



**AĞIR VASITA HAVALI FREN SİSTEMLERİ, STANDARD TESTLERİ VE
GÜVENLİK KRİTERLERİ YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Serkan KAPLAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2014

Serkan KAPLAN tarafından hazırlanan “AĞIR VASITA HAVALI FREN SİSTEMLERİ, STANDARD TESTLERİ VE GÜVENLİK KRİTERLERİ YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Makine Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Selim ÇETİNKAYA
Otomotiv Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Başkan: Prof. Dr. Ali İhsan ACAR
Tarım Makinaları, Ankara Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Üye : Prof. Dr. M. Sahir SALMAN
Otomotiv Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Üye : Prof. Dr. H. Serdar YÜCESU
Otomotiv Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Üye : Prof. Dr. Adnan SÖZEN
Enerji Sistemleri Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Tez Savunma Tarihi: 22/07/2014

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Serkan KAPLAN

22.07.2014

AĞIR VASITA HAVALI FREN SİSTEMLERİ, STANDARD TESTLERİ VE GÜVENLİK KRİTERLERİ YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Serkan KAPLAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2014

ÖZET

Ağır vasıtalarda yaygın olarak kullanılan havalı fren sistemlerinde oluşabilecek hata ya da arızaların olası zararlı etkilerinin, sistemin mevcut güvenlik önlemleriyle ne düzeyde giderilebileceğinin tespit edilmesi gereklidir. Ağır vasıta havalı fren sistemleri, ağır yükler altında maksimum performansı karşılayacak şekilde tasarlanmaktadır. Ancak, kullanıcı hataları ya da araçta zamanla ortaya çıkabilen teknik eksiklikler, sistemin performans ve güvenliğini olumsuz etkilemekte, bu durumda ölüm oranları ve maddi hasarları yüksek olan taşıt kazalarına sebebiyet verebilmektedir. Bu deneysel çalışmada havalı fren sistemlerinin sağlaması gerekli olan minimum koşullar yönetmelik bazında incelenmiş ve sistemde bulunan tüm elemanların çalışmaları analiz edilmiştir. Havalı fren sistemlerinin fabrika çıkışında mevcut olan güvenlik donanımları incelenmiş, bu donanımların güvenlik testlerinin yapılabilmesi için bir fren test panosu geliştirilmiştir. Geliştirilen bu pano aynı zamanda eğitim materyali olarak da kullanılabilir. Havalı fren sisteminin ağır yükler altında verdiği tepkiler de incelenmiştir. Sistemin belirli bir süre kullanılmasıyla performans ve güvenliğinin bundan nasıl etkilendiğinin tespit edilebilmesi için de farklı bir deney prosedürü oluşturulmuştur. Bu deney prosedüründe, çekici, kamyon, otobüs ve yarı römork sınıfı araçların fren sistemlerinin yeterlilikleri, güvenlik ve performans yönünden çeşitli kriterlerle test edilmiştir. Ortaya çıkan sonuçlarda havalı fren sistemlerinin üretim esnasında yeterli güvenlik kriterleri ile donatıldığı, fakat kullanıcı hatası, bakım onarım aşamasında sistemin güvenliğini sağlayan parçalarının hatalı bakım ve onarımı, istiap haddinden fazla yük taşınması ya da yüksek hız gibi durumların, sistemin gerekli güvenlik reaksiyonlarını verememesine sebep olduğu tespit edilmiştir. 10 adet deney aracı üzerinde yapılan deneysel analizlerde fren odasındaki hava kaçağının fren performansına olumsuz etkileri, disk ve kampananın aynı aksta ve aynı zamanda değiştirilmesinin fren kuvvetlerine etkileri gözlemlenmiştir. Havalı fren sistemlerinde maksimum frenleme kuvvetine ulaşmak için 4-5 bar tüp basıncına ihtiyaç duyduğu tespit edilmiştir. Kompresörün açma basıncı ve dört yollu emniyet kontrol valfinin çalışma basıncında da tespit edilen bu basınç değerinin hayati önemde olduğu tespit edilmiştir. Özellikle römork cinsi araçların karışmış olduğu kazalara yönelik yapılan incelemelerde kombi fren silindirisinin kritik önemde olduğu diğer bir tespittir.

Bilim Kodu : 708.3.026

Anahtar Kelimeler : Ağır vasıta kazaları, havalı fren sistemi parçaları, havalı fren sistemi testleri, havalı fren sistemi test panosu

Sayfa Adedi : 136

Danışman : Prof. Dr. Selim ÇETİNKAYA

AIR BRAKE SYSTEMS FOR HEAVY VEHICLES, STANDARD TESTS AND SECURITY CRITERIA IN TERMS OF EVALUATION

(M. Sc. Thesis)

Serkan KAPLAN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

July 2014

ABSTRACT

Today air brake systems are used on many commercial vehicles. It is necessary to determine at what level the errors or malfunctions and their harmful effects could be resolved in existing security systems. Heavy vehicle air brake systems are designed to meet maximum performance under heavy loads. However, driver faults or technical deficiencies that can occur over time in the vehicle, that adversely affect the performance and safety of the system, in this case, heavy vehicles can cause accidents with high mortality rates and property damages. In this experimental study necessary conditions of air brake systems were examined to provide the minimum conditions in terms of regulation and the work of all the elements in the system were analyzed. Safety equipment's of air brake systems that are available in the factory were examined, in order to practise the safety tests, a test board has developed. This board may also be used as an educational material. The responses of air brake system under heavy loads were also investigated. After a certain period of performance of the system, different experimental procedures have established in order to determine how the system performance and safety were affected. In this experimental procedure, trailers, trucks, buses and semi-trailers class of vehicles braking system efficiency have tested, in terms of safety and performance with various criteria's. According to the results during the production period, the air brake system is equipped with adequate safety criteria's, because of these reasons the air brake system can't be successful while giving reactions driver faults, improper maintenance and repair of parts which ensures the safety of the system, transportation of load which is much more than it should be or high speed. In the experimental analysis performed on 10 experimental vehicles, the negative effects of the air leakage in the brake chamber to the braking performance, besides this, replacing disk and drum brakes on the same axis have positive effects on to the brake forces. In air brake systems it was determined that to achieve maximum braking force, you need of 4-5 bar pressure air cylinder. The significance of these values has been revealed about the opening pressure of the compressor and the four-way control valve in the working pressure. Especially in investigations that had been involved in type of trailer accidents for vehicles the critical importance of combi brake cylinder has been appeared.

