİ

Fren performansı hem taşıtın hem de trafikteki diğer unsurların güvenliği açısından büyük önem taşımaktadır. Taşıt frenlerinin performans kriterleri için bir takım standartlar oluşturulmuştur. Taşıtların fren sistemlerinin etkinliği bir takım testler ve test cihazları ile tespit edilebilmektedir. Fren sistemi, Şekil 4.1'den (MAHA, 2007) de görüleceği üzere tamburlu fren test cihazı adı verilen test cihazları ile test edilerek, taşıtın ilgili aksındaki fren sapması veya aracın fren verimi gibi kriterler ölçülebilmektedir.



A	Güç ışığı	I	% fark LED gösterge
B	Teste hazır ışığı	J	0…40 kN Analog gösterge
C	Hata giderme ışıklı butonu	K	0…8 kN Analog gösterge
D	10 çarpan lambası	L	Ağırlık Dijital gösterge
E	Tek taker anahtarı	M	Fren basıncı Pm Dijital gösterge
F	Motorsiklet / Binek / Ağır vasıta anahtarı	N	Fren basıncı Px Dijital gösterge
G	Amortisör test anahtarı	O	Frenleme Dijital gösterge
H	Fren kuvveti farkı Dijital gösterge	P	Kayan yazı

D1 0423BA1-TR01

Şekil 4.1. a) Tamburlu fren test cihazı
b) Fren test cihazı göstege panosu

Frenleme esnasında taşıtın tüm tekerleklerindeki fren kuvvetlerinin aynı olması gerekmektedir. Tekerleklerden birinin diğerlerine göre çok frenleme yapması, taşıtın o tekerin bulunduğu tarafa doğru çekilmesine neden olacaktır. Bu durum taşıtın sağa veya sola doğru çekme eğiliminde olması sürücünün kontrolü kaybetmesine sebep olabilir. Aynı aks üzerinde bulunan tekerleklerin fren kuvvetleri tamburlu fren test cihazlarında ölçülerek taşıtın servis ve park fren verimi, taşıtın her bir aksına ait fren sapmaları hesaplanabilmektedir.

Fren sapması her bir aks için ayrı ayrı hesaplanması şartıyla Denklem (4.1) kullanılarak ile hesaplanabilir

$$Sapma\ (\%) = \frac{Fmax-Fmin}{Fmax} x100 \quad (4.1)$$

Burada *F*max, aynı aks üzerindeki büyük fren kuvveti, *F*min ise aynı aks üzerindeki küçük fren kuvvetidir. Her iki kuvvet birimi Newton (N) olarak değerlendirilir.

İki akslı bir taşıt için fren verimi hesaplamasında ise Denklem (4.2) kullanılır.

$$Verim\ (\%) = \frac{F1+F2}{AYA\ X\ G} x100 \quad (4.2)$$

Eğer araç ikiden fazla aksa sahip ise fren verimi toplam fren kuvveti dikkate alınarak hesaplanır.

$$Verim\ (\%) = \frac{F1+F2+F3.....+Fn}{AYA\ X\ G} x100 \quad (4.3)$$

*F*1: Birinci aks sol ve sağ fren kuvvetlerinin toplamı (N)
*F*2: ikinci aks sol ve sağ fren kuvvetlerinin toplamı (N)
AYA: Taşıtın azami yüklü ağırlığı (N)
G: Yerçekimi ivmesi (m/s²)
*F*n: Aksların toplam fren kuvveti (N)

Tablo 4.1'de taşıt sınıfına göre fren verimi ve sapma limit değerler tablosu görülmektedir.

Tablo 4.1 Fren verimi ve sapma limit değerler tablosu (Tüvtürk, 2011)

Taşıt Sınıfı	**Taşıt Sınıfının Açıklaması**	**Servis Freni Sapma Değeri**	**Servis Freni Verim Değeri**	**Park Freni Sapma Değeri**	**Park Freni Verim Değeri**
		Maksimum	***Minimum***	***Maksimum***	***Minimum***
1	Yolcu taşımak için kullanılan ve sürücü koltuğu haricinde 8'den fazla koltuğu olan motorlu taşıtlar	%30	%50 ABS ile donatılmamış Sınıf 1 araçlar veya tip onayı 01.10.1991'den önce onaylanan taşıtlar %48	%70	%16
2	Yük taşımak için kullanılan ve azami müsaade edilebilir ağırlığı 3500 kg'dan fazla olan motorlu taşıtlar	%30	%43 1988 yılından sonra tescil edilmiş taşıtlar için %45	%70	%16
3	Azami müsaade edilebilir ağırlığı 3500 kg'dan fazla olan römork ve yarı römorklar	%30	%40 1988 yılından sonra tescil edilmiş yarı römorklar ve çekme çubuklu römorklar %43	%70	%16
4	Taksiler ve Ambulanslar	%30	%50		
5	Normal olarak karayolunda yük taşımak için kullanılan ve azami müsaade edilebilir ağırlığı 3500 kg'dan az olan tarım ve orman traktörleri haricindeki en az dört tekerlekli motorlu ve motorsuz taşıtlar	%30	%45 1988 yılından sonra tescil edilmiş Sınıf 5 taşıtlar için %50	%70	%16
6	Yolcu taşımak için kullanılan ve sürücü koltuğu haricinde 8'den az koltuğu olan en az dört tekerlekli motorlu taşıtlar	%30	%50	%70	%16

Fren testi seyyar fren test cihazı adı verilen cihazlar ile de yapılabilmektedir. Genelde atalet dinamometresi ile testi yapılması mümkün olmayan yapıdaki taşıtlar bu cihaz ile test edilebilmektedir. Örneğin birden fazla tahrikli dingile sahip 4x4 gibi araçların atalet dinamometresi ile fren testinin yapılması mümkün olmamaktadır. Şekil 4.2. de seyyar fren test cihazı görülmektedir. Seyyar fren test cihazı ile yapılacak test

alanı daha önceden belirlenmiş, trafiğe kapalı güvenlik önlemleri alınmış düz bir zemin olmalıdır. Test, güvenlik amacı ile iki kişi ile yapılır. Testi gerçekleştirecek kişi sürücü yanındaki paspas üzerine cihazı yerleştirir. Cihazın düzlem sellik ayarını yapar ve cihaz üzerinde testi başlat butonuna basarak sürücünün aracı hareket ettirmesi talimatını verir. Test maksimum 30 km'lik hızda gerçekleştirilir. Araç hızlandıktan sonra ani olarak frene basılır ve araç durdurulur. Cihaz bu durma esnasında gerekli ölçümü yapar ve ölçüm sonucunun grafik çıktısı alınır. Alınan çıktıdaki veriler yine cihaz üzerinden negatif ivmelenme hesaplattırılır. Tablo 4.2'de araç sınıflarına göre olması gereken değerler belirtilmiştir.



Şekil 4.2 MAHA VZM 300 Seyyar fren test cihazı

Tablo 4.2. Seyyar fren ölçüm sınır değer tablosu (Tüvtürk, 2011b)

Araç Sınıfı	**Araç Sınıfı**	
Sınıf 1	5 m/s²	(1)
Sınıf 2	4.3 m/s²	(2)
Sınıf 3	4 m/s²	(3)
Sınıf 4	5 m/s²	
Sınıf 5	4.5 m/s²	(4)
Sınıf 6	5 m/s²	
Sınıf 7	Fren testi yol testi olarak yapılır.	
Sınıf 8	Fren testi yol testi olarak yapılır.	

(1) ABS ile donatılmamış Sınıf 1 araçları veya tip onayı 1 Ekim 1991 tarihinden önce onaylanan taşıtlar için 4.8 m/s²
(2) 1988 tarihinden sonra tescil edilmiş taşıtlar için 4.5 m/s²
(3) 1988 tarihinden sonra tescil edilmiş yarı römorklar ve çekme çubuklu römorklar için 4.3 m/s²
(4) 1988 tarihinden sonra tescil edilmiş Sınıf 5 taşıtlar için 5 m/s²
** El freni için bu değer tüm sınıflar için en az 1.6 m/s² olmalıdır.

Ağır vasıta fren sisteminde yapılan standart diğer testler aşağıda listelenmiştir.

- Dört Yollu Emniyet Valfi Testi
- Sızdırmazlık Testi
- Sarı Kaplin Kopartma Testi
- Kırmızı Kaplin Kopartma Testi
- Check Valf Kontrolü
- ALB Kontrolü

4.1. Dört Yollu Emniyet Valfi Testi

71/320AT Yönetmeliği gereği aracın fren sistemindeki herhangi bir parçasındaki bir arıza oluşması durumunda, gerekiyorsa, arızadan etkilenmeyen diğer kısmının beslemesi, aracı kalan ve/veya ikincil fren sistemi için önceden belirlenmiş bir etki derecesiyle durdurmayı garantileyecek şekilde devam etmelidir (Tüvtürk, 2016).

Bunun yanında dört yollu emniyet valfinin görevi**;** İşletim esnasında herhangi bir fren devresinde hava kaybı olması halinde söz konusu fren devresini iptal ederek bunun yerine halen işler olan diğer fren devrelerini işletmektir (Tüvtürk, 2016).

Çift devreli Pnömatik fren sisteminde devrelerin birinde hava kaybı var ise bunun depo havası tamamen boşalır. Bu durumda frenleme mümkün değildir. En az bir devrenin aktif kalmasını sağlayacak valfler bütününe 4 yollu emniyet valfı denir (Tüvtürk, 2016).

4.2. Sızdırmazlık Testi

Kompresör tarafından üretilen basınçlı hava taşıtın hava tanklarında depolanmaktadır. Frenleme hava tanklarındaki basınçlı hava kullanılarak sağlanmaktadır. Depolanan havanın kullanım dışı durumlarda sızdırmaz olması gerekmektedir.

Aracın motoru çalıştırılarak aracın sistem basıncına ulaşması ve regülatörün devreye girerek kompresörü devre dışı bırakması sağlanır. Aracın Ön aks fren körüğü test ucuna manometre bağlanır. Araç üretici tarafından belirlenen ve aracın etiketinde bulunan sistem basıncının yarısı kadar fren pedalına basınç uygulanır ve bu basınçta sabitlenir. Bir dakika beklenir ve bu sürede tanklardaki havanın tüm sisteme dağılması sağlanır.

Aracın hava tankı test ucuna bağlı manometreden 1 dakika sonundaki değer okunur ve 3 dakika daha beklenir. 4. dakika sonundaki hava tankına bağlı manometredeki değer tekrar okunur. 1. dakika ve 4. dakika sonundaki manometredeki okunan değer farkı, hava kaçağı miktarını verir.

Aracın etiketinde yazan Sistem basıncının %5'inden daha fazla kaçak olmaması gerekmektedir.

Römork türü araçların sızdırmazlık testi bağlı olduğu çekici araç ile birlikte yapılmalıdır. Çekici araç ve Römork birbirine bağlı iken çekici araca sızdırmazlık testi

yapılır. Eğer sistemde kaçak var ise römork çekiciden ayrılarak tekrar çekici araç için sızdırmazlık testi yapılır. Çekici araçta kaçak yok ise kaçağın römorkta olduğu tespit edilmiş olur.

4.3. Sarı Kaplin Koparma Testi

Sarı kaplinin araçtaki görevi sürücünün fren ile ilgili komutlarını römorktaki sistemlere iletmektir. İletmiş olduğu komutlara sinyal basıncı denir (Tüvtürk, 2016).

Çekici araçtan römorka kırmızı kaplin üzerinden sürekli basınçlı hava akışı vardır. Kırmızı kaplin üzerindeki basınç araç üreticisi tarafından belirlenir ve römork sistem basıncı olarak tanımlanabilir. Fren pedalına basılması durumunda sarı kaplin üzerinden gönderilen sinyal basıncı ile römorkta frenleme gerçekleşir. Sarı kaplinin kopması durumunda sinyal basıncı römork tarafından algılanamayacağı için kırmızı kaplin üzerindeki basınç kısa sürede sıfırlanması ve römorktaki tüm kombi ve mebranların devreye girerek römorkun frenleme yapması gerekir.

Sarı kaplin koparma testine başlamadan önce kırmızı ve sarı kaplinler römorktan ayrılır. Kırmızı kapline bir adet manometre ve sarı kapline de hava tahliye vanası takılır. Sürücü fren pedalına bastığı anda sarı kapline bağlı vana açılarak sarı kaplindeki havanın tahliye edilmesi sağlanır. Birkaç saniye içinde kırmızı kaplindeki basıncın sıfıra veya üretici firmanın tercihine göre sıfıra yakın bir değere düşmesi beklenir.

Kırmızı kaplindeki basıncın kısa sürede sıfıra yakın bir değere düşmesi testin başarılı sonuçlandığını gösterir.

4.4. Kırmızı Kaplin Koparma Testi

Kırmızı kaplinin görevi çekici araçtan gelen basınçlı havanın römork üzerinde bulunan hava tanklarını beslemektir. Kırmızı kaplinin kopması durumunda çekici araçtan aktarılan basınçlı havanın kesilmesi sebebi ile römork tanklarında bulunan havanın otomatik olarak römork üzerinde bulunan kombi ve mebranları devreye sokması ve römorkun frenleme yapması gerekir.

Kırmızı kaplin koparma testi, kırmızı kaplinin römorktan çıkarılması ile birlikte römork üzerindeki tüm kombi ve mebranların devreye girdiğinin gözlemlenmesi ile gerçekleşir.

Kırmızı kaplin çıkarıldığında römork frenleri devreye girmesi testin başarılı olduğunu gösterir.

4.5. Check Valf Kontrolü

Ağır vasıta araçlarda el freni genellikle kombi fren silindirleri sayesinde gerçekleşir. Kombi fren silindirleri ön kısmı diyafram ve arka kısmı yay olan bir mekanizmadan oluşur. Sürücü tarafından el frenin çekilmesi ile diyafram kısmında bulunan hava tahliye edilerek yayların devreye girmesi ile frenleme sağlanır.