Science Code : 708.3.026

Keywords : Heavy-duty vehicle accidents, air brake system parts, air brake system tests, air brake system test panel

Page Number : 136

Supervisor : Prof. Dr. Selim ÇETİNKAYA

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Selim ÇETİNKAYA'ya teşekkür ederim. Birikim ve önerilerinden destek aldığım Sayın Prof. Dr. Duran ALTIPARMAK'a, sık sık bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım Alpay LÖK'e, fren test panosunun hazırlanmasında maddi destekleri için TÜVTÜRK Taşıt Muayene İstasyonları, Reysaş Taşıt Muayene İstasyonları ve Fren Sistemleri Sanayi şirketleri yöneticilerine, bu çalışmada bana her türlü kolaylığı gösteren, ufuk katan, yönlendiren ve yapıcı tutum içinde olan Genel Müdürüm Sayın Yalçın SUMAK'a, tecrübelerinden faydalandığım Reysaş Taşıt Muayene İstasyonları bünyesinde istasyon amiri olarak çalışan arkadaşlarıma, test panosunun hazırlanmasında bilgi birikimini paylaşan Bakacaklar oto sahibi Sn. Metin BAKACAK'a, yapılan deneylerde vermiş oldukları katkılar sebebiyle TÜVTÜRK Eskişehir araç muayene istasyonunda çalışan takım arkadaşlarıma, çalışmalarım boyunca manevi desteklerini gördüğüm annem, babama ve kendilerine yeterince zaman ayıramadığım eşim ve oğluma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xviii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	9
3. HAVALI FREN SİSTEMLERİ.....	13
3.1. Havalı Fren Sistemlerinin Tarihçesi.....	13
3.2. Havalı Fren Sisteminin Çalışması.....	15
3.3. Havalı Fren Sistemi Parçaları ve Görevleri.....	18
3.3.1. Kompresör.....	18
3.3.2. Hava tahliye valfleri.....	20
3.3.3. Hava kurutucusu.....	21
3.3.4. Dört devreli emniyet valfi.....	23
3.3.5. Basınç regülatörü.....	24
3.3.6. Hava tankı ve boşaltma supabı.....	26
3.3.7. İki devreli fren pedalı valfi.....	26
3.3.8. El freni valfi.....	28
3.3.9. Röle valf.....	29

	Sayfa
3.3.10. Römork kontrol valfi.....	31
3.3.11. Yüke duyarlı otomatik fren sistemi valfi.....	32
3.3.12. Diyaframalı fren silindiri.....	33
3.3.13. Kombi fren silindiri.....	34
3.3.14. Basınç test ucu.....	35
3.3.15. Fren basınç manometreleri.....	36
3.3.16. Kaplinler.....	36
3.4. Havalı Fren Sistemi Örnek Devreleri.....	38
4. HAVALI FREN SİSTEMLERİ İLE İLGİLİ TANIM VE YÖNETMELİKLER.....	43
4.1. Frenler ile İlgili Tanımlar.....	43
4.1.1. Kademelendirilebilir frenleme.....	44
4.1.2. Kumanda.....	44
4.1.3. Aktarma organı.....	44
4.1.4. Fren.....	44
4.1.5. Yönetmeliklerde fren sistemini ilgilendiren tanımlar.....	46
4.2. Taşıtlarda Bulunması Gereken Fren Sistemleri.....	48
4.2.1. Ana fren sistemi.....	48
4.2.2. İkincil fren sistemi.....	48
4.2.3. Tespit (park) fren sistemi.....	48
4.2.4. Egzoz freni.....	49
4.2.5. Retarder (yavaşlatıcı).....	49
4.3. Havalı Fren Sisteminin Sağlaması Gereken Koşullar.....	49
5. MATERYAL VE METOT.....	57
5.1. Deney Prosedürlerinin Oluşturulması.....	57

	Sayfa
5.2. Deneyden Önce Yapılan Hazırlıklar.....	57
5.3. Deneyde Kullanılan Ekipmanlar ve Özellikleri.....	58
5.3.1. Araç durur vaziyette iken yapılması gereken testler.....	58
5.3.2. Geliştirilen test panosunda kullanılan ekipmanlar.....	70
6. DENEYLER VE TARTIŞMA.....	75
6.1. Eskişehir (Tüvtürk) Araç Muayene İstasyonunda Yapılan Deneyler.....	75
6.1.1. Tekerlekte fren etkisinin gözlemlenmesi.....	75
6.1.2. Frenleme anında fren kuvvetlerinde oluşan değişkenlik.....	83
6.1.3. Servis freni ve park freni sapma değerlerinin kontrolü.....	84
6.1.4. Asgari işletme ve asgari park fren verimleri.....	88
6.1.5. Pnömatik ALB testi.....	93
6.1.6. Römork park fren tertibatı kontrolü.....	94
6.1.7. Kompresörün çalışma basıncı analizi.....	95
6.1.8. Havalı fren sistemlerinde kaçak olması durumunda sisteme etkilerinin değerlendirilmesi.....	101
6.2. Test Panosunda Yapılan Deneyler.....	103
6.2.1. Dört devreli emniyet valfi kontrolü.....	103
6.2.2. Check-valf kontrolü.....	105
6.2.3. Kırmızı kaplin fonksiyon testi.....	105
6.2.4. Sarı kaplin fonksiyon testi.....	106
6.2.5. Sızdırmazlık testi.....	106
6.2.6. Mekanik ALB testi.....	107
6.3. Fren Devrelerinde Basıncın Düşmesine Neden Olan Etkenlerin Araştırılması ve Çözüm Önerileri.....	108
6.3.1. Yardımcı fren sistemlerinin kullanılması.....	108

Sayfa

6.3.2. Periyodik muayene ve bakımların yapılması.....	110
6.3.3. Ağır vasıtalarda fabrika değerlerinden fazla oranda yük taşınması.....	110
6.3.4. Orijinal parça dışında parça kullanılması.....	111
6.3.5. Hava tüplerinin günlük kontrol edilmesi.....	112
6.3.6. Sistemin sızdırmazlığının fabrika değerlerinde tutulması.....	112
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	115
KAYNAKLAR.....	123
EKLER.....	127
EK-1. Deney sonuçları 1.....	128
EK-2. Deney sonuçları 2.....	129
EK-3. Deney sonuçları 3.....	130
EK-4. Deney sonuçları 4.....	131
EK-5. Deney araçları ALB etiketleri.....	132
EK-6. Deney matrisi.....	133
ÖZGEÇMİŞ.....	136

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. 2000 – 2012 yılları arasında Türkiye’de gerçekleşen kaza istatistikleri.....	3
Çizelge 1.2. Türkiye’de 2012 yılında gerçekleşen kazalarda kusur sınıfları.....	4
Çizelge 1.3. Türkiye’de 2012 yılında gerçekleşen kazalarda aracın teknik eksiklerinden kaynaklanan kusur sınıfları.....	5
Çizelge 5.1. Araç muayene istasyonunda yapılan testlerde kullanılan ekipmanlar.....	58
Çizelge 5.2. Deney taşıtlarının özellikleri.....	59
Çizelge 5.3. Fren test cihazı teknik özellikleri.....	62
Çizelge 5.4. Geliştirilen havalı fren sistemi test panosunda kullanılan ekipmanlar.....	70
Çizelge 6.1. Türkiye mevzuatına göre servis ve park fren kuvvetleri sapma değerleri üst sınır tablosu	85
Çizelge 6.2. Servis ve park fren verim değerleri alt sınır tablosu.....	90
Çizelge 6.3. Deney araçlarında tespit edilen fren verim değerleri.....	91
Çizelge 6.4. Pnömatik ALB testi sonuç tablosu.....	94
Çizelge 6.5. Deney araçlarında tespit edilen çalışma basınç aralıkları.....	96

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. 2002 – 2011 yılları arasında 100.000 nüfusa düşen ölüm ve yaralanma sonuçlu kazalara ait grafik.....	3
Şekil 1.2. 2000 – 2009 yılları arasında Avrupa Birliği üyesi olan 27 ülkede gerçekleşen ölüm ve yaralanma sonuçlu kazalara ait grafik.....	4
Şekil 3.1. Havalı fren sisteminin basit şeması.....	16
Şekil 3.2. Kompresör kesiti.....	19
Şekil 3.3. Kompresör sembolü.....	19
Şekil 3.4. Kompresör devresi.....	19
Şekil 3.5. Hava tahliye valfi kesiti.....	20
Şekil 3.6. Hava tahliye valflerinin çalışma şekilleri.....	20
Şekil 3.7. Tahliye valfleri sembolleri.....	21
Şekil 3.8. Hava kurutucusu kesiti.....	22
Şekil 3.9. Hava kurutucusunun parçaları.....	23
Şekil 3.10. Dört devreli emniyet valfi sembolü.....	24
Şekil 3.11. Dört devreli emniyet valfi kesiti.....	24
Şekil 3.12. Basınç regülatörü.....	25
Şekil 3.13. Basınç regülatörü sembolü.....	25
Şekil 3.14. Basınç regülatörü çalışma konumları.....	25
Şekil 3.15. Hava tankı sembolü.....	26
Şekil 3.16. İki devreli fren pedalı valfi kesit görünüşü.....	27
Şekil 3.17. İki devreli fren valfi bağlantı şeması.....	27
Şekil 3.18. El fren valfi kesit görünüşü ve bağlantı şeması.....	28
Şekil 3.19. El fren valfi sembolü.....	29
Şekil 3.20. Röle valf sembolü.....	30
Şekil 3.21. Röle valf kesiti.....	30

Şekil	Sayfa
Şekil 3.22. Römork kontrol valfi sembolü.....	31
Şekil 3.23. Römork kontrol valfi kesiti.....	32
Şekil 3.24. Yüke duyarlı otomatik fren valfi kesiti.....	33
Şekil 3.25. Yüke duyarlı otomatik fren valfi devre şeması.....	33
Şekil 3.26. Diyaframalı fren silindiri kesiti.....	34
Şekil 3.27. Kombi fren silindiri kesiti.....	35
Şekil 3.28. Kombi fren silindiri sembolü.....	35
Şekil 3.29. Fren kaplini (sarı) ve besleme kaplini (kırmızı).....	36
Şekil 3.30. Kaplin ölçüleri ve bağlantı şekilleri.....	37
Şekil 3.31. Çekici + römork fren sistemi (örnek).....	38
Şekil 3.32. İki devreli havalı fren sistemi (örnek).....	38
Şekil 3.33. Havalı fren sistemi devresi (örnek)	39
Şekil 3.34. Havalı fren sistemi devresi (örnek)	40
Şekil 3.35. Havalı fren sistemi devresi (örnek)	41
Şekil 4.1. Taşıtlarda kullanılan fren tipleri.....	48
Şekil 5.1. Geliştirilen fren test panosu çekici bölümü devre şeması.....	72
Şekil 5.2. Geliştirilen fren test panosu römork bölümü devre şeması.....	73
Şekil 6.1. 1.deney aracı 1.aks fren kuvvetleri.....	76
Şekil 6.2. 1.deney aracı 2.aks fren kuvvetleri.....	76
Şekil 6.3. 2.deney aracı 1.aks fren kuvvetleri.....	76
Şekil 6.4. 2.deney aracı 2.aks fren kuvvetleri.....	77
Şekil 6.5. 3.deney aracı 1.aks fren kuvvetleri.....	77
Şekil 6.6. 3.deney aracı 2.aks fren kuvvetleri.....	77
Şekil 6.7. 4.deney aracı 1.aks fren kuvvetleri.....	78

Şekil	Sayfa
Şekil 6.8. 4.deney aracı 2.aks fren kuvvetleri.....	78
Şekil 6.9. 5.deney aracı 2.aks fren kuvvetleri.....	78
Şekil 6.10. 6.deney aracı 1.aks fren kuvvetleri.....	79
Şekil 6.11. 6.deney aracı 2.aks fren kuvvetleri.....	79
Şekil 6.12. 7.deney aracı 1.aks fren kuvvetleri.....	79
Şekil 6.13. 7.deney aracı 2.aks fren kuvvetleri.....	80
Şekil 6.14. 9.deney aracı 1.aks fren kuvvetleri.....	80
Şekil 6.15. 9.deney aracı 2.aks fren kuvvetleri.....	80
Şekil 6.16. 10.deney aracı 1.aks fren kuvvetleri.....	81
Şekil 6.17. 10.deney aracı 2.aks fren kuvvetleri.....	81
Şekil 6.18. 5.deney aracı 1.aks fren kuvvetleri.....	82
Şekil 6.19. 8.deney aracı 1.aks fren kuvvetleri.....	83
Şekil 6.20. 8.deney aracı 2.aks fren kuvvetleri.....	83
Şekil 6.21. Fren kuvveti değişkenlik göstergesi.....	84
Şekil 6.22. Fren kuvvetleri analog göstergesi.....	86
Şekil 6.23. Denge kontrol sistemleri simülasyonu	86
Şekil 6.24. 1. aks servis fren kuvvetleri sapma değerleri.....	87
Şekil 6.25. 2. aks servis fren kuvvetleri sapma değerleri.....	87
Şekil 6.26. 1. aks el fren kuvvetleri sapma değerleri.....	88
Şekil 6.27. Hava tankı düşük basınç uyarı göstergesi.....	95
Şekil 6.28. 1. deney aracı tüp basıncına göre fren kuvveti analizi grafiği.....	97
Şekil 6.29. 3. deney aracı tüp basıncına göre fren kuvveti analizi grafiği.....	97
Şekil 6.30. 4. deney aracı tüp basıncına göre fren kuvveti analizi grafiği.....	98
Şekil 6.31. 5. deney aracı tüp basıncına göre fren kuvveti analizi grafiği.....	98

Şekil	Sayfa
Şekil 6.32. 6. deney aracı tüp basıncına göre fren kuvveti analizi grafiği.....	99
Şekil 6.33. 7. deney aracı tüp basıncına göre fren kuvveti analizi grafiği.....	99
Şekil 6.34. 8. deney aracı tüp basıncına göre fren kuvveti analizi grafiği.....	100
Şekil 6.35. El freni çekili konumda kombi silindir kesiti.....	102
Şekil 6.36. El freni bırakılmış servis frenine basılmış konumda kombi silindir kesiti...	103
Şekil 6.37. El freni çekili konumda kombi silindir kesiti.....	103
Şekil 6.38. Kampana sıcaklıkları.....	109
Şekil 6.39. Basınç tankı ve boşaltma vanası.....	112