Check valf, basınçlı havayı tek yönlü olarak geçirir. Sürücünün ayak frenine basması ile basınçlı hava kombi silindir içinde bulunan diyaframı şişirerek frenleme yapmasını sağlar. Ancak diyaframdaki havanın tamamen boşalmasına izin vermez. Yani Check valf, sürüş esnasında oluşabilecek bir hava kaçağında yayların kendiliğinden devreye girerek aracın kontrolsüz bir biçimde frenleme yapması engeller.

Check valf testi için hava tanklarında bir tanesi tamamen boşaltılır. El freni çekilerek bir atımlık havanın tahliye edilip edilmediği kontrol edilir. Eğer tank tamamen boşaltılmasına rağmen bir atımlık hava el freninde kalıyor ise bu check valfin çalıştığını gösterir. İşlem diğer tanklar içinde teker teker yapılır ve tank boşaltıldıktan sonra bir atımlık havanın el freninde kalıp kalmadığı kontrol edilir.

4.6 ALB Kontrolü (Mekanik ALB)

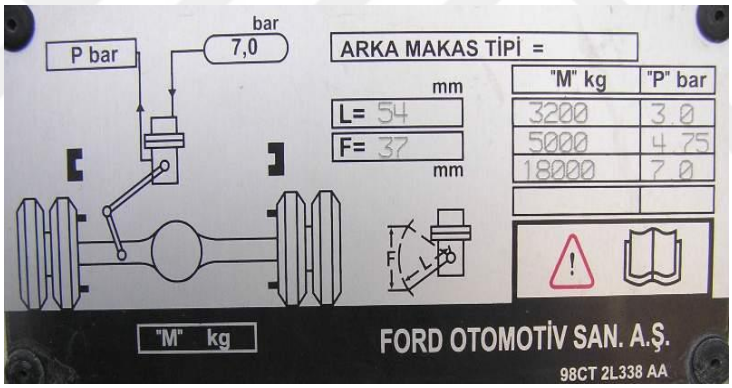
Araçların arka tekerleklerinin frenleme esnasında kızaklaması araç kontrolünün sürücü tarafından kaybedilmesine ve kazalara sebep olabilir. Bu nedenle hidrolik fren sistemine sahip araçlarda limitör adı verilen parçalar, pnömatik fren sistemlerinde ise ALB adı verilen parçalar kullanılmaktadır. Limitör ve ALB aracın yükü arttıkça arka tekerleklerin ihtiyacı olan fren kuvvetinin artırılmasını sağlar. Böylece araç ister boş olsun, ister dolu olsun arka tekerleklerin kızaklamadan maksimum verimlilikle frenlemenin yapılması sağlanmış olur.

Araç üreticileri ALB'nin görevini yapıp yapmadığının tespit edilebilmesi için araç üzerine ALB etiketi adı verilen etiketler monte ederler. Bu etiketler yardımı ile aracın arka tekerleklerine gelen fren basınçları etiket değerleri ile karşılaştırılarak ALB test edilmesine olanak sağlarlar. Test esnasında basınç değerlerinin alınabilmesi amacı

ile aracın ön aksına, arka aksına, ALB üzerine test uçları adı verilen vidalı supaplar takılmıştır.

ALB testine başlamadan önce etiket değerleri not edilir. Şekil 4.3'te örnek bir ALB etiketi görülmektedir. Aracın boş, orta yüklü ve maksimum yüklü değerleri dikkate alınır. Aracın ön aks ve arka aks test ucuna birer manometre bağlanır. Araç boş iken, yani yüksüz pozisyonda ALB çubuğu kurs boyunun en alt noktasında iken fren pedalına kuvvet uygulanarak araç üreticinin ön aks için belirlemiş olduğu basınç, ön aks üzerine bağlanan manometreden takip edilir. Arka aks basıncının etiket değeri ile uyumlu olup olmadığı, arka aksa bağlı manometreden gözlemlenir.

Aracı orta yük ve tam yük konumuna getirmek için ALB etiketi üzerinde bulunan kurs boyu kadar çubuk yukarı kaldırılır. Etiket üzerinde belirtilen ön aks basınç değeri kadar fren pedalına kuvvet uygulanır ve arka aksa bağlı manometreden arka ask basınç miktarı tespit edilir. Arka aks basıncı etiket değeri ile karşılaştırılarak ALB nin çalışıp çalışmadığı test edilmiş olur.



Şekil 4.3. Mekanik ALB etiketi örneği (Tüvtürk, 2016).

4.7. ALB Kontrolü (Pnömatik ALB)

Pnömatik ALB havalı süspansiyon sistemine sahip araçlarda bulunur. Süspansiyon körük basıncına göre aracın yük miktarını tespit ederek aracın arka aks basıncını artırarak arka aks frenleme kuvvetini artırır.

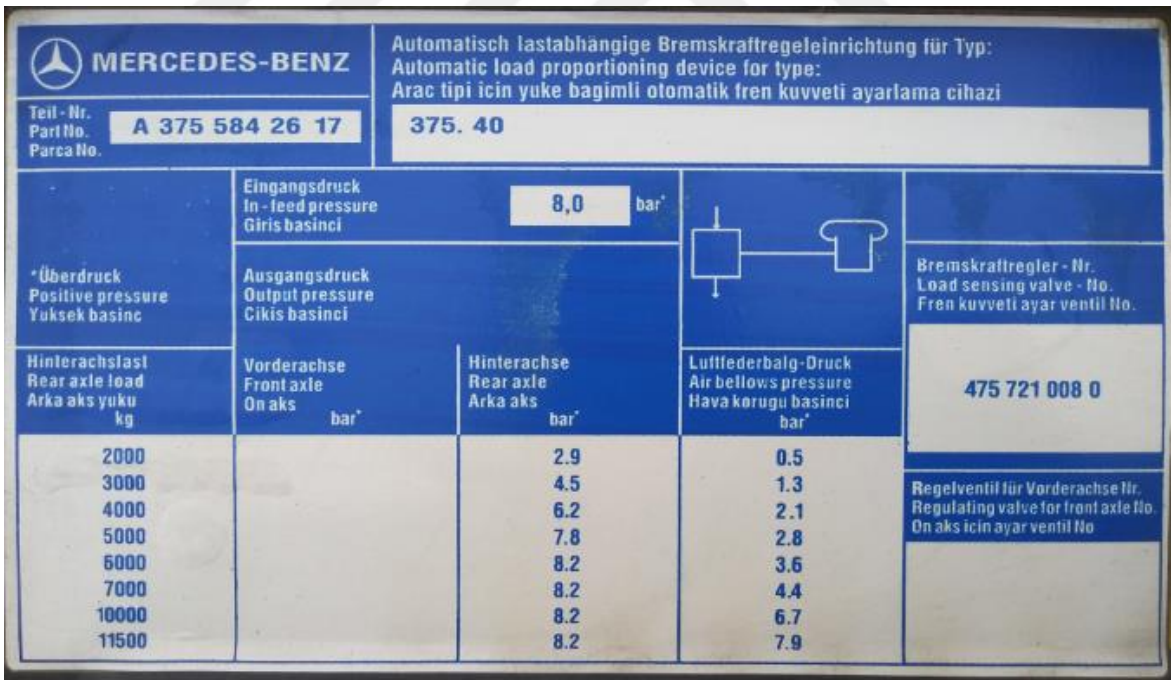
Pnömatik ALB'nin arka kısmında test basıncı uygulamak için bir adet test ucu bulunmaktadır. Bu test ucunun kenar kısmında 4.1 işareti vardır. 4.1 test ucu olduğunu anlamamızı sağlar. Aracın ön aks ve arka aksında manometre takılabilecek test uçları

bulunur. Araç üreticisi ALB testinin yapılabilmesi amacı ile araç üzerine ALB etiketi adı verilen etiketi monte ederler.

ALB etiketi üzerinde ön aks basıncı, arka aks basıncı, simülasyon basıncı, aks ağırlık gibi veriler bulunmaktadır. Resimde örnek bir ALB etiketi bulunmaktadır. Etiketin ilk satırında 2000 kg'lık yük için, 0.5 Bar simülasyon basıncının uygulanması ve ön aks fren pedalına basarak 8 Bar'lık ön aks basıncı altında arka akstan 2.9 Bar basınç alınması gerektiği ifade edilmektedir.

Şekil 4.4 te pnömatik ALB etiketi örneği verilmiştir. ALB testi için aracın ön askına ve arka askına birer adet manometre bağlanır. ALB test ucuna simülasyon basıncı uygulayabilmek için kompresör gibi basınçlı bir hatta bağlı ayarlı bir adet manometre ALB test girişine bağlanır. Etiket üzerinde belirtilen yük miktarlarına göre test basıncı ALB testine verilerek ve ön aks basıncı kadar Fren pedalına kuvvet uygulayarak, arka aks basıncı etiket değeri ile karşılaştırılır.

Arka akstan alınan değerler ile etiket değerleri uyumlu ise ALB'nin görevini yerine getirdiği tespit edilmiş olur.



Şekil 4.4. Pnömatik ALB etiketi örneği

5. MATERYAL VE YÖNTEM

5.1. Havalı Fren Sistemi Sızdırmazlık Testi

Havalı fren sisteminde kompresör tarafından üretilen basınçlı hava, araç üzerinde bulunan hava tanklarında depolanmaktadır. Fren sistemi hava filtresi, kompresör, hava kurutucu, basınç regülatörü, emniyet supapları, hava tankları, fren pedalı supabı, park freni supabı, fren silindirleri ve bunların birbiri ile bağlantısını sağlayan basınca dayanıklı hortumlardan oluşmaktadır. Fren sisteminin sağlıklı çalışabilmesi için sistem üzerinde bulunan her bir parçanın ve her bir ek yerinin sızdırmaz olması büyük önem arz etmektedir.

Aracın motoru çalıştırıldığında motora bağlı kompresör, atmosferden aldığı havanın basıncını artırarak araç üreticisinin belirlediği maksimum basınca ulaşıncaya kadar (Yaklaşık 12 Bar) hava tanklarını doldurur. Frenleme esnasında havanın bir miktarı kullanılır. Hava tanklarındaki basınç yine araç üreticisi tarafından belirlenen minimum basınç seviyesine düştüğünde (Yaklaşık 8 Bar) kompresör tekrar devreye girerek tankları doldurmaya devam eder. Fren sistemi kullanılmadığı durumlarda sitemde depolanan basınçlı havanın herhangi bir parça veya ek yerinden sızdırmadığının tespiti yapılmalıdır. Bu işleme Ağır vasıta sızdırmazlık testi denmektedir.

Sızdırmazlık testi için aracın motoru çalıştırılarak aracın sistem basıncına ulaşması ve regülatörün devreye girerek kompresörü devre dışı bırakması sağlanır. Aracın Ön aks fren körüğü test ucuna bir adet manometre bağlanır. Araç üretici tarafından belirlenen ve aracın etiketinde bulunan sistem basıncının yarısı kadar fren pedalına basınç uygulanır ve bu basınçta sabitlenir. Bir dakika beklenir ve bu sürede tanklardaki havanın tüm sisteme dağılması sağlanır.

Aracın hava tankı test ucuna bağlı manometreden 1. dakika sonundaki değer okunur ve 3 dakika daha beklenir. 3 dakika sonundaki hava tankına bağlı manometredeki değer tekrar okunur. 1. dakika ve 4. Dakika sonundaki manometredeki okunan değer farkı, hava kaçağı miktarını verir.

Araca ait sistem basıncı, araç üreticisi tarafından belirlenerek araç üzerinde etiketlenmiştir. Yasal mevzuat gereği hava kaçağı miktarı, sistem basıncının %5'inden fazla olmaması gerekmektedir.

Örneğin;

- Araç üreticisinin belirlemiş olduğu sistem basıncı 9 Bar

- Araç çalıştırılarak kompresörün devreden çıktığı basınç (maksimum basınç) 10 bar
- Sisteme havanın dağılması için 1 dakika beklendikten sonraki Ön aksa bağlı manometreden okunan basınç 8.3 Bar
- 3 dakikalık test süresi sonunda ön aksa bağlı manometreden okunan değer 7.5 Bar olarak tespit edildiğini varsayılırsa:

Sistemdeki hava kaçağı 1. ve 4. dakika sonunda 8.3–7.5 = 0.8 Bar olarak tespit edilir. 9 Bar olan sistem basıncının %5'i hava kaçağı miktarı olacağından kaçak değeri 9x5/100 = 0.45 Bar olarak hesaplanır.

Hava kaçağı miktarı, sistem basıncının %5'inden büyük olması sebebi ile (0.8 Bar > 0,45 Bar) fren sisteminin sızdırdığı tespit edilmiş olur.

5.2. Tasarım Öncesi Hazırlıklar

Çalışma iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısım test cihazı tasarımı ve imalatı şeklindedir. İkinci kısım ise yazılımdan oluşmaktadır. Test cihazı ve yazılım için ihtiyaç duyulan bileşenler aşağıda listelenmiştir.