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Kompresör.....	18
Resim 3.2. Hava kurutucusu.....	22
Resim 3.3. Dört devreli emniyet valfi.....	24
Resim 3.4. Hava tankı - boşaltma supabı.....	26
Resim 3.5. Fren pedalı valfi.....	27
Resim 3.6. El fren valfi.....	28
Resim 3.7. Röle valf.....	29
Resim 3.8. Römork kontrol valfi.....	31
Resim 3.9. Yüke duyarlı otomatik fren sistemi valfi.....	32
Resim 3.10. Diyaframalı fren silindiri.....	34
Resim 3.11. Kombi fren silindiri.....	34
Resim 3.12. Basınç test ucu.....	35
Resim 3.13. Araçta bulunan manometreler.....	36
Resim 5.1. Eskişehir araç muayene istasyonu.....	60
Resim 5.2. Fren test cihazı tamburları.....	61
Resim 5.3. Fren test cihazı dijital göstergesi.....	62
Resim 5.4. Ağırlık simülatörü.....	63
Resim 5.5. Basınç sensörleri	64
Resim 5.6. Basınç sensörü değerlerinin ekran görüntüsü.....	64
Resim 5.7. Basınç sensörünü membran silindire bağlama aparatı.....	64
Resim 5.8. Manometreler.....	65
Resim 5.9. Pedal sabitleme aparatı.....	65
Resim 5.10. Ayarlı manometre.....	66
Resim 5.11. Hava hortumu.....	66

Resim	Sayfa
Resim 5.12. Çok fonksiyonlu fren test cihazı kontrol kumandası.....	67
Resim 5.13. Hava tankı boşaltma aparatı.....	67
Resim 5.14. Örnek tip etiketi.....	68
Resim 5.15. Örnek ALB etiketi.....	68
Resim 5.16. Egzoz gazı tahliye hortumu.....	69
Resim 5.17. Geliştirilen havalı fren sistemleri test panosu.....	71
Resim 6.1. Pnömatik ALB.....	93
Resim 6.2. Römork kombi fren silindiri.....	94
Resim 6.3. Römork park fren butonu.....	94
Resim 6.4. Kırmızı kaplin bağlantısı.....	106
Resim 6.5. Sarı kaplin bağlantısı.....	106
Resim 6.6. Örnek mekanik ALB etiketi.....	107

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

N_{sapma}	Sol ve sağ tekerlekteki fren kuvvetleri farkı, N
F_{max}	Aynı aksta oluşan en büyük fren kuvveti, N
F_{min}	Aynı aksta oluşan en küçük fren kuvveti, N
η_{servis}	Servis freni verimi
η_{park}	Park freni verimi
F_1	1. aksta oluşan fren kuvvetlerinin toplamı, N
F_2	2. aksta oluşan fren kuvvetlerinin toplamı, N
$\dot{I}$	İnterpolasyon katsayısı
$\dot{I}_1$	1.aksa etki eden basınçlara ait interpolasyon katsayısı
$\dot{I}_2$	2.aksa etki eden basınçlara ait interpolasyon katsayısı
P_n	Fren sistemi test basıncı, Bar
P_x	Fren silindirindeki frenleme basıncı, Bar

Kısaltmalar

Açıklamalar

ABS, ALB	Anti-lock Brake System (Anti Blokaj Sistemi)
ASR	Acceleration Slip Regulation (İvme Kayması Kontrolü)
AT	Avrupa Topluluğu
AYA	Azami Yüklü Ağırlık
CITA	International Motor Vehicle Inspection Committee (Uluslararası Motorlu Taşıtlar Muayene Komitesi)
EBS	Electronic Brake System (Elektronik Fren Sistemi)
ECU	Electronic Control Unit (Elektronik Kontrol Ünitesi)
F	Kurs Boyu
FMCSA	Federal Motor Carrier Safety Administration (Federal Motorlu Taşıyıcılar Güvenlik İdaresi)

Kısaltmalar**Açıklamalar****FMVSS**

Federal Motor Vehicle Safety Standards (Federal Motorlu Taşıt Güvenlik Standardları)

ISO

International Organization For Standardization (Uluslararası Standardlar Teşkilâtı)

KL

Ölçüm Hassasiyeti

L

Kol Boyu

SP

Sicherheits Prüfungen (Güvenlik Kontrolleri)

TEBS

Trailer Electronic Brake System (Römork Elektronik Fren Sistemi)

TGL

MAN Firması Kamyon Serisi Araç Tipi

TMUR

Teknik Mevzuata Uygunluk Raporu

TS

Türk Standardı

TSE

Türk Standardları Enstitüsü

WABCO

Westinghouse Air Brake Company (Westinghouse Havalı Fren Sistemleri Şirketi)

1. GİRİŞ

Gelişmekte olan ülkelerde ulaşım türleri arasında genel eğilim, ağırlıklı olarak karayolunun tercih edilmesi yönündedir. Bu da karayolu güvenliğini tehdit etmektedir. Karayolu güvenliğinin başlıca ölçütü ise trafik kazalarıdır. Trafik kazaları en genel tanımıyla “Karayolu üzerinde hareket halinde olan bir veya birden fazla aracın karıştığı ölüm, yaralanma veya zararlı sonuçlanmış olaylardır” [1].

Türkiye’de meydana gelen trafik kazalarında her yıl binlerce insan hayatını kaybetmekte, on binlercesi de yaralanmaktadır. Trafik kazaları sonucunda yok olan ve parçalanan aileler ile yaşamının geri kalan bölümünü engelli olarak sürdürmek zorunda kalanlar olayın sosyal boyutunu ortaya koymakta, ayrıca yaralıların tedavi süreçleri ve maliyetleri ile kaza sonrasında meydana gelen maddi hasar miktarı ülke ekonomisini olumsuz yönde etkilemektedir [1].

Türkiye’de trafik kazalarının her geçen gün artmasının temel nedenleri; sorunun çözümü için yapılan araştırmalarda, hem disiplinler arası yaklaşımlarda, hem de kurumlar arası yaklaşımlarda saptanması gereken strateji ve hedeflerin tam olarak belirlenememesi, problemin çözümünde bilimsel ve özellikle mühendislik çalışması gerektiğinin kavranamamış olmasıdır. Trafik kazalarına birden fazla faktör, tek başına ya da bunların kombinasyonları şeklinde etki etmektedir. Sürücü davranışları, araç, karayolu karakteristikleri, çevresel faktörler ve trafik karakteristikleri, trafik kazalarının meydana gelme olasılıklarında ve kazaların şiddetlerinde rol oynayan temel faktörlerdir [1].

Trafik kazalarının sayısının azaltılması için dünyada ve Türkiye’de birçok çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar yapılırken kazaya sebep olan unsurlar belirlenmekte ve ona göre tedbir alınma yoluna gidilmektedir. Fakat burada önemli olan nokta; kazalara sebep olan unsurların doğru tespit edilebilmesidir. Sorun ne kadar doğru tespit edilirse çözüm de o kadar kolay ve net olacaktır [1].

Trafik kazaları sadece Türkiye’nin sorunu olmayıp, modern hayatla iç içe olan her toplumun yaşadığı bir gerçektir. Türkiye’de her yıl yaklaşık olarak 4000, ABD’de her yıl 34 000, dünyada ise 1 200 000 kişi trafik kazalarında ölmektedir [2]. Problemin bir başka boyutu ise bu sorunla başa çıkmada ülkeler ve toplumlar arasında farklılıklar olmasıdır.