- Bilgisayar ve Visual Studio Programı
- Mikro denetleyici kart ve Arduino IDE Programı
- Basınç sensörü
- LCD ekran
- Jumper kablo
- Adaptör
- Proje kutusu
- Pnömatik Jak
- Hava hortumu
- Fren pedalı sabitleme aparatı
- Fritzing elektronik devre modelleme programı
- Corel Draw vektörel tabanlı çizim programı

5.2.1. Bilgisayar ve Visual Studio programı

Bilgisayar, donanım ve yazılım olarak iki kısımdan oluşur. Donanım bilgisayarın fiziksel bileşenlerini ifade eder. Ana kart, işlemci, ram, hard disk, monitör, klavye, Mouse vb parçalar bilgisayarın donanım kısmını oluşturmaktadır. Yazılım ise bilgisayarın mantıksal ve aritmetiksel işlemleri yapabilmesi amacı ile özel yazılmış programlaradır. Bu programların yazılabilmesi için makine dili olarak da tabir edilen 0 ve 1'ler den oluşan ikili sayı sistemi kullanılmaktadır. Bu sayı sistemleri kullanılarak programlama dilleri geliştirilmiştir. Uygulama geliştiricileri program dili adı verilen bu programlarla çeşitli yazılımılar geliştirebilmektedir. Programlama dilleri düşük, orta ve yüksek seviyeli diller olarak adlandırılabilmektedir. Makine dilinden uzaklaştıkça program dili seviyesi yüksek olarak adlandırılmaktadır. Düşük seviye dillere assembly, orta seviye dillere C, C#, yüksek seviye dillere de Pascal ve Visual Basic örnek verilebilir.

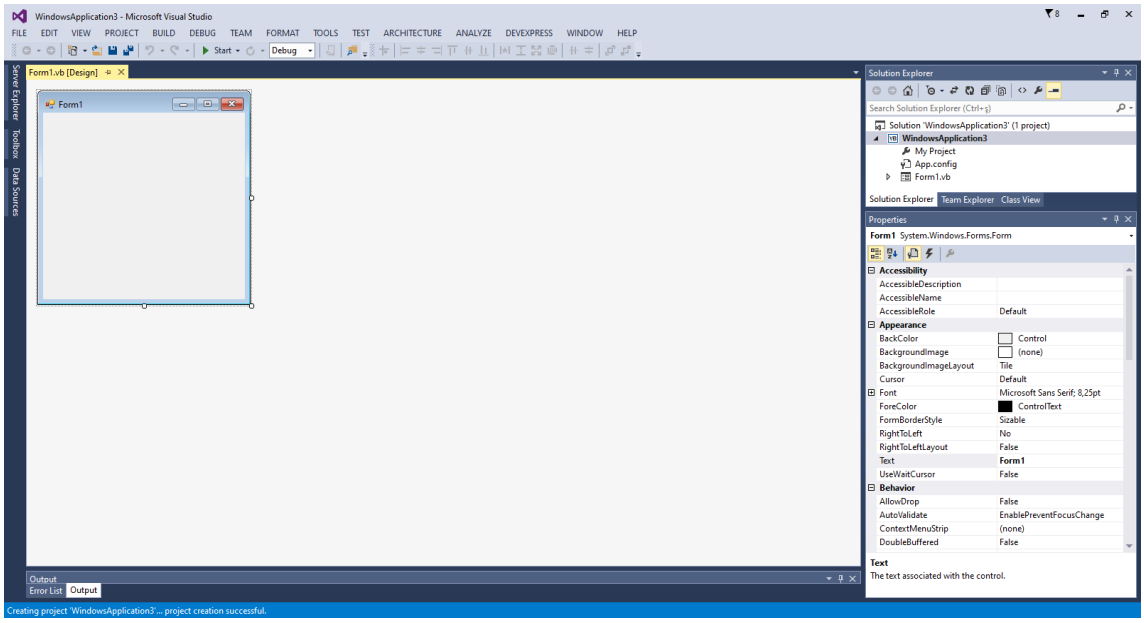
Bu çalışmada Visual Basic programlama dili altyapım olması sebebi ile Visual Studio içerisinde bulunun Visual Basic net dili tercih edilmiştir.

5.2.1. Visual Studio nedir?

Visual Studio, Microsoft tarafından geliştirilmiş yüksek seviye bir programlama dilidir. İçerisinde kod editörü ve hata ayıklama özellikleri sayesinde kullanıcıya büyük kolaylık sağlamaktadır. Visual Studio, değişik programlama dillerini destekler, bu da kod editörü ve hata ayıklayıcısının neredeyse tüm programlama dillerini desteklemesini sağlamaktadır. Dahili diller C/C++ (Görsel yoluyla C++), VB.NET (Visual Basic. NET üzerinden), C# (Visual C# ile), ve F# (Visual Studio 2010 itibarıyla) içermektedir (Vikipedi, 2020b).

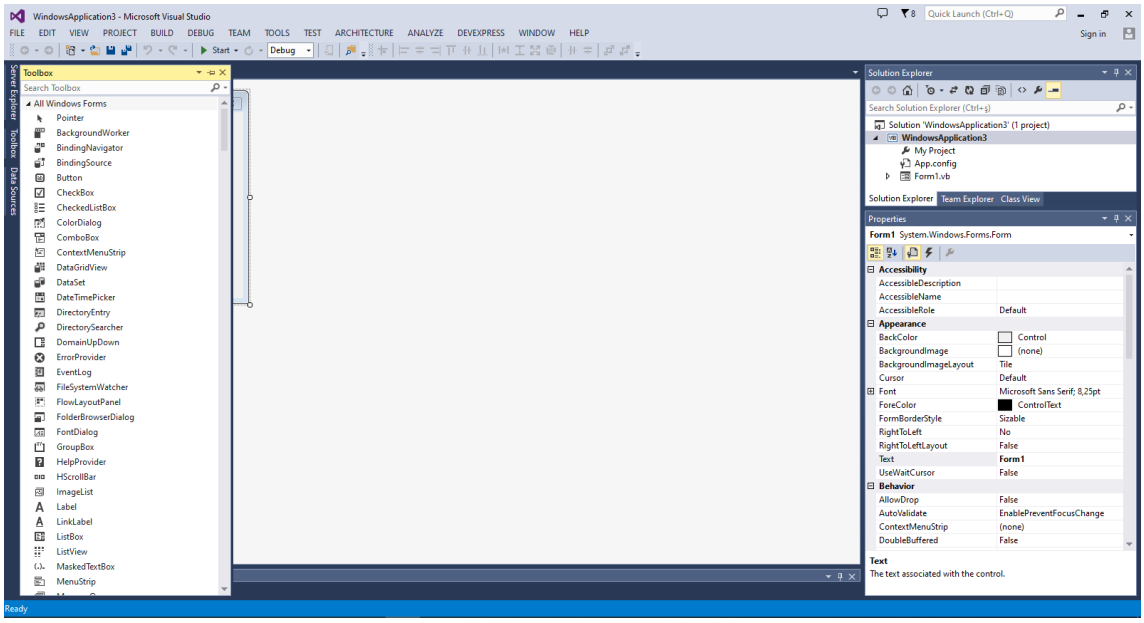
Visual Basic, Microsoft tarafından, Basic programlama dili üzerinde geliştirilmiş, olay yönlendirmeli, üst seviye, nesne tabanlı ve görsel bir programlama dilidir (Vikipedi, 2020a). Temel programlama dillerine göre visual basic net GUI (Grafiksel Kullanıcı Arabi) ve IDE (Entegre Geliştirme Ortamı) araçları ile öğrenilmesi daha kolay bir dildir. ActiveX bileşenlerinin kullanımına imkân vermesi sayesinde Windows işletim sistemi tabanlı programların yazılabilmesi imkân sağlamaktadır.

Şekil 5.1. de VB.net programında oluşturulmuş yeni bir Windows form Application sayfası görülmektedir.



Şekil 5.1. Windows form application ekran görüntüsü

Programın sol kısmında Toolbox üzerinde program yazımına olanak sağlayacak nesneler bulunmaktadır. Şekil 5.2.'de görülen toolbox menüsünde sürükle bırak mantığı ile ilgili nesneler form üzerine sürüklenerek bırakılır.



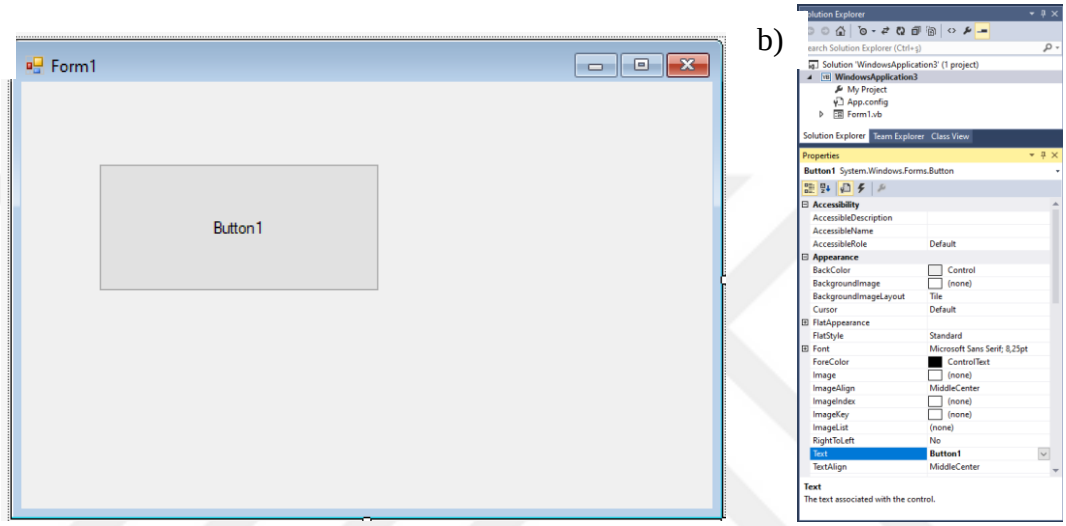
Şekil 5.2. Toolbox menüsü

VB.net üzerinde test cihazı için geliştirilen PC ara yüz programı serialportan belli aralıklar ile aldığı verileri işlemek ve bir takım hesaplamalar yaparak

sonuçlandırmak amacı ile yazılmıştır. Bu işlemleri yapabilmek için, toolbox menüsünde bulunan Label, Button, Timer, Textbox, Serialport, Panel, Gauge kontrol vb. nesneler kullanılmıştır.

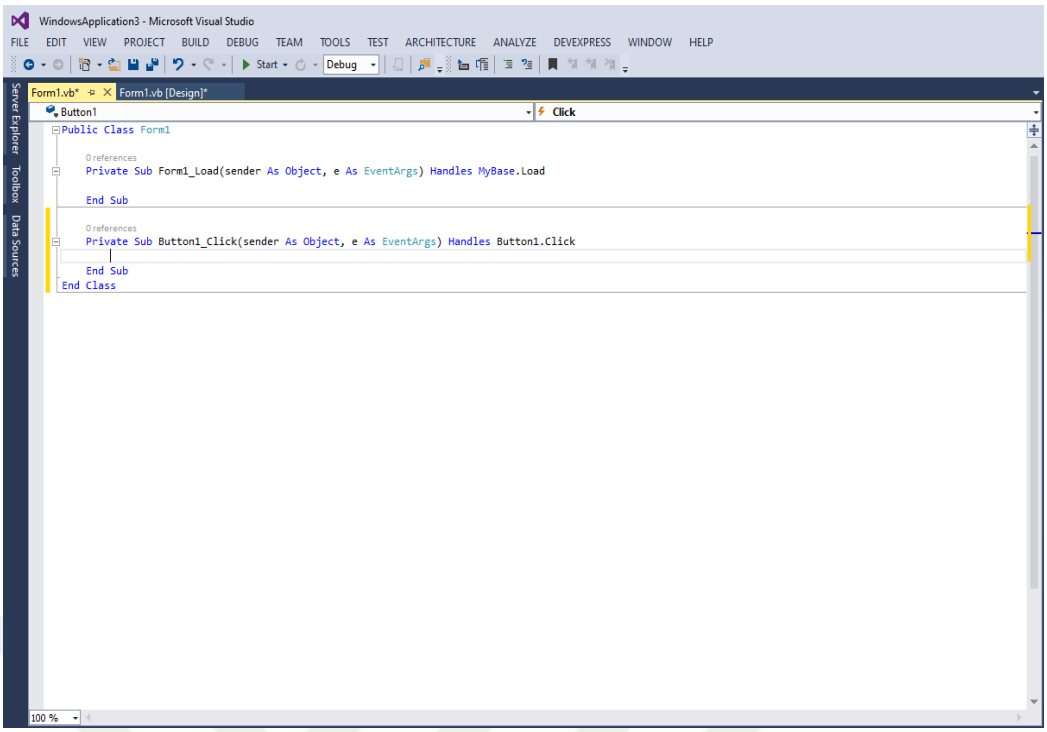
Kullanılan her bir nesnenin birçok ek özelliği bulunmaktadır. Şekil 5.3a örnek olarak Button1 nesnesinin Şekil 5.3b'de Properties (özellikler) seçeneğinde; kullanılan butonun boyutu, arka plan rengi, yazı tipi vb. birçok özelliğinin programcının ihtiyacına ve zevkine göre değiştirilebilmesi mümkün olmaktadır.

a) b)



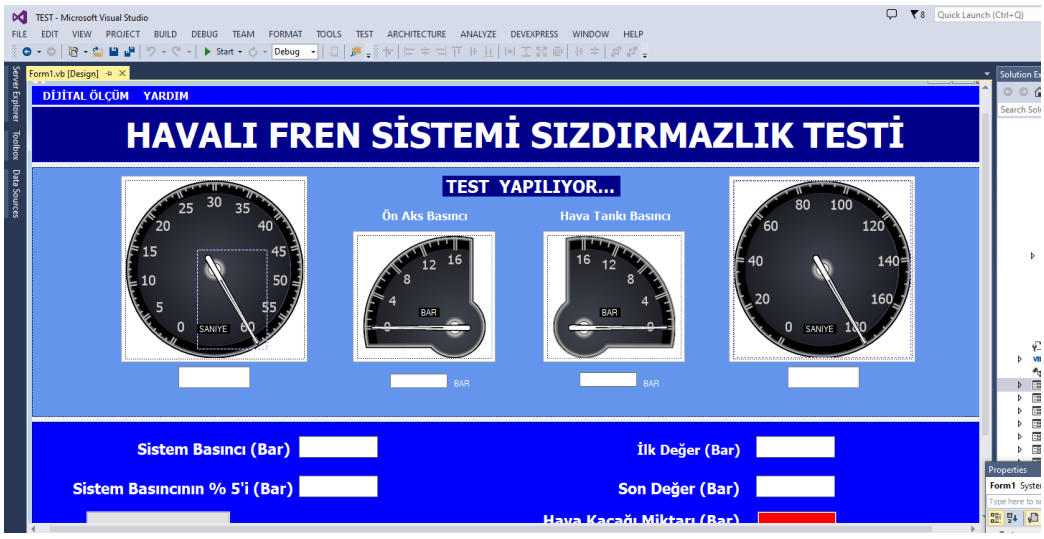
Şekil 5.3. a) Buton nesnesi b) Özellikler sekmesi

Windows form üzerine mouse ile çift tıklandığında Şekil 5.4'te görüldüğü gibi kullandığımız nesneler ve yapılmasını istediğimiz olaylar için bir kod yazım penceresi gelmektedir.