Trafik kazalarıyla ilgili çeşitli ülkelere ait veriler incelendiğinde ortaya çıkan kaza ve ölüm sayılarına ilişkin rakamlar bu farklılığı pekiştirecek niteliktedir. 2012 yılı verilerine göre 100 000 araca düşen ölü sayısı Türkiye’de 22 iken, 100 000 kişiye düşen araç sayısı Türkiye’den 3 kat fazla olan Almanya ve Japonya’da 7’dir [3]. Üstelik bu ülkelerin tamamında kazalardaki ölüm istatistikleri, Türkiye’deki uygulamadan farklı olarak kaza mahallindeki yaralıların 30 gün süreyle takip edilmesiyle elde edilmektedir. Türkiye’de ise sadece olay yerinde ölen kazazedeler istatistiklere yansımaktadır [1].

Türkiye’de trafik kazalarının gerçek nedenlerini olay yerinde belirleyebilecek yetişmiş insan gücü bulunmamaktadır. Kaza mahalline gelen bilirkişi olay yerinde yaptığı incelemeler ve şahitlerin görüşü çerçevesinde kusur dağılımını belirlemektedir. Burada da sürücü faktörü ön plana çıkmakta, araç ve yol gibi kusurlar çok düşük mertebelerde seyretmektedir [4].

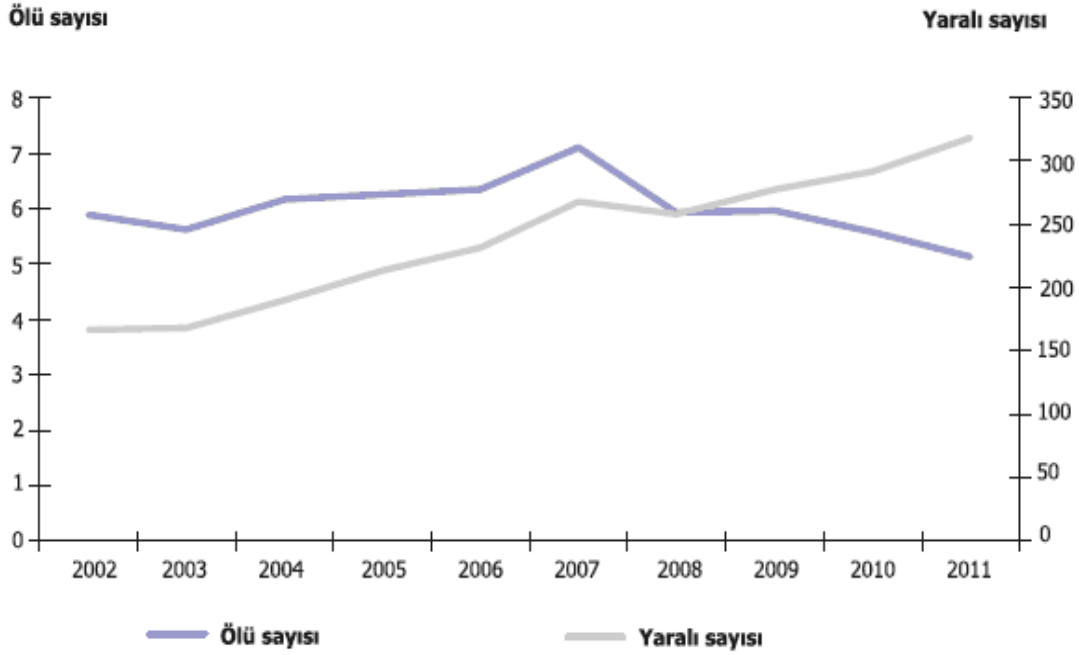
Gelişmiş ülkelerde kazalara neden olan faktörlerin dağılımı, Türkiye’deki oranlardan çok daha farklı seyretmektedir. Birçok Avrupa ülkesinde gerek araç kusurları, gerekse yola bağlı kusurlar ortalama %10 düzeyinde istatistiklere yansımaktadır. Ayrıca kazalara neden olan faktörlerin etkileşimli analizi yapılmamaktadır. Zira bir kazanın nedeni sadece sürücüden ya da sadece yol kusurundan kaynaklanmayabilmekte, bunların birkaçında görülen aksaklıkların bir araya gelmesi de kazaya neden olabilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri’nde yapılan bir araştırmaya göre, kazalara neden olan faktörlerin etkileşimli incelenmesinde, tek başına sürücü faktörünün %57 olduğu, yol kusurunun %3 ve araç kusurunun da %2 olduğu belirtilmiştir. Ancak bu kusurların etkileşimli olarak ele alınmasıyla yol kusurlarının %34, araç kusurlarının da %12 oranında dolaylı olarak kazaya neden olan faktör olduğu gözlemlenmiştir [4].

Türkiye’de meydana gelen kazaların karakteristik özelliğine bakıldığında yük ve yolcu taşıyan ağır taşıtların önemli bir payı olduğu görülmektedir. 2011 yılında meydana gelen toplam ölümlü ve yaralanmalı kazaların %10’u ağır tonajlı araçların (kamyon, çekici, tanker, otobüs) karıştığı kazalardır. Toplam ölü sayısının %28,34’ü bu kazalarda yaşamını kaybedenlerden oluşmaktadır. Yük ve yolcu taşıyan ticari taşıtların karıştıkları kazaların minimize edilmesi, özellikle Türkiye’nin trafik güvenliği açısından önem kazanmaktadır. Son 13 yıllık verilere göre Türkiye’de gerçekleşen kaza sayıları Çizelge 1.1’de verilmiştir.

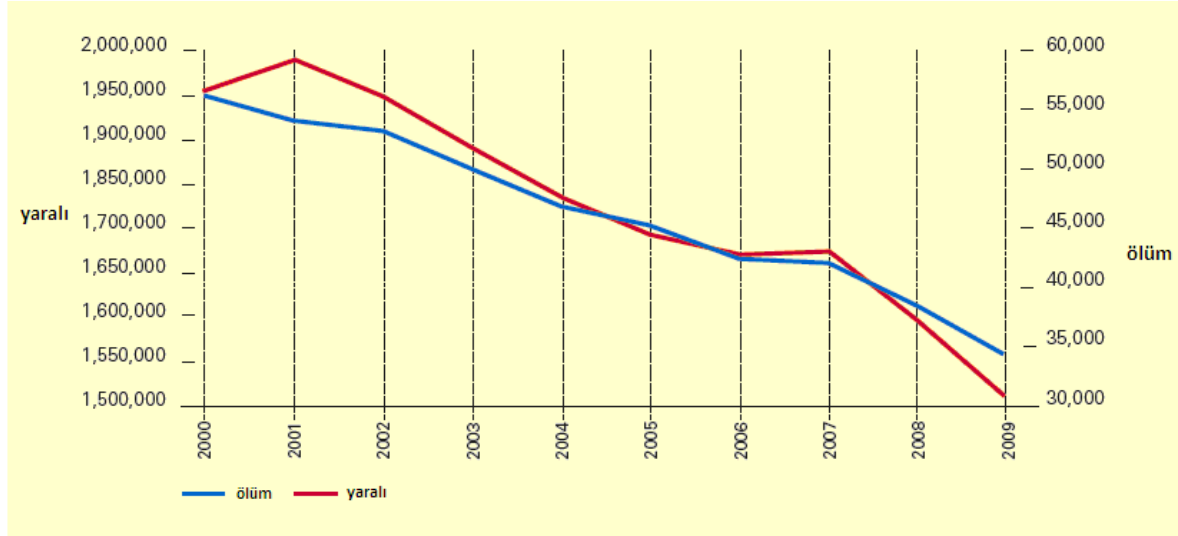
Şekil 1.1’de ise Türkiye’de 2002-2011 yılları arasında 100 000 nüfusa düşen yaralı ve ölü sayıları grafik olarak verilmiştir.

Çizelge 1.1. 2000–2012 yılları arasında Türkiye’de gerçekleşen kaza istatistikleri [5]

YILI	KAZA SAYISI	ÖLÜ SAYISI	YARALI SAYISI
2000	500 664	5 566	136 406
2001	442 960	4 386	116 202
2002	439 958	4 169	116 045
2003	455 637	3 959	117 551
2004	537 352	4 427	136 437
2005	620 789	4 505	154 086
2006	728 755	4 633	169 080
2007	825 561	5 007	189 057
2008	950 120	4 236	184 468
2009	1 053 346	4 324	201 380
2010	1 104 388	4 045	211 496
2011	1 228 928	3 835	238 074
2012	1 296 636	3 750	268 102



Şekil 1.1. 2002 – 2011 yılları arasında 100 000 nüfusa düşen ölüm ve yaralanma sonuçlu kazalara ait grafik [6]



Şekil 1.2. 2000 – 2009 yılları arasında Avrupa Birliği üyesi olan 27 ülkede gerçekleşen ölüm ve yaralanma sonuçlu kazalara ait grafik [7]

Türkiye’de 2002 – 2011 yılları arasında gerçekleşen ölüm ve yaralanma sonuçlu kaza istatistikleri incelendiğinde özellikle yaralı sayısının her yıl arttığı ve kazalardaki ölüm oranlarının da yeteri kadar azalmadığı görülmektedir (Şekil 1.1). Avrupa ülkelerinde yaşanan 2000 – 2009 yılları arasındaki ölümlü ve yaralanmalı trafik kaza istatistiklerinde ise alınan önlemler sayesinde ölüm ve yaralanma oranlarında her yıl azalma yaşanmaktadır (Şekil 1.2). Gelişmiş ülkelerde yapılan araştırmalar, trafik kazalarının önlenabilir olduğunu ve geliştirilecek girişimlerle yüz binlerce kişinin yaşamının kurtarılabileceğini göstermektedir [8]. Yol güvenliğinin üç temel bileşeni olan sürücü, araç ve çevrenin birlikte değerlendirilmesi ve buna göre bir yaklaşım geliştirilmesi gerekmektedir.

Türkiye’de 2012 yılında gerçekleşen ölüm ve yaralanma ile sonuçlanan kazalarda tespit edilen kusurlara ait istatistikler Çizelge 1.2’deki gibidir.

Çizelge 1.2. Türkiye’de 2012 yılında gerçekleşen kazalarda kusur sınıfları [5]

Ölüm ve yaralanmalı kaza sayısı	Sürücü Kusurları	Yolcu Kusurları	Yaya Kusurları	Yol Kusurları	Araç Kusurları
%	89,69	0,41	9,02	0,57	0,30

Türkiye’de 2012 yılında gerçekleşen ölüm ve yaralanmalı trafik kazalarında araç kusurlarından tespit edilen istatistiki verilerin detayları Çizelge 1.3’de sunulmuştur.

Çizelge 1.3. Türkiye’de 2012 yılında gerçekleşen kazalarda aracın teknik eksiklerinden kaynaklanan kusur sınıfları [5]

Araç kusurları	Fren	Rot	Şanzıman Vites	Aks	Direksiyon	Işık	Lastik Patlaması	Diğer Aksam Eksikliği	Diğer
354	46	17	5	17	8	13	208	30	10
%	12,99	4,80	1,41	4,80	2,26	3,67	58,76	8,47	2,82

Taşıt odaklı kazalarda, kazanın gerekçesi olarak akla ilk gelen unsur taşıtın güvenlik donanımlarıdır. Bu donanımların içerisinde de en önemlisi fren sistemidir. Türkiye İstatistik Kurumu 2012 yılı verilerine göre ülkemizde gerçekleşen ölümlü ya da yaralanmalı trafik kazalarının araçtan kaynaklı kusurların % 12,99’u fren sisteminde meydana gelen bir arıza ya da hasardan kaynaklanmaktadır (Çizelge 1.3) Taşıtın mekanik aksamlarında görülen kusurların neden olduğu kazalara yönelik yapılan araştırmalarda, lastik ve fren kusurları en önemli iki faktör olarak ortaya çıkmaktadır [4].

Taşıtların hız ve ağırlıklarının artmasıyla hidrolik fren sisteminin yetersizliği ortaya çıkmıştır. Sadece sürücünün ayak pedalına uyguladığı kuvvet, gerekli frenleme kuvvetinin sağlanmasında yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle özellikle büyük hacimli ve yüksek hızlı taşıtlarda kullanılmak üzere çeşitli güç yardımcı fren sistemleri geliştirilmiştir. Büyük hacimli araçlar için en yaygın olarak havalı fren sistemleri kullanılmaktadır. Havalı fren sistemleri, bünyesinde hava üreten taşıtların fren pedalından gelen komutla, havayı mekanik güce dönüştürerek durma veya yavaşlama sağlayan fren sistemi türüdür. Fren pedalına uygulanan kuvveti kamyon, tır gibi araçlarda araç lastiklerine iletmek imkânsız olduğu için, pedal kuvveti araç tekerleklerine kadar iletilir ve kampana ya da fren diskine etki etmeden önce pnömatik etkiyle mekanik hareket oluşturur [10].

Büyük hacimli araçlarda hidrolik sistem (vakum yardımcı) yerine havalı fren sisteminin tercih edilmesinin nedeni havalı fren sistemlerinin vakum yardımcı sistemlere göre 7-8 kat daha avantajlı olmasıdır. Çünkü vakum esaslı çalışan bir sistemde pedala uygulanan kuvvete ilave olarak sağlanan kuvvet, en fazla 0,9 bar basınç değişimine bağlı olduğu halde, havalı sistemde kompresörün sağladığı basınçla bu değer 7-8 bar civarında olmaktadır [25].