Şekil 5.4. Windows form code yazım ekranı

Test cihazımız için geliştirdiğimiz yazılım genel olarak iki ana form üzerinde işlemleri gerçekleştirken, çeşitli uyarılan veya veri girişlerinin yapıldığı çok sayıda yardımcı formdan oluşmaktadır. Şekil 5.5 te yazılım ana ekranı görülmektedir.



Şekil 5.5. Test yazılımı ana ekranı

5.2.2. Mikro denetleyici kart

Mikro denetleyici kartlar fonksiyonelliği bakımından bir nevi mini bilgisayarlardır. Aritmetik ve mantıksal işlemleri yapmak için kullanırlar. CPU, RAM, ROM, giriş çıkış portları, Seri, paralel portlar, analog ve/veya dijital çeviricilerden oluşmaktadırlar.

Piyasada, Parallela Micro ServerBoard, EFM32 Dev Gecko Starter Kit, Nanode Winode 4, MSP 430 Launch Pad, STM32 Discovery, Arduino, Raspberry Pi, BeagleBone Black gibi geliştirme kartlar mevcuttur. Bu geliştirme kartları ile çeşitli uygulamalar geliştirmek mümkün olabilmektedir.

Bu çalışmada piyasada kolay temin edilebilmesi, fiyatının uygun olması, geniş uygulama kütüphanelerinin olması gibi sebeplerden dolayı Arduino mikro denetleyici UNO R3 Klon modeli kart tercih edilmiştir. Çalışmada kullanılan karta ait görsel Şekil 5.6 ile verilmiştir.

Arduino; kullanımı kolay, üst seviye mikroişlemci bilgisi gerektirmeyen, zengin kütüphane desteği olan, açık kaynak kodlu, çevresiyle etkileşime girebilen, uzun çalışma sürelerine dayanabilen, çok sayıda sensör, haberleşme sistemleri ile uyumlu çalışabilen ve belirli girdilere göre çıktılar üretebilen geliştirme kartlarıdır. Tüm bunlar bir arada düşünüldüğünde bu kartların başta endüstriyel otomasyon sistemleri, veri toplama sistemleri olmak üzere çoğu sektöre girmeye aday olduğu görülmektedir (Şimşek, 2015).



Şekil 5.6. Arduino Mikrodenetleyici kart UNO R3 Klon modeli

Teknik özellik;

- ATmega328 Mikro denetleyici
- 7-12V Giriş Voltajı
- 14 Dijital Giriş/Çıkış Pini
- 6 PWM Çıkışı
- 6 ADC Girişi
- 16MHz Çalışma Frekansı
- 32 KB Flash Hafıza

Arduino Uno ATmega328 işlemci kullanan mikroişlemci kartıdır. 14 adet dijital giriş/çıkış pini bulunur, bunlardan 6′sı PWM çıkışı olarak kullanılabilir. Ayrıca 6 analog giriş pinine sahiptir. 16 MHz kristal osilatörü, bir USB bağlantısı, bir güç girişi, bir ICSP başlığı ve reset düğmesi vardır. Arduino Uno, USB bağlantısı üzerinden veya harici güç kaynağı (2.1mm'lik AC - DC adaptörü veya pil gücü) ile güç alabilir. Güç kaynağı otomatik olarak seçilir. Bu kart mikroişlemciyi desteklemek için gerekli her şeyi içermektedir (Songül, 2014).

Test cihazı tasarımında bir adet analog pin ve 6 adet dijital pine ihtiyaç olması ve arduino un onun bu ihtiyacı karşılaması sebebi ile mikro denetleyici kart olarak Arduino Uno R3 modeli tercih edilmiştir.

Arduino programlamak için kullanılan ara yüz Şekil 5.7'de gösterilmiştir. Bu ara yüzü kullanarak Arduino ile yapılmak istenen işe ait program kodları yazılır. Arduino da kullanılan dil Arduino'nunda temelini oluşturan processing programlama dilidir. Bu dil C++ ve C alt yapısına sahiptir (Volkan Çavuş, 2017)

Piyasada çeşitli özelliklere sahip Arduino modelleri bulunmaktadır. Bunlardan en çok tercih edilenleri aşağıda listelenmiştir.

- Arduino Uno
- Arduino Mini Pro
- Arduino Duemilanove
- Arduino Pro
- Arduino LilyPad
- Arduino LilyPad
- Arduino Mega

- Arduino Bluetooth

Arduino sürümlerinin programlanması Arduino IDE adı verilen uygulama ile yapılabilmektedir. https://www.arduino.cc/en/Main/Software Web adresinden Mac, Linux, Windows işletim sistemlerine yüklenebilir (Arduino, 2020).

5.2.3. Basınç sensörü

Basınç sensörleri; Kapasitif basınç ölçme sensörleri, Rezistif basınç (kuvvet) algılama, Strain Gauge (şekil değişikliği), Load Cell (yük hücresi), Piezoelektrik özellikli basınç ölçme sensörleri gibi çeşitleri mevcuttur (Ergun, 2020). Bu çıkış transmitter içerisindeki yükseltici devre vasıtasıyla yükseltilerek transmitter çıkışı olarak 4-20 mA ya da 0-10 V gibi değerler verilir. Bu değerler transmitter içerisinde bulunan yükseltici devreye bağımlı olarak istenilen şekilde ayarlanabilir. Basınç transmitterinin içerisinde bulunan elektronik devrede sıcaklık farklarından dolayı ölçüm çıkışında olabilecek hataları ortadan kaldırmak ve doğrusal lığı sağlamak için, sıcaklık dengeleme (Kompanzasyon) devreleri kullanılır (İnverter-PLC, 2020). Bu çalışmada 5.0 Volt DC çalışma gerilimi, 0.5 – 4.5 Volt DC çıkış voltajına sahip 0 – 12 Bar lık ölçüm yapabilen basınç sensörü kullanılmıştır. Kullanılan sensör görüntüsü Şekil 5.10'da verilmiştir.



Şekil 5.10. Basınç sensörü

Sensör Teknik Özellikleri;

- Çalışma Gerilimi VCC: 5.0 V DC
- Çıkış Voltajı: 0.5-4.5V DC,
- Çalışma Akımı: <= 10mA
- Basınç Ölçeği: 0-1.2MPa

- En Büyük Basınç: 2.4MPa
- Sensör Bozulma Basıncı: 3.0MPa
- Çalışma sıcaklığı Aralığı: 0-85 Santigrat Derece
- Ölçüm Hatası: ± 1,5%
- Sıcaklık Aralığı Hatası: ± 3,5%
- Tepki Süresi: <= 2.0ms
- Değişken hızlı pompa ara yüzü: G1 / 4 (1/4 inç)
- Çıkış konektörü: XH2.54MM-3P
- Çıkış kabloları: sarı (DATA), kırmızı (VCC), siyah (GND)

Basınç sensöründen elde edilen analog verilerin kullanılabilmesi için hangi birim sisteminde çalışılacak ise o birim için bir formül kullanımı gerçekleştirilmelidir. Basınç birimi olarak tasarımımızda Bar birimi kullanılması sebebi ile kullanacağımız formülün de Bar cinsinden düzenlenmesi gerekmektedir.

Arduino analog giriş pinleri 0 – 4.5 Volt arasındaki gerilimi dijitale dönüştürmektedir. Çoğu Arduino modelinin analog giriş pin çözünürlüğü 10 bit tir. Bu değer 0 – 5 Volt arası uygulanan gerilim değerinin 2^{10} yani 1024 parçaya bölündüğünü ve bu hassasiyette (5/1024 Volt) gerilim değerinin okunabildiğini ifade etmektedir (Robotikprojeses, 2020).

Basınç sensörleri 0 ile 4.5 Volt aralığında çalışmaktadır. Basınç sensörünün 0.5 V da vermiş olduğu değer ve 4.5 V da verdiği değerler şu şekilde hesaplanır.

0.5 Volt da yani basınç sıfır iken sensörün verdiği değeri tespit etmek amacı ile denklem (5.1) kullanılır.

$$\frac{Basıç\ sıfır\ iken}{1024} = \frac{0.5\ V}{5\ V} \tag{5.1}$$

Basınç sıfır iken analog pinden okuyacağımız değer 0,5 Voltta 102.4 olacaktır. 4.5 Voltta okuyacağımız değer ise 1024 – 102.4 = 921.6 olacaktır.

Örneğin 16 barlık bir basınç sensörü kullanıldığında sensörden alınan değerlerin Bar cinsinden hesaplanabilmesi için aşağıdaki formül kullanılır.

Okunan değerin Bar olarak gösterilmesi;

(16*((Sensör voltajı – 102.4) / (921.6 -102.4) Şeklinde olacaktır.

5.2.4. LCD ekran

Çalışmada 1.6 inç 84x84 piksel çözünürlüklü grafik LCD modülü kullanılmıştır. Kullanılan LCD ekran görüntüsü Şekil 5.11'de verilmiştir.



Şekil 5.11. LCD ekran

LCD Ekran teknik özellikleri;

- Dâhili arka ışık
- Ortak MCU kontrolü ile kolay iletişim
- Philips PCD8544 SP ile LCD denetleyicisi ara yüzü
- 84x48 piksel çözünürlüklü grafik LCD modülü
- Arayüz: DPI seri bağlantı
- Çalışma gerilimi: 2.7V - 3.3V
- Çalışma akımı: <5mA (Arka ışık kapalı), <20mA (Arka ışık açık)
- Çalışma sıcaklığı: 0-50 °C
- Depolama sıcaklığı: -10-70 °C
- Boyut 45x45x5mm

5.2.5. Jumper kablo

Mikro denetleyici kart, basınç sensörü, LCD ekran ve diğer parçaların birbirleri ile elektriksel bağlantısının yapılaması amacı ile kullanılan ve birleştirme işlemlerinin lehim kullanmadan yapılabilmesi amacı ile uçlarında soketleri bulunan kablolara jumper kablo denilmektedir (Bkz. Şekil 5.12). Soket

yapılarına göre erkek-erkek, erkek-dişi ve dişi-dişi soketlere sahip çeşitleri bulunabilmektedir.



Şekil 5.12. Jumper kablo

5.2.6. Spiralli hava hortumu

Test aracı hava tankı ile imalatı yapılan test cihazı giriş jakları arasındaki bağlantıların yapılabilmesi amacı ile minimum 12 Bar'lık basınca dayanıklı spiralli hava hortumu tercih edilmiştir (Bkz. Şekil 5.13).



Şekil 5.13. Spiral hortum

5.2.7. Adaptör

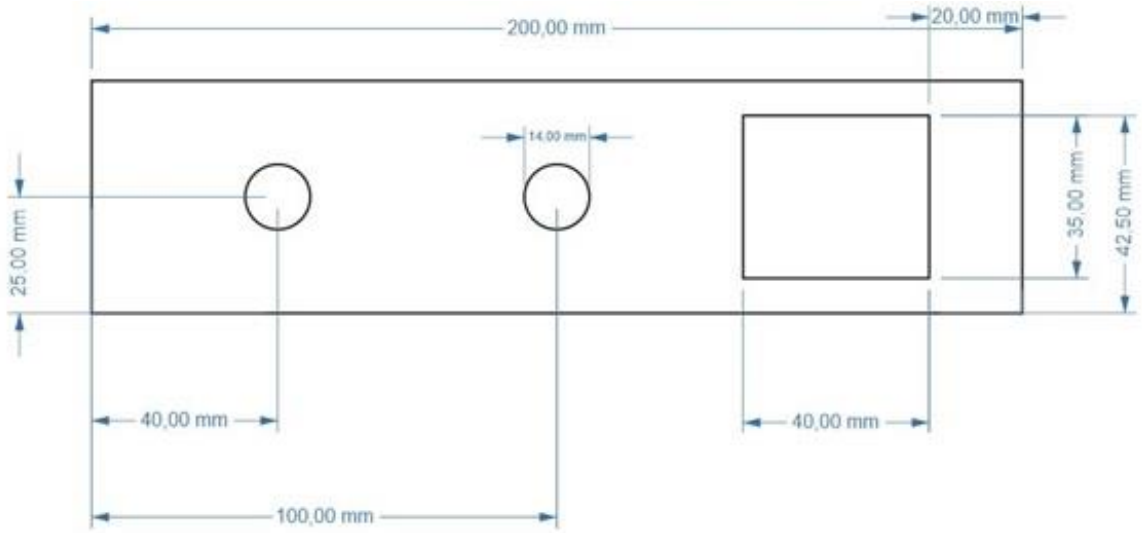
Mikro denetleyici kartın ihtiyacı olan güç 12 Volt, 2 Amperlik adaptör ile sağlanmıştır. Kullanılan adaptör teknik detayları aşağıda sıralanmıştır.