Bilinen bu sistemlerin yanı sıra bir hidrolik pompa ile çalışan basınçlı hidrolik sistemi de akla gelebilir. Bu durumda hidrolik pompanın sağlayacağı 50-60 barlık basınçla daha küçük hacimli ve daha etkili bir sistem elde edileceği düşünülebilir. Hidrolik basınç devreleri ile bu değer 100 bar mertebelerine kadar da çıkarılabilir. Böylece daha küçük çaplı servo silindirler kullanmak mümkün olabilecek ve daha küçük çaplı borularla iletişim sağlanabilecektir. Ancak böyle bir sistem havalı frenlere göre avantajlı görünse de çok yüksek hidrolik basınç kullanmanın sızdırma ve aşındırma riskleri çok fazladır. Bir sızıntı halinde frenleme imkânı tamamen ortadan kalkabilir. Bu nedenle, özellikle büyük taşıtlarda büyük hacimli havalı fren ekipmanlarının yerleştirilme problemi olmayacağından ve hava sızıntı – kaçakları frenlemeyi basınçlı hidrolik sistem kadar etkilemeyeceğinden havalı fren sistemleri tercih edilmiştir [25].

Günümüzde, özellikle Türkiye’de ağır vasıtalarda kullanılan havalı fren sistemlerinde meydana gelen bazı hata/arıza durumlarında araç hareket halinde ise sürücünün kontrolünden çıkmakta ve aracın güvenli duruşu sağlanamamaktadır. Bazı durumlarda ise araç sabit olarak bulunduğu bölgeden istem dışı hareket ederek kazaya sebebiyet vermektedir. Alman taşıt teknik denetim kurumu Dekra’nın 1984-1991 yılları arasını kapsayan araştırmasında, kazaya karışan toplam 4 537 adet ticari taşıtın teknik sorunlar nedeniyle kazalardaki sorumluluğu detaylı olarak incelenmiştir. Yapılan incelemede, kazaya karışan ticari taşıtların dolaylı ya da dolaysız olarak %29 oranında teknik eksikliklerden dolayı kazaya neden olduğu görülmüştür. Araştırma, fren sistemindeki teknik sorunların ticari taşıtlarda %71, römorklarda ise %57 oranında kazaya etken olan faktör olduğunu göstermiştir [4].

Günümüzde lastiklerin aniden patlaması tarihe karışmıştır. İç lastiksiz lastikler, giren bir çivi vb. ile aniden patlamamakta, yaranın büyüklüğüne göre yavaş basınç kaybetmektedir. Son geliştirilen bir sistemle gösterge panelinde bir uyarı sistemi ile sürücü bu durumdan haberdar edilebilmektedir. Havalı fren sistemleri ile ilgili durum da buna benzemektedir. Havalı fren sistemlerinde, fren sisteminin herhangi bir yerinde oluşabilecek bir, hatta iki hata / arıza durumunda bile aracı durdurabilecek en az bir yedek sistem vardır [12].

71/320/AT fren yönetmeliğinin AT’de devreye girdiği 1970’lerin başından itibaren üretilen araçlarda iki devreli ana fren sistemi ve ayrıca acil durumlarda aracı yavaşlatabilen kademelendirilebilir tip bir el freni vardır. Havalı fren sistemlerinde bir arıza nedeniyle iki

fren devresinden birisi devre dışı kalabilir. Bu durumda gösterge panelinde (!) şeklinde bir uyarı lambası yanar ve bunu gören sürücü fren pedalına sonuna dek basarak sağlam kalan fren devresi ile aracı güvenli şekilde durdurabilir. İki devrenin birden arızalanması durumunda bile araç el freni ile durdurulabilir [11]. İki devreli fren sistemlerinde oluşabilecek bu en kötü varsayımda bile halk arasında fren patlaması şeklinde bilinen yani fren devreleri basınçlarının 0 bara düşmesi olayı yaşanmaz. Ancak bakım eksikliği, frenlerin yanlış kullanım sonucu ısıtılması, yüksek hız vb. nedenlerden dolayı frenin yetersiz tutması ya da hiç tutmaması söz konusu olabilir [12].

Ağır vasıtalarda kullanılan havalı fren sistemleri hidrolik fren sistemlerinden daha karmaşık yapıdadır. Havalı fren sistemleri birçok parçadan meydana gelmektedir. Her bir parçanın üstlendiği görev ve fonksiyon çok iyi bilinmelidir. Aksi halde sistemin testlerini yapmak ve yorumlamak mümkün olmaz. Doğru teşhis koyabilmek ve sistemin güvenli çalışmasını sağlamak için yapılan testler büyük önem arz etmektedir [11]. Havalı fren sistemini oluşturan parçaların fonksiyonunu yerine getirip getirmediğinin kontrolleri yapıldıktan sonra fren testleri yapılmalıdır. Fren test cihazında fren testleri yapılarak elde edilen dataların formüller aracılığı ile verim hesaplamaları yapılır. Fren verimleri, testi yapılan aracın güvenli olup olmadığını gösterir. Fren sisteminde yapılan kontroller sistemin durumunu tespit etmenin yanında, seyir halinde olası bir arıza durumunda aracın güvenli bir şekilde durdurulabilmesi için sistemin gerekli fonksiyonları yerine getirip getiremeyeceğini de kontrol etme imkânı sağlar [11].

Bu çalışmada, güvenlik kriterleri yönünden havalı fren sistemi parçalarının görevlerinin açıklanması, standart testlerle frenleme performansının araç durur vaziyette iken tespit edilmesi, verim hesaplamalarının yapılması ve yorumlanması, havalı fren sistemlerinde araç hareket halinde iken fren devresi basınçlarının 0 bara düşmemesi için alınması gereken tedbirlerin neler olacağı, havalı fren sistemlerinde yapılması gereken kontrollerin geliştirilen fren test panosunda test edilmesi hedeflenmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bowlin, havalı fren sistemleri için basınç kontrol programı geliştirmiştir. Bu araştırmada kamyon, römork ve otobüs gibi çoğunlukla ticari araçlarda bulunan havalı fren sisteminin fren odasındaki basıncı düzenleyen bir kontrol şeması geliştirmeyi amaçlamıştır. Böyle bir kontrol şemasının; ileri çarpışma kaçınma sistemleri, gelişmiş ABS fren sistemleri ve diferansiyel fren sistemleri gibi gelecekteki sistemler için zemin sağlayacağını belirtmiştir. Bu program pedal valf modeline göre çalıştırılmış ve kısmi fren uygulamaları sırasında basınç izlemenin yararlı olduğu kanıtlanmıştır [13].

Moody, Scania'nın diskli elektronik fren sistemlerinde uygulanan fren havası basıncının hassas bir şekilde uygulanabilirliğini görmek ve yaptığı çalışma sonucunda da bunu uygulamaya geçirmek istemiştir. Bu çalışmada uygulanan fren basıncının belirlenmesi için tekli sinyal işleme modeli ve ikili sinyal işleme modeli olmak üzere 2 farklı yol tanıtılmıştır. Model tabanlı uygulama üzerinde çalışma yapılırken havalı soğutmalı diskli fren sistemlerinin lineer olmayan özelliklerini tespit etmiştir. Güvenilir bir fren basınç değerinin belirlenmesinin ivmelenme sinyaline bağlı olduğu ispatlanmıştır. İvmelenmenin sayısal bir metotla hesaplanması seçeneğinin revize edilmesi gerekeceği vurgulanmıştır. Her bir tekerleğin ivmelenmesinin birbirinden farklı olmasının da fren basıncı ile alakalı olduğu ve dikkate alınması gerektiği, aksi takdirde gönderilen fren basıncının yeterli etkiyi gösteremeyeceği belirtilmiştir [14].