- Çıkış Voltajı: 12V DC
- Çıkış Akımı: 2A
- Çıkış Konektörü: 5.5mm Barrel
- Priz Tipi: Avrupa Tipi Standart

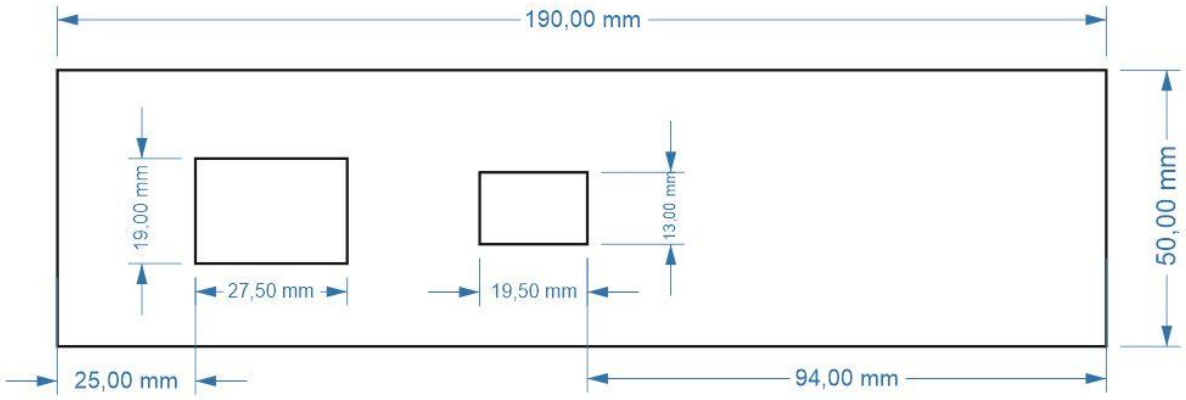
5.2.8. Proje kutusu

Mikro denetleyici kart, basınç sensörü, adaptör kablo vb parçaların birleştirilmesi ve sabitlenmesi amacı ile proje kutusu tasarımı yapılmıştır. Coral Draw

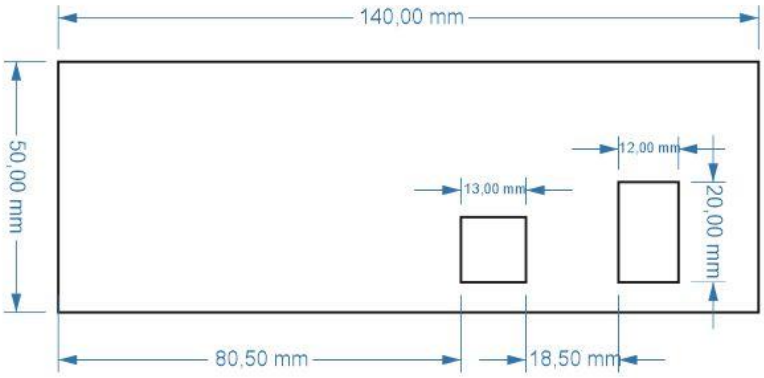
programı ile çizilen, Şekil 5.14'de kasa ön, Şekil 5.15'de arka, Şekil 5.16'da sağ yan, Şekil 5.17 de sol yan ve Şekil 5.18'de üst kısım kutu resimleri verilmiştir. Yapılan çizimler 5 mm kalınlığında pleksiglass malzemeden kesilerek daha sonra birleştirme işlemi yapılmıştır.



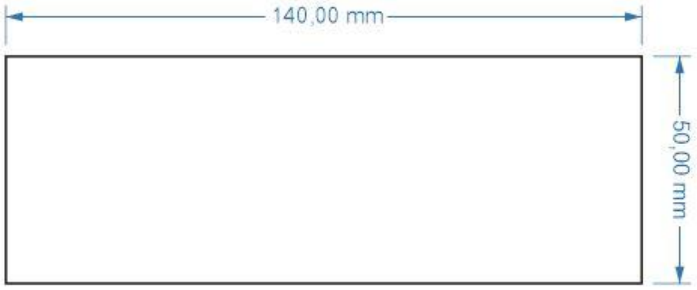
Şekil 5.14. Kasa çizimi (Ön Kısım)



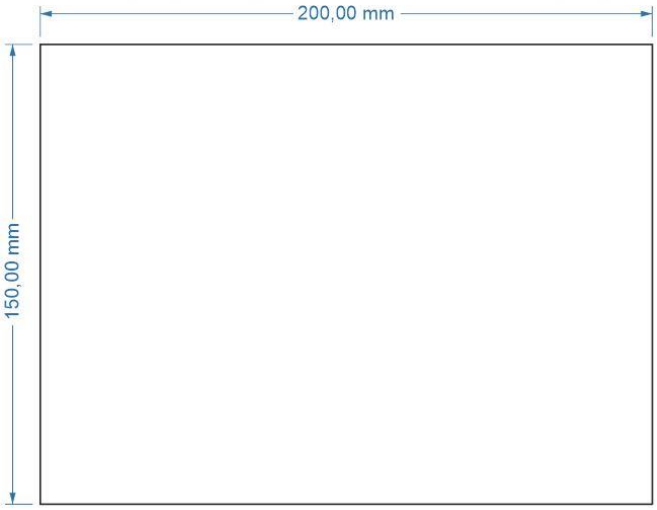
Şekil 5.15. Kasa çizimi (Arka Kısım)



Şekil 5.16. Kasa çizimi (Sağ yan Kısım)



Şekil 5.17. Kasa çizimi (Sol yan Kısım)



Şekil 5.18. Kasa çizimi (Alt ve Üst kısımlar)

5.2.9. Pnömatik jak

Basınçlı hava hortumunun kolay bir şekilde takılıp sökülmesinin sağlanması amacı ile basınç sensörünün ucuna jak takılmıştır (Bkz. Şekil 5.19). Jak ve sensör bağlantısının sızdırmazlığı teflon bant kullanılarak sağlanmıştır.



Şekil 5.19. Bağlantı jakı

5.2.10. Fren pedalı sabitleme aparatı

Sızdırmazlık testi esnasında ön aks fren pedalı sistem basıncının yarısı kadar kuvvet uygulanmalı ve test süresince uygulanan kuvvet sabitlenmelidir. Bu işlemi yapmak için Şekil 5.20'de görülen fren sabitleme aparatı adı verilen yardımcı bir ekipman kullanılmaktadır.



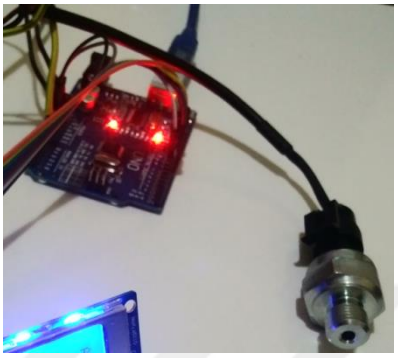
Şekil 5.20 Fren pedalı sabitleme aparatı

5.3. Tasarım ve İmalat Aşaması

Yapılan çalışma kapsamında üretilen test cihazında 2 adet basınç sensörü kullanılmaktadır. Basınç sensörünün bir tanesi aracın test esnasında fren pedalına sistem basıncının yarısı kadar kuvvet uygulandığında, ön aks basıncının takip edilebilmesi için

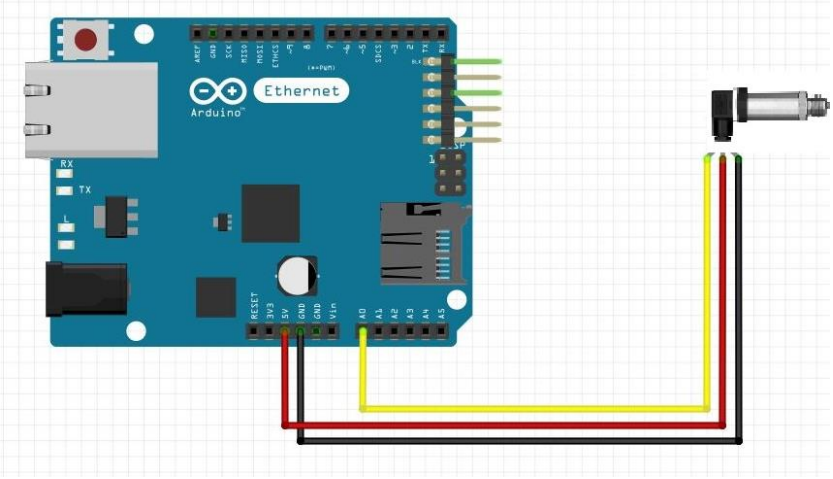
kullanılmıştır. Diğer basınç sensör de aracın hava tankına bağlanarak, hava tanklarındaki basınç miktarının ölçülmesi için kullanılmıştır.

Hava tankındaki basıncı okumak için Şekil 5.21'te Arduino Uno R3 ile Basınç sensörü bağlantısı yapılmıştır. Basınç sensöründen gelen anolog değerler Arduino IDE programına kodlama yapılarak sayısal verilere dönüştürülmüştür.



Şekil 5.21. Basıç sensörü arduino bağlantısı

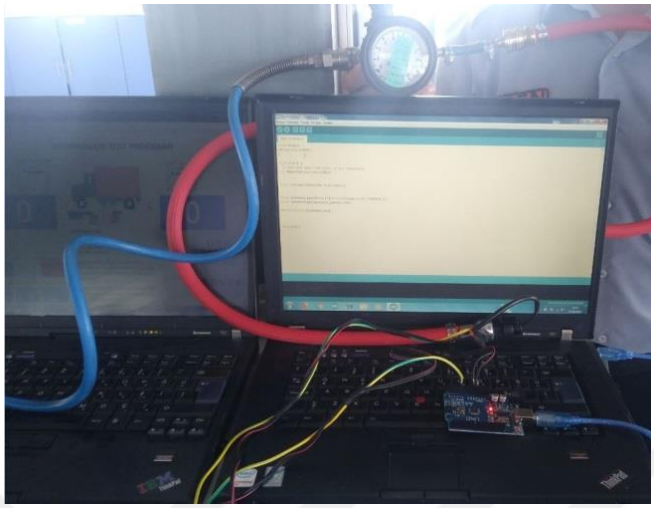
Test maksatlı yazılan program; 9600 nolu serial portu açarak işleme başlar, analog sensör verilerini okur, analog değerleri sayısal verilere dönüştürür elde edilen sayısal veriler formulize edilerek basıncın bar cinsinden hesaplanması sağlar. Şekil 5.22'te Arduino ve basınç sensörü bağlantı şeması verilmiştir.



Şekil 5.22. Arduino – Sensör bağlantı şeması

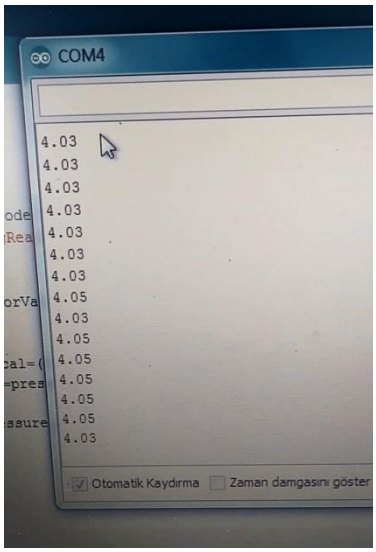
Basınç sensöründen elde edilen veriler Arduino Serialport ekranında görüntülenmiştir. Elde edilen verilerin doğruluğu, Şekil 5.23'te görüldüğü gibi özel bir düzenek hazırlanarak kontrol edilmiştir. Bu işlem için 10 Bar'lık bir kompresör hattı,

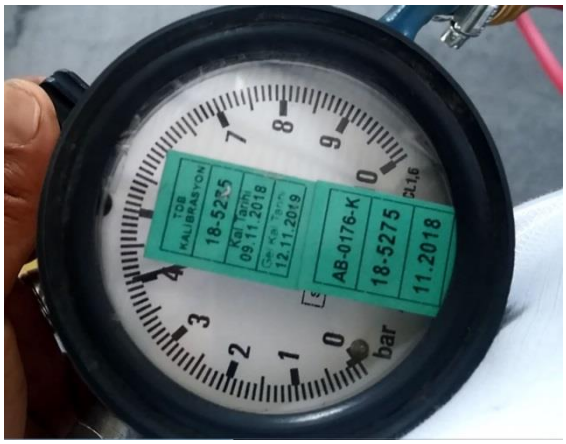
kalibrasyonlu bir adet ayarlı manometre, Arduino kart, dijital basınç sensörü, bilgisayar ve hortumlar kullanılmıştır.



Şekil 5.23. Ölçüm sonucu doğrulama düzeneği

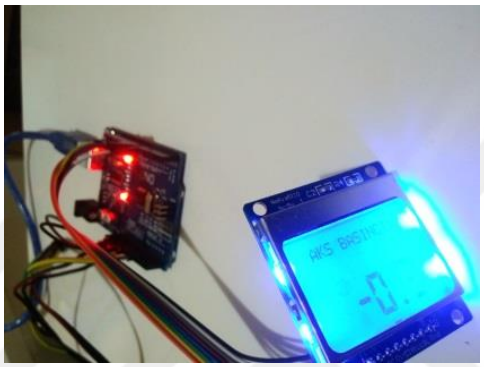
Kompresör den gelen 10 Bar'lık basınçlı hava ayarlı manometre girişine bağlanmıştır. Ayarlı manometrenin çıkışına da dijital basınç sensörümüz bağlanmıştır. Arduino Uno Serialport ekranı açılarak basınç sensörümüzden okunan değerler kontrol edilmiştir. Ayarlı manometreden kademeli olarak basınç artırılmış ve Serialport ekranından da kalibrasyonlu ayarlı manometremiz ile basınç sensörü değerlerimiz aynı değerlere ulaşıncaya kadar IDE programımızdaki parametreler değiştirilmiştir. Sonuç olarak aynı değerler ulaşılmıştır. Şekil 5.24'da ayarlı manometre ile Serialport ekran karşılaştırma görüntüsü mevcuttur.



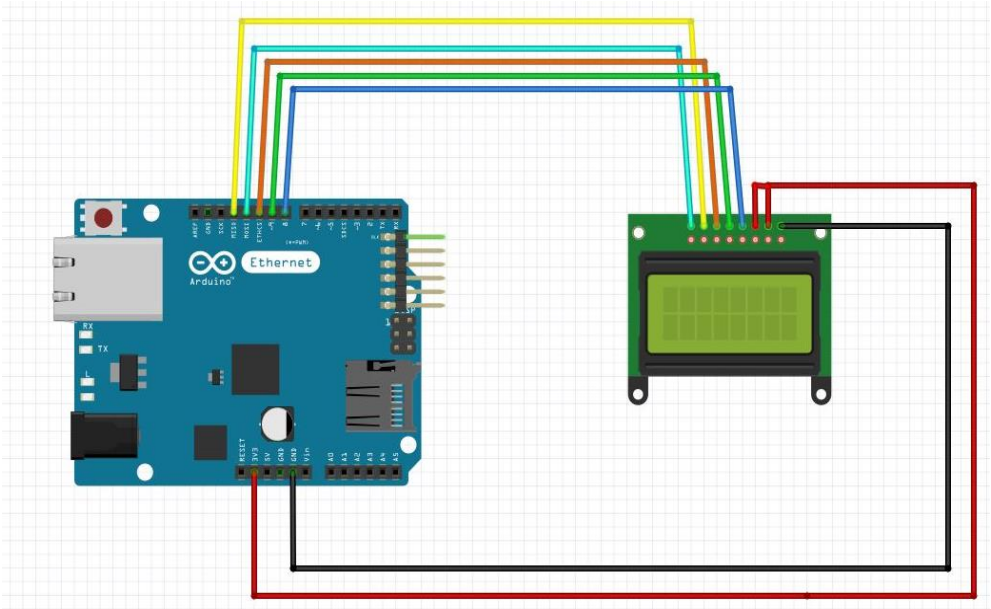


Şekil 5.24. Ölçüm sonuç karşılaştırması

Fren pedalına kuvvet uygulanması sonucu aracın ön aksında oluşan basıncı okumak ve bu basınç değerlerinin Arduino 1.6 inç LCD Ekran da gösterimi için de IDE programında ayrıca kodlama yapılmıştır. Şekil 5.25'de yazılan kodlar ile basınç sensöründen elde edilen analog veriler, sayısal verilere dönüştürülmüş ve formulize edilerek bar cinsinden lcd ekran da görüntülenmesi sağlanmıştır. Şekil 5.26'de LCD ekran Arduino bağlantı şeması verilmiştir.



Şekil 5.25. LCD Ekran mikro denetleyici kart bağlantısı

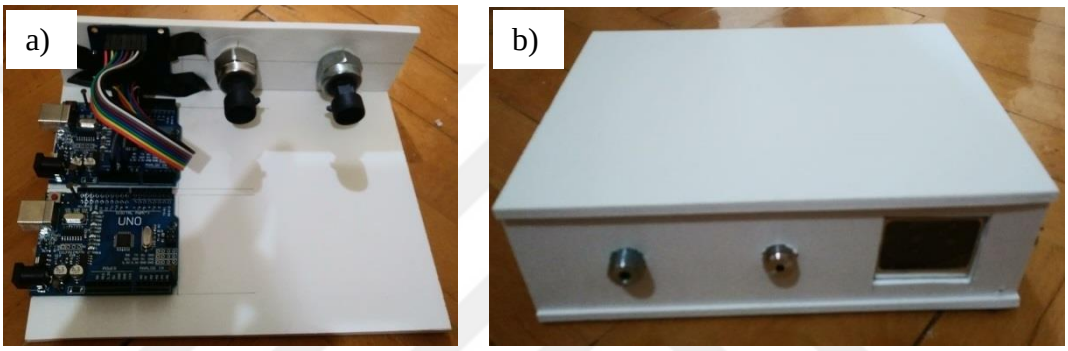


Şekil 5.26. Arduino – LCD ekran bağlantı şeması

Parça parça yapılan uygulamaların bir araya getirilmesi ve test cihazı görünümüne kavuşması amacı ile kutu tasarım çalışması yapılmıştır. Bu işlemler için önce bir takım çizim çalışmaları yapılarak, cihazın ergonomik olması ve minimum boyutlar olması amaçlanmıştır.

Önce yapılan çizimlerin model olarak tasarlanması ve modelin kolay işlenebilmesi amacı ile foreks levha olarak adlandırılan köpük PVC levha kullanılmıştır.

Levha çizimlere uygun olarak kesilmiş ve Arduino kart, basınç sensörü ve LCD ekran montajları yapılmıştır. Şekil 5.27'da görüldüğü üzere adaptör bağlantısı, USB kablo bağlantısı vb. bağlantılar için uygun boyutlarda boşluklar tasarlanmıştır.



Şekil 5.27. a) Kasa iç görünüşü
b) Kasa dış görünüşü

Model yapımı tamamlandıktan sonra cihaza ait çizimler son haline getirilerek, sensör, LCD ekran, Mikro denetleyici kart, adaptör, güç anahtarı, güç soketi, hava giriş jakları ve bağlantı kabloları Şekil 5.28'de görülen lazer kesim pleksiglas malzemeden imal edilen kutuya yerleştirilmiştir.



Şekil 5.28. Test cihazı görünümü

5.4. Yazılım Aşaması

Visual Studio Net programlama dili kullanılarak test cihazı tarafından Serialport üzerinden gönderilen verilerin alınması, hesaplanması ve sonuçlanması amacı ile test programı yazılmıştır.

Ön aks basıncını LCD ekran üzerinden görüntülenmesi ve Hava tankı basıncının da Serialport a aktarılması sağlandıktan sonra 1. dakika ve 4. dakika sonundaki elde edilen hava tankı basınç farkının sistem basıncının %5'i ile karşılaştırmasının yapılabilmesi amacı ile VB.net te program yazılmıştır.

Test yazılımı öncesi yapılacak programın her şeyden önce basit olması ve kullanımı kolay olması amaçlanmıştır. Ağır vasıta fren sistemi testleri zaman zaman yeni eğitim alan teknisyenlerin zorlanmasına sebep olmaktadır. Testler esnasında bir takım teknisyen hataları gerçekleşebilmektedir. Bu hatalar bazen teknisyen dikkatsizliği bazen de eğitim eksikliğinden veya alınan eğitimlerin unutulmasından kaynakla bilmektedir. Testin güvenilir olması, teknisyen hatalarından arındırılmış olması ile birlikte yapılacak program ile sızdırmazlık testi ile ilgili hap niteliğinde eğitici ve hatırlatıcı bilgilerinde verilebilmesi üzerinde durulmuştur. Program basit, anlaşılır ve çok yönlü olmalıdır. Bu amaçla program yazım aşamasında sürekli iyileştirmeye ve programı geliştirmeye yönelik araştırmalar yapılmış ve yeni fikirler üzerinde durulmuştur.

Sızdırmazlık testinin yarı römork türü araçlarda yapılması ilave bilgi ve test sürecinde ilave hesaplamalar gerektirmektedir. Römork türü araçların sızdırmazlık testi çift sızdırmazlık olarak adlandırılan bir yöntem kullanılmaktadır. Test yazılımına çift sızdırmazlık özelliği ilave edilerek yapılacak programın kapsamı genişletilmiştir. Programın çalışma mantığı anlatılırken çift sızdırmazlık konusunda daha detaylı bilgi verilecektir.

Ağır vasıta fren sistemi testleri birbirinin tamamlayıcısı olması sebebi ile program üzerinde dijital ölçüm adı verilen ayrı bir menü oluşturulmuştur. Dijital ölçüm menüsü üzerinde iki adet dijital manometre bulunmaktadır. Bu manometreler sayesinde hem cihazın ölçüm doğruluğunun kontrol edilebilmesi (ara kontrol gibi), hem de diğer ağır vasıta testlerinin yapılmasına yardımcı olacak bir dijital manometre seti özelliği kazandırılmıştır. Örneğin Sarı kaplin koparma testinde kırmızı kaplindeki basıncın sıfıra düşmesi yazılım üzerinde bulunan dijital manometreler ile yapılabilmektedir. Ya da

Dörtyollu emniyet valfi testinin yapılması esnasında tank basınçlarının takip edilmesi sağlanabilmektedir. ALB testinde ön aks ve arka aks basınçlarının ölçümü yapılabilmektedir. Dolayısı ile programa eklenen dijital ölçüm menüsü test cihazımızın çok yönlü kullanımına imkân vermektedir. Çıkış noktamız olan basitlik, anlaşılırlık, işlevsellik, sürekli iyileştirme konularında yapmış olduğumuz program ile hedefe ulaşılmıştır.

Program yazımı esnasında birçok tema üzerinde çalışılmıştır. Şekil 5.29 de görülen sızdırmazlık teması ve 5.30 de görülen çift sızdırmazlık ekranı teması 2019 yılında hazırlamış olduğumuz versiyondur. Burada geri sayım sayaçları "Textbox" lar ile ilişkilendirilen "Timer" lar ile sağlanmaktadır. Ayrıca ön aks basıncı sadece cihaz üzerinde bulunan LCD ekrandan okunabilmektedir. Tank basıncı sadece ölçüm anında alınmakta ve hesaplanmaktadır. Anlık olarak Ön aks basıncının ve Tank basıncının takibi sağlanamamaktadır.



Şekil 5.29. Test yazılımı ana ekran görünümü 2019 versiyonu



Şekil 5.30. Test yazılımı ana ekran görünümü 2019 versiyonu

Sürekli iyileştirme anlayışı ile yapmış olduğum araştırmalar ve yazılım konusunda edilen tecrübeler ile yazılımın son haline getirilmiştir. Test cihazı ve yazılımının genel çalışma mantığı aşağıda detayları ile açıklanmıştır.

Şekil 5.31'de görüleceği üzere yazılım ana ekranında iki adet analog geri sayım sayacı bulunmaktadır. Ön aks basıncı ve Hava tankı basıncının anlık olarak görülebileceği iki adet analog manometre göstergesi bulunmaktadır. Analog sayaçların alt kısmında bulunan "Textbox" lar ile de geri sayım sürelerini ve basınçları dijital olarak takip etmek mümkün olmaktadır. Ana ekran üzerinde sistem basıncı, sistem basıncının %5'i, 1 dakika sonuncunda hava tankı sensöründen okunan değer (İlk değer), 3 dakika sonunda hava tankı sensöründen okunan değer (Son değer), hesaplanan kaçak miktarı gibi verilerin yazdırıldığı alanlar ve testi başlatmak için bir adet (TESTİ BAŞLAT) ve programı resetlemek (RESET) için toplam iki adet buton bulunmaktadır.



Şekil 5.31. Test yazılımı ana ekran görünümü 2020 versiyonu

Test cihazı üzerinde bulunan Şekil 5.32'da hava giriş jaklarına test edilecek aracın ön aks ve hava tankı ile hava hortumları yardımı ile bağlantı yapılır.



Şekil 5.32. Test cihazı ve Test aracı bağlantısı.

Test öncesi test edilecek araç çalıştırılarak hava tankları tamamen doldurulur ve stop edilerek yol konumuna (park freni pasif hale getirilir) alınır. Program çalıştırılır. Program üzerinde bulunan "TESTİ BAŞLAT" butonu tıklanır. Şekil 5.33'deki uyarı ekranı görüntülenir ve sistem basıncının girilmesi istenir ve "TAMAM" butonuna basılır.



Şekil 5.33. Sistem basıncı veri giriş ekranı

Tamam butonuna basılması ile birlikte Şekil 5.34 deki form ekrana gelir. Form üzerinde aracın ön aks basıncını anlık olarak gösteren analog gösterge ve hemen alt kısmında testin iligli adımı ile ilgili bilgilendirme yazısı mevcuttur. Fren pedalına kuvvet uyguladıkça ön aks basıncı artmakta ve basınç test cihazı tarafından anlık olarak ölçülerek "ÖN AKS BASINCI" göstergesinde gösterilmektedir.



Şekil 5.34. Sistem basıncı veri giriş ekranı

Fren pedalı sabitleme aparatı ile Şekil 5.35 deki görüldüğü gibi sistem basıncının yarısı kadar kuvvet uygulanır ve basınç sabitlenir (Şekil 5.35 deki göster üzerinden basınç miktarı gözlemlenir ve basınç sabitlendikten sonra "TAMAM" butonuna basılır.).



Şekil 5.35. Fren pedal aparatı montajı (Tüvtürk, 2016)

Program ana ekranı üzerinde Şekil 5.36 üzerinde görülen 60 saniyelik (1 dakikalık) analog ve dijital göstergeler geri sayımına başar ve süre bitiminde otomatik olarak test cihazına üzerindeki sensörden hava tankı basıncını alır ve "İlk değer" olarak kayıt eder. 180 saniyelik (3 dakikalık) geri sayım sayacı otomatik olarak başlar. Süre bitiminde yine hava tankına bağlı sensörden alına ölçüm değeri program ekranında "Son değer" olarak gösterilir.



Şekil 5.36. Test yazılımı ana ekran görüntüsü

Program ilk ve son ölçüm değerlerini aldıktan sonra aralarındaki farkı hesaplar ve "Hava kaçağı" olarak ekran görüntüler. Daha önce girilen sistem basıncının %5'ini hesaplar ve hava kaçağı ile karşılaştırır. Eğer hava kaçağı miktarı, sistem basıncının

%5'inden az ise Şekil 5.37'te görülen "SİSTEM SIZDIRMIYOR" şeklinde uyarı ekranı görüntülenir.



Şekil 5.37. Sistem sızdırmıyor uyarı ekranı

Uyarı ekranı üzerinde "DİKKAT" kutucuğu ile bilgilendirme yapılır. Araca ait sistem basıncı ve kaçak miktarı görüntülenir. "Tamam" butonuna basılması ile birlikte program resetlenir ve yeni bir test için hazır hale gelir.

Eğer kaçak miktarı sistem basıncının %5'inden fazla ise Şekilde 5.38'daki gibi "SİSTEM SIZDIRIYOR" uyarısı verir.



Şekil 5.38. Sistem sızdırıyor uyarı ekranı

Uyarı ekranı üzerinde "DİKKAT" kutucu ile bilgilendirme yapılır. Sistem basıncının %5'i ve Hava kaçağı miktarı görüntülenir. "TAMAM" butonuna basılması halinde program resetlenir ve yeni bir test için hazır hale getirilir.

Test edilen araç römork türü bir araç ise (Römork sızdırmazlık testi tek başına yapılamaz, Çekici araç ile birlikte yapılmalıdır), sızdırmazlık testine çift sızdırmazlık ile devam edilip edilmeyeceği seçeneği Şekil 5.38'de program tarafından sunulur. Amaç römorkun çekiciden tamamen ayrılması ve ikinci sızdırmazlık testinin sadece çekici araca yapılmasıdır. Örneğin çekici ve römork birleşikken 1 Bar hava kaçağı olsun. Bu kaçağın çekici araçtan mı, römorktan mı ya da her ikisinden mi kaynaklandığını ve miktarlarını anlamak tek ölçümde mümkün olmamaktadır. Römork ve çekici araç birbirinden ayrılarak çekici araca ayrıca bir test yapılması ile kaçağın hangi araçtan ve ne kadar olduğu tespit edilmesi mümkün olmamaktadır. Verilen örnekteki çekici ve römork birleşikken 1 Bar hava kaçağı olduğunu farz edilmişti. Römork çekiciden ayrıldıktan sonra çekici araca yapılacak testteki kaçak miktarı 0.4 Bar olarak kabul edilsin. Böyle bir durumda toplam kaçak miktarının 0.4 Bar'ı çekici araçtan, kalan 0.6 Bar'lık kaçağın da römorktan kaynaklandı tespit edilmiş olur.

"DEVAM ET" butonuna basılması durumunda çift sızdırmazlık testinin başlatılacağına dair Şekil 5.39'daki ekran görüntülenir.



Şekil 5.39. Çift sızdırmazlık testi başlangıcı uyarı ekranı

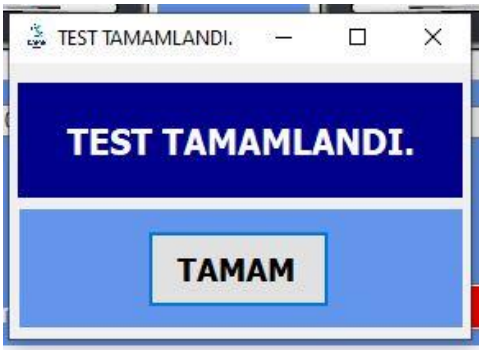
Şekil 5.39 uyarı ekranı üzerinde "ÖN AKS BASINCININ" görüldüğü analog gösterge bulunmaktadır. "UYARI" kutucu ile çift sızdırmazlık için gerekli ön bilgilendirme yapılır. "LÜTFEN SARI VE KIRMIZI KAPLİNLERİ RÖMORKTAN AYIRINIZ", "KIRMIZI KAPLİNE MANOMETRE BAĞLAYARAK RÖMORK SİSTEM BASINCINI TESPİT EDİNİZ", "FREN SABİTLEME APARATI İLE FREN PEDALINA SİSTEM BASINCININ YARISI KADAR KUVVET UYGULAYINIZ". Ön aks basıncı ekran üzerindeki basınç göstergesinden kontrol edilir. Sistem basıncının yarısı kadar fren pedalına apart yardımı ile kuvvet uygulanır ve "TAMAM" butonuna basılır. "TAMAM" butonuna basılması ile birlikte Şekil 5.40'deki "ÇİFT SIZDIRMAZLIK TEST EKRANI" görüntülenir.



Şekil 5.40. Çift sızdırmazlık ana ekranı

Çift sızdırmazlık ekranında Şekil 5.40'da görüleceği üzere, 60 saniyelik ve 180 saniyelik geri sayım sayaçları, Ön aks ve Hava tankı basıncını gösterir iki adet basınç göstergesi, çekici araç ölçüm değerleri, çekici araç sonuç değerleri, römork sonuç değerleri, çekici ve römork birleşikken ki (ilk yapılan test) kaçak miktarı ve "HESAPLA" butonları mevcuttur.

İlk yapılan testte çekici ve römorkun toplam hava kaçağı miktarı ekranın orta kısmında görüntülenir. Çekici araç için 60 saniyelik (1. Dakikalık) geri sayım başlar ve süre sonunda hava tankından alınan basınç değeri "İlk Değer" olarak kaydedilir. 180 saniyelik (3 dakikalık) geri sayım sayacı otomatik olarak başlar ve süre sonunda "Son Değer" olarak kaydedilir ve Şekil 5.41'deki "TEST TAMAMLANDI" uyarı ekranı görüntülenir. İlk yapılan testteki (Çekici ve römork birleşikken) hava kaçağından çekici araca ait kaçak miktarı çıkarılarak römorktaki kaçak miktarı tespit hesaplanır.



Şekil 5.41. Test tamamlandı uyarı ekranı.

Program Çekici araca ait sistem basıncı, sistem basıncının %5'i ve kaçak miktarını "Çekici araç test sonuçları" kısmında listeler. Römorka ait sistem basıncı, sistem basıncının %5'i ve römorktaki kaçak miktarını "Römork için test sonuçları" kısmında listeler. Çekici ve römork araçlar için ayrı ayrı "HESAPLA" butonları kullanılarak kaçak miktarları ve çekici ve römork fren sistemlerinin ayrı ayrı sızdırıp sızdırmadığı program tarafından hesaplanır.

Burada önemli olan konulardan biri de çekici araç sistem basıncı ve römork sistem basıncının aynı olmayacağıdır. Genellikle çekici araçların sistem basınçları 8-12 Bar arasında olmakla birlikte, römork türü araçların sistem basınçları 8.5 Bar civarındadır. Dolayısı ile aynı kaçak miktarına sahip olsalar bile sistem basıncının %5'i ile kıyaslama yapıldığı için sistemin sızdırıp sızdırmadığının değerlendirmesinde farklılık olacaktır.

Çekici ve römork için "HESAPLA" butonuna basıldığında program yine sistem basınçları ile hava kaçak miktarlarını karşılaştırarak Şekil 5.42 "SİSTEM SIZDIRMIYOR" veya Şekil 5.43 "SİSTEM SIZDIRIYOR" uyarı ekranlarını gösterecektir.

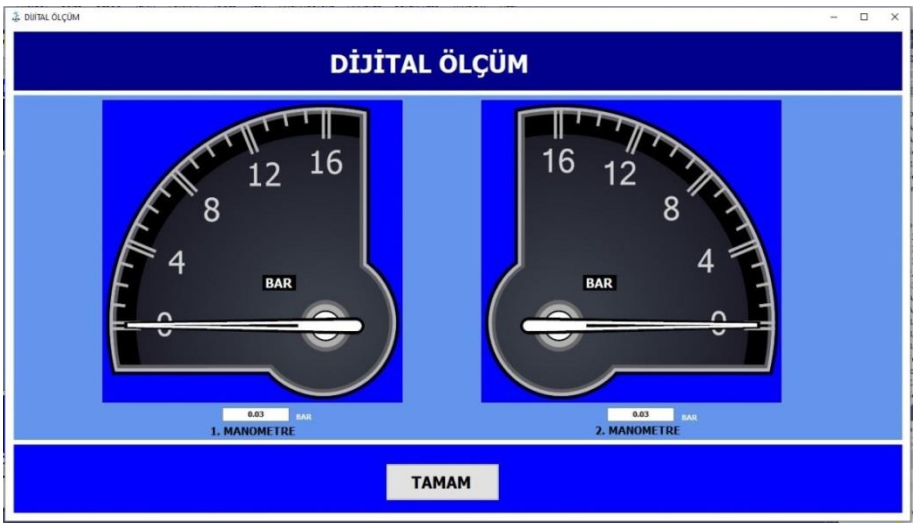


Şekil 5.42. SİSTEM SIZDIRMIYOR uyarı ekranı.



Şekil 5.43. SİSTEM SIZDIRIYOR uyarı ekranı.

Test cihazının program yapımı aşamasında daha öncede bahsedilen işlevselliğin artırılması ve ölçüm doğruluğunun kontrol edilebilmesi (ara kontrol gibi) amacı ile "DİJİTAL ÖLÇÜM" adı altında ilave bir menü eklenmiştir. Şekil 5.44'de görülen ekran üzerinde iki adet analog ve dijital basınç göstergesi mevcuttur. Test cihazı üzerindeki ön aks ve hava tankı jaklarına ikincil bir isim verilmesi ile örneğin 1 no'lu basınç göstergesi ve 2 nolu basınç göstergesi gibi bağımsız bir dijital manometre seti elde edilmiştir.



Şekil 5.44. Dijital ölçüm ekranı.

Dijital ölçüm ekranı ile diğer ağır vasıta fren sistemi testlerinin yapılabilmesi de mümkün olmuştur. 4. bölümde detaylı olarak anlatılan Dörtyollu emniyet valfi, Sarı kaplin koparma testi ve ALB testlerinin yapılması sağlanabilmiştir.

Sarı kaplin koparma testinde kırmızı kapline bir adet manometre bağlanmakta ve sarı kapline de boş vana takılmaktadır. Fren pedalına basıldığında birkaç saniye içinde kırmızı kaplindeki basıncın sıfıra veya sıfıra yakın bir değere düşmesi gerekmektedir. Bu test esnasında kırmızı kaplin doğrudan test cihazının 1 veya 2 nolu jakına takılarak dijital ölçüm menüsünden testin yapılması mümkün olmuştur.

Dörtyollu emniyet valfi testinde ön aks ve arka aks hava tanklarına manometre bağlanması ve ön aks, arka aks ve el freni tüplerinin sırası ile boşaltılması ve her bir hava tankı gurubunun manometreler üzerinden takip edilerek kabaca bağımsız çalıştığının tespit edilmesi şeklindedir. Test cihazımızın 1 nolu ucuna ön aks, 2 nolu ucuna arka aks hava tankı bağlantısı yapılarak tüpler sıra ile boşaltılır ve dijital ölçüm menüsünden dijital manometreler üzerinden hava tanklarının bağımsız çalışıp, çalışmadığı kontrol edilebilmektedir.

ALB testlerinde (Pnömatik veya Mekanik) ön aks ve arka aks basınçlarının etiket değerlerine uygun olup olmadığının kontrol edilmesi gerekmektedir. Yine test cihazımızın 1 ve 2 nolu hava jaklarına test aracının ön ve arka aks test ucu bağlantılarının yapılması ve dijital ölçüm menüsünde bulunan dijital manometrelerin kullanımı ile bu testlerinde yapılması mümkün olmuştur.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Otomatik kontrol'ün endüstriyel çerçevede kullanımı demek olan Endüstriyel Otomasyon; makina, alet, cihaz, tesis ve sistemlerin tehlikeden uzak güvenlikle çalıştırılarak işletme koşullarının iyileştirilmesi ve var olan enerji kaynaklarının verimli kullanımı gibi iki temel düşünceye dayanır (MMO, 2016).

Bu çalışmada, havalı fren sistemleri için sızdırmazlık test cihazı ve test yazılımı tasarımı ve imalatı yapılmıştır. Test cihazı tarafından, test aracı hava tankından alınan basınç bilgileri test yazılımına aktarılarak, yazılım tarafından değerlendirilmesi ve mevcut yasal mevzuata göre fren sisteminde hava kaçağı olup olmadığının tespit edilmesi sağlanmıştır. Çalışma sonucunda manuel olarak, sadece operatörün kontrolünde gerçekleşen bir testin, tez kapsamında üretilen test cihazı sayesinde otomatik olarak yapılması ve böylece operatör kaynaklı hataların ortadan kaldırılması ve operatörün test süresinde başka işlerini yapabilmesi imkânı sağlanmıştır. Yapılan çalışma sonuçları aşağıda açıklanmıştır.

Test cihazı ve yazılımı tamamlanması ile birlikte rastgele seçilmiş 10 adet ağır vasıta (Kamyon, Çekici, otobüs, Römork) araç üzerinde sızdırmazlık testleri yapılmıştır. Manuel yöntem ve analog manometreler ile yapılan test ve ölçüm sonuçları çizelge 6.1.'e işlenmiştir.

Aynı araçlar üzerinde, geliştirilen test cihazı ve yazılımı ile gerçekleştirilen test ve ölçüm sonuçları Çizelge 6.2'ye işlenmiştir.

Geliştirilen test cihazı ve yazılımı ile yapılan testler ile manuel olarak yapılan test sonuçlarının aynı çıktığı sonucuna ulaşılmıştır. Manuel olarak yapılan testlerde özellikle 1 ve 3 dakika süre takibinin önemi ortaya çıkmıştır. 1 ve 3 dakikalık sürelerin hassas bir şekilde takip edilmemesinin, sonucu doğrudan etkileyebileceği görülmüştür.

Çizelge 6.1. Manuel yöntem ile yapılan sızdırmazlık testi, test sonuçları

Deney Aracı	Sistem Basıncı (Kompresörün devreden çıktığı basınç)	Ön aks için uygulanan basınç	1Dk Sonunda ölçülen tank basıncı	3 Dk Sonunda ölçülen tank basıncı	Sistem Basıncının %5'i	Kaçak miktarı	Sonuç
1	9.9	5	8.8	8.6	0.49	0.2	SIZDIRMIYOR
2	11.8	6	10.1	10	0.59	0.1	SIZDIRMIYOR
3	12.2	6	11.0	10.6	0.61	0.4	SIZDIRMIYOR
4	9.7	5	8.8	8.1	0.48	0.7	SIZDIRIYOR
5	12.3	6	10.1	10.0	0.61	0.1	SIZDIRMIYOR
6	10.0	5	9.1	8.3	0.5	0.8	SIZDIRIYOR
7	10.2	5	8.8	8.5	0.51	0.3	SIZDIRMIYOR
8	10.4	5	9.3	9.0	0.52	0.3	SIZDIRMIYOR
9	10.8	5	9.2	8.6	0.54	0.6	SIZDIRIYOR
10	10.0	5	8.7	8.3	0.50	0.4	SIZDIRMIYOR

Çizelge 6.1. Test cihazı ve yazılımı ile yapılan sızdırmazlık testi ve test sonuçları

Deney Aracı	Sistem Basıncı (Kompresörün devreden çıktığı basınç)	Ön aks için uygulanan basınç	1Dk Sonunda ölçülen tank basıncı	3 Dk Sonunda ölçülen tank basıncı	Sistem Basıncının %5'i	Kaçak miktarı	Sonuç
1	9.9	5.00	8.71	8.55	0.49	0.16	SIZDIRMIYOR
2	11.8	6.02	10.04	9.82	0.59	0.22	SIZDIRMIYOR
3	12.2	6.05	10.92	10.58	0.61	0.34	SIZDIRMIYOR
4	9.7	5.01	8.71	8.08	0.48	0.63	SIZDIRIYOR
5	12.3	6.03	10.13	9.78	0.61	0.35	SIZDIRMIYOR
6	10.0	5.02	9.15	8.42	0.5	0.73	SIZDIRIYOR
7	10.2	5.04	8.82	8.61	0.51	0.21	SIZDIRMIYOR
8	10.4	5.02	9.25	9.02	0.52	0.23	SIZDIRMIYOR
9	10.8	5.03	9.29	8.68	0.54	0.61	SIZDIRIYOR
10	10.0	5.02	8.68	8.35	0.50	0.4	SIZDIRMIYOR

Havalı fren sistemi sızdırmazlık testinde kullanılan analog manometreler çoğunlukla 1/10 hassasiyetindedirler. Tasarımı yapılan test cihazı ile hassasiyet yaklaşık 1/100'e çıkarılmıştır. Böylece çok daha hassas ölçüm yapılabilmektedir.

Havalı fren sistemi sızdırmazlık testinin, test cihazı ve yazılımı ile yapılabilir olması birçok avantajı da beraberinde getirmiştir. Birçok ekipmanın işini tek bir cihaz ile yapıyor olmak hataları minimize ederken, zamandan da kazanım sağlamıştır. Özellikle yapılacak test aşamasında önceki zamanlarda kullanılması mecburi olan kronometre ve hesap makinası kullanımının ortadan kaldırılması operatör tarafından yapılması muhtemel işlem hatalarını ortadan kaldırılmıştır. Operatörün zamanı ölçmek

zorunda kalmaması da teknisyenin 4 dakikalık test süresinde başka işlerini yapmasına olanak sağlamıştır.

Test cihazı yazılımına ilave edilen dijital ölçüm menüsü bir nevi dijital bir manometre seti özelliği göstermiştir. Böylece Dörtyollu emniyet valfi, sarı kaplin koparma ve ALB testi gibi testlerin yapılması da sağlanmıştır. Bu özellik sayesinde test cihazının kapsamı ve işlevselliği genişlemiş ve daha da kıymetli hale gelmiştir.

Ülkemizde yılda yaklaşık 1 milyon taşıtın muayenesinde ağır vasıta testlerinin yapıldığı düşünüldüğünde hem diğer testlerin yapılmasında yardımcı bir ekipman hem de sızdırmazlık testi ile yılda minimum 4 milyon dakikalık bir zaman tasarrufu sağlanmış olacaktır. Araç muayenesinin yanında yetkili ve özel servislerinde bu testleri yaptığı düşünüldüğünde zamandan elde edilecek tasarruf daha da hacim kazanacaktır. İş gücünden tasarruf edilmesi ile ülke ekonomisine ciddi seviyelerde katma değer girdisi sağlanacaktır.

6. 2. Öneriler

Bu çalışmada ağır vasıta fren sistemi testlerinden sızdırmazlık testinin bir test cihazı ile yapılabilmesine olanak sağlanmıştır. Bundan sonraki çalışmalarda, Dörtyollu emniyet valfi test cihazı, ALB test cihazı, Kaplin koparma test cihazı gibi konular üzerinde çalışmalar yapılabilir. Yapılacak bu yeni çalışmalar ile testlerin güvenirliği, iş gücünden tasarruf, ergonomi, çevreye duyarlılık gibi konularda iyileştirmeler sağlanabilir.

KAYNAKLAR

Akdağ, O., 2018, Ağır Ticari Kamyonlarda Kullanılan Kampana Frenlerin Ses ve Titreşim Analizleri, Yüksek Lisans Tezi, *İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü*, İzmir.

Al-Juboori, A. A. J., 2017, Arduino Controlled AC Voltage Regulator, Master Thesis, *University Of Turkish Aeronautical Association*

Alakuş, F., 2019, Lise Genel Fizik II Deneylerinin Arduinoyla Yapılmasının Öğrenmeye Katkısı, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi*, Isparta.

Alibaba.com, 2020, Boşaltma Musluğu, https://turkish.alibaba.com/product-detail/drain-cock-air-reservoir-drain-valves-1338823937.html:

Arduino, 2020, Software, Downloads, https://www.arduino.cc/:

Aygör, Y., 2019, Arduino ile Güneş Enerjili Sera Otomasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi*, Çanakkale.

Daş, H. Z., 2002, Otomobil Fren Sistemlerinin Tasarım Analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi* Ankara.

Demiryürek, M., 2019, Seralarda Arduino ve Bileşenlerini Kullanarak Hassas Tarım Uygulamalarının ve Sistemlerinin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi*, Kayseri.

Düzgün, M., 2002, Motorlu Taşıtlarda Fren Deney Yöntemleri ve Performans Kriterlerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi*, Ankara.

Düzgün, M., 2009, Fren Sistemlerinin Performanslarının Belirlenmesine Yönelik Test Metodolojisinin Geliştirilmesi, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi*, Ankara.

Ekingen, O., 2012, Ağır Ticari Taşıtlarda Kullanılan Kampanalı Frenlerde Fren Titreşimleri, Yüksek Lisans, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul.

Ergun, A., 2020, Basınç (Gerilme) Transduserleri, Ders Notu, *Dokuz Eylül Üniversitesi*, İzmir.

Every, J. L., Salaani, M. K., Barickman, F. S., Elsasser, D. H., Guenther, D. A., Heydinger, G. J. ve Rao, S. J., 2014, Braking behavior of truck drivers in crash imminent scenarios, *SAE International Journal of Commercial Vehicles*, 7 (2014-01-2380), 487-499.

Filikçioğlu, C., 1998, Taşıt Frenlerinde Balata Çeşitinin ve Çalışma Şartlarının Frenleme Performasnlarına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi*, Ankara.

Filter, A., 2020, Hava Filtreleri Teknik Bilgi, http://www.afmfiltration.com/tr/hizmetlerimiz/18-hava-filtreleri-teknik.html:

Gazete, R., 18/10/1983, Karayolları Trafik Kanunu. 2918. 18195**:** 687.

Gazete, R., 23/09/2004, Araç Muayene İstasyonlarının Açılması İşletilmesi Hakkındaki Yönetmelik. 25592.

Güney, B. ve Mutlu, İ., 2015, Taşıtlarda AB ve ABD'nde Uygulanan fren Test Standartlarının Synclines, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15, 7-16.

İnverter-PLC, 2020, Basınç Ölçme Teknikleri ve Transmitterler, http://www.inverter-plc.net/sens%C3%B6rler/bas%C4%B1n%C3%A7_transmitteri.html:

Juang, H.-S. ve Lurrr, K.-Y., 2013, Design and control of a two-wheel self-balancing robot using the arduino microcontroller board, *2013 10th IEEE International Conference on Control and Automation (ICCA)*, 634-639.

Kaplan, S., 2014, Ağır Vasıta Havalı Fren Sistemleri, Standart Testleri ve Güvenlik Kriterleri Yönünden Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi*, Ankara.

Kara, F., 2011, Karbon Elyaf Takviyeli Otomotiv Fren Balata Özelliklerinin Araştırılması, Yüksek Linsans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi*, Afyon

Karanfil, S., 2017, Fren Disklerinin HVOF Yöntemi ile Kaplanması ve Taşıtlarda Fren Performansına Etkisinin Araştırılması, Yüksek Linsans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi*, Afyon.

Karthikeyan, P., Sonawane, D. ve Subramanian, S. C., 2010, Model-based control of an electropneumatic brake system for commercial vehicles, *International Journal of Automotive Technology*, 11 (4), 507-515.

Keskin, G., 2015, Diskli Fren Sisteminde Disk Üzerindeki Sıcaklığın Analitik Olarak Hesaplanması, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul.

Kumar, Y. S. R., Sonawane, D. B. ve Subramanian, S. C., 2012, Application of PID control to an electro-pneumatic brake system, *International Journal of Advances in Engineering Sciences and Applied Mathematics*, 4 (4), 260-268.

MAHA, 2007, IW 7 Lon Competence Rulo Fren Test Kullanım Kitabı, *Haldenwang*, p.

Mcngrup, 2020, Havalı Fren Sistemi, ADANA, http://www.mcngrup.com/haberler/havali-fren-sistemi:

MEGEP, 2013, Motorlu Araçlar Teknolojisi Fren Sistemleri, *Ankara*, p.

MMO, 2016, Mühendis ve Makina, Endüstriyel Otomasyon Özel Sayısı 18.

Öz, A., 2012, Aşınmış Taşıt Fren Disklerinin Kaplama Tozları ile Kaplanarak Yeniden Kullanılabilirliğinin Deneysel Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi*, Isparta.

Papinniemi, A., Lai, J. C., Zhao, J. ve Loader, L., 2002, Brake squeal: a literature review, *Applied acoustics*, 63 (4), 391-400.

Robotikprojeses, 2020, Robotikprojeses, https://sites.google.com/site/robotikprojeses/arduino/arduino-uezerinde-bulunan-pinler:

Rotagrup, 2020, Hava emiş filtresi, http://rotagrup.com.tr/mercedes.html:

Selvaraj, M., Gaikwad, S. ve Suresh, A. K., 2014, Modeling and simulation of dynamic behavior of pneumatic brake system at vehicle level, *SAE Technical Paper*.

Songül, S., 2014, Tank Namlusu Stabilizasyon Sisteminin Arduino ile Uygulanması ve Deneysel Düzeneğinin Hazırlanması, Yüksek Lisans Tezi, *Trakya Üniversitesi*, Edirne.

Subramanian, S. C., Darbha, S. ve Rajagopal, K., 2006, A diagnostic system for air brakes in commercial vehicles, *IEEE transactions on intelligent transportation systems*, 7 (3), 360-376.

Świderski, A., Borucka, A., Jacyna-Gołda, I. ve Szczepański, E., 2019, Wear of brake system components in various operating conditions of vehicle in the transport company, *Eksploatacja i Niezawodność*, 21.

Şimşek, M. A., 2015, Arduino Kart ile Tasarlanmış Sistemlerin İnternet Tabanlı Kontrolü ve İzlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi*, Isparta.

Türkoilmarket, 2020, Türkoilmarket, https://www.turkoilmarket.com/urun/ford-cargo-1846-euro-5-euro-6-hava-filtresi-ic-dis-takim:

Tüvtürk, 2011, Fren Sistemleri ve Muayenesi, *İstanbul*, p.

Tüvtürk, 2016, Ağır Vasıta Fren Sistemleri, *İstanbul*, p.

Vikipedi, 2020a, Visual Basic, https://tr.wikipedia.org/wiki/Visual_Basic:

Vikipedi, 2020b, Microsoft Visula Studio, https://tr.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Visual_Studio:

Volkan Çavuş, R. T., İsmail Umut Duran, 2017, Arduino Devreleri için Kod Üretme ve Veri İşleme uygulaması tasarımı, *MSU Fen Bil. Dergisi*, 5 (1), 387-390.

WABCO, 2018, Ürün Kataloğu.

Weiss, D., 2010, Brake Test Systems, *HORIBA Technical Journal" Readout*, 20-23.

Yüce, S., 2013, Otomotiv Fren Balatası Sürtünme Test Cihazı Tasarımı ve İmalatı, Yüksek Lisans Tezi, *Mersin Üniversitesi*, Mersin.

Zhang, H., Wu, J., Chen, W., Zhang, Y. ve Chen, L., 2009, Object oriented modeling and simulation of a pneumatic brake system with ABS, *2009 IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, 780-785.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Mehmet TOKLUCU
Uyruğu	**:**	T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	KULU - 05.06.1980
Telefon	**:**	0 545 726 24 33
Faks	**:**	
e-mail	**:**	Mtoklucu42@gmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Karaman Endüstri Meslek Lisesi	1997
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi / T.E.F. Otomotiv Öğr.	2002
Üniversite	:	N.E.Ü. / Seydişehir Mühendislik Fak. Makine Müh.	2019
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi / Fen Bilimleri Enst.	Devam Ediyor

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2004 – 2005	Tümelkar A.Ş.	Vardiya A.
2005 – 2008	Karaman Mavi Bilgisayar	Firma S.
2008 -	Tüvtürk Taşıt Muayene İst. A.Ş.	İstasyon A.

UZMANLIK ALANI

Otomotiv Mühendisliği

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR

Toklucu M., Neşeli S., 2020, Design of Sealing Tester for Heavy Vehicle Air Brake Systems, International Journal of Automotive Science And Technology, 4(2), 110-105.