Ramarathnam, havalı fren sistemlerinin periyodik bakım ve kontrol işlemlerine son derece duyarlı olduğu için kesinlikle takip edilmesi gerektiğini, özellikle fren odasındaki basınç kaybının tehlikeli olabileceğini belirtmiştir. Bu doğrultuda besleme basıncı, pedal valfi, piston yer değiştirme ve sızıntı kütle debi ölçümleri ile ilgili sızıntı varlığında fren odası içindeki basıncı geçici olarak tahmin etmek için bir matematiksel model geliştirmiştir. Bu model, ticari araçlarda fren sistemleri için geçerli FMCSA ve FMVSS normlarına uygun olarak geliştirilmiştir. Modele yapılan tüm giriş verileri 90 psi (722 kPa) besleme basıncı ile tam bir frenleme durumunda elde edilmiştir [15].

Murphy, Limpert ve Segel, otobüs, kamyon ve traktör römorklarında kullanılan havalı fren sistemlerinin maksimum frenleme anında sergilenen fren performans değerini belirlemeye yönelik bir çalışma yapmışlardır. Araç testleri, dinamik modelleme ve simülasyon gibi

analitik teknikler bu hedefleri gerçekleştirmek için kullanılmıştır. Performans ölçümleri, belirli bir aracın fren sisteminin yeterli frenleme performansı için ne gibi niteliklere sahip olduğunu ölçmek için tanımlanmıştır [16].

Artus, yapmış olduğu çalışmada ağır ticari taşıtlarda güvenlik ve performansın fren disklerinin sıcaklığına bağlı olduğunu vurgulamıştır. Fren disklerinde oluşan ısıyı tahmin etmeye yönelik geliştirdiği algoritma sayesinde elde edilen değerlerle, yol testi yaparak elde ettiği değerler arasında paralellik olduğunu ifade etmiştir [17].

Arpat, yük ve yolcu taşıyan araçların günümüz teknolojisine paralel olarak hız ve yük kapasitesindeki artışına dikkat çekerek, daha etkin fren sistemlerine ihtiyaç duyulduğunu vurgulamıştır. Özellikle şehir içinde dur kalk trafiğine maruz kalan belediye otobüslerinin balata aşınması ve fren etkinliği kaybına uğradığını belirterek, biri kampanalı, diğeri diskli olmak üzere iki farklı araç için ısı analiz hesaplamaları yapmıştır. Ayrıca, bir şehir içi otobüsle yol deneyleri yaparak elde ettiği sonuçları teorik sonuçlarla karşılaştırmış, balata aşınmasının azaltılmasına yönelik önerilerde bulunmuştur [18].

Düzgün, motorlu taşıtlarda üretim ve üretim sonrasında yapılan fren performans deneylerinin taşıt güvenliği açısından çok önem ifade ettiğini, deneyler yapılırken uyulması gereken standartlar ISO ve TS olarak incelendiğinde aralarında deney çeşitleri ve yöntemleri olarak bir fark görülmediğini, durma mesafesi üzerinde çalışılarak fren performans deneyleri, amaçları, yapılış şekil ve yapılarına göre sınıflandırılarak ayrı ayrı ele alınması halinde daha sağlıklı sonuçlar elde edileceğini ortaya koymuştur [19].

Bayrakçeken, fren performansını etkileyen faktörleri incelemek amacıyla geliştirdiği test cihazında frenleme kuvvet dağılımlarını belirleme ve analiz etme imkânı bulmuştur [20].

Erdem, yük ve yolcu taşıyan ticari taşıtların normal servis fren sistemlerine ek olarak yavaşlatıcı kullanılmasının gerekçeleri ve taşıt üzerindeki etkilerini deneysel olarak incelemiştir. Türkiye'nin coğrafi yapısının bir sonucu olarak yoğun eğimli yollarda seyir halinde bulunan ağır ticari taşıtların, sürekli frenleme sistemi olarak servis freni kullanmalarının olumsuz sonuçları, kapsamlı yol deneyleriyle ortaya konulmuştur. Çalışmada yapılan sistematik yol deneyleri, fren etkinliği kaybı riskinin sadece ağır ticari taşıtlar için söz konusu olmadığını, hafif ticari taşıtların da risk altında olduğunu

göstermiştir. Öğrenci servisi, ambulans, canlı yayın aracı gibi sürekli yüklü olarak kullanılan bu tür taşıtların güvenliği açısından servis frenine ek olarak yavaşlatıcı ile donatılmasının çok önemli ve etkili olduğu belirtilmiştir [4].

Çataltepe, yaptığı çalışmada ticari araçlarda frenleme performansını etkileyen önemli etkenlerden biri olan fren faktörünü teorik olarak hesaplamış ve deneysel sonuçlar ile karşılaştırmıştır. Genel itibari ile uyumlu sonuçlara ulaşmışsa da deneysel sonuçlarda bazı farklılıklar tespit etmiş, bu farklılıkların muhtemel sebeplerini aşağıdaki maddelerde belirtmiştir [21]:

- S-kam profili geometrisinin ve etkili yarıçapının belirlenmesi,
- Balata – kampana arasındaki sürtünme katsayısının balata sıcaklığına bağlı olarak değişmesi, balata sürtünme katsayılarının doğru tespit edilmesi,
- Fren geometrisinin doğru yerleştirilmesi,
- Seçilen fren sistemi komponentlerinin uyumsuzluğu,
- Ayar kolundan kaynaklanan ayarlamalar,
- Tekerlek ile yol arasındaki sürtünme kuvvetleri,
- Test verilerinin doğruluğu,
- Uygulanan pedal kuvvetine fren sisteminin cevap verme süresi,
- Aracın frenleme verimi (frenleme torku akstan aksa nasıl dengelenmektedir),
- Sürücünün aracın stabilitesini kaybettirmeden maksimum yavaşlama ivmesi, minimum durma mesafesini sağlayacak frenleme kuvvetini fren pedalına aktarması.

Avunç, iki dingilli bir taşıta üçüncü dingil takılmasının ardından, taşıtın fren sisteminin yeniden tasarlanması projesinde aşağıdaki sonuçları çıkartmıştır [22]:

- MAN TGL 12.180 taşıta ait fren sistemi Türkiye yönetmeliğine uygun olarak tasarlanmış ve taşıta gerekli Tip Onay Testleri yapılarak TMUR verilmiştir.
- MAN TGL 12.180 taşıt EBS’ li olduğundan, bundan sonraki taşıtlara üçüncü dingil takılması ile ilgili bir prosedür Frenteknik Ltd.Şti. tarafından hazırlanarak TSE ve ilgili kuruluşlara verilmiştir. Böylelikle, taşıt EBS yazılımının ve fren sisteminin nasıl değiştirileceği üçüncü dingil monte eden firma ve sürücülere iletilmiştir.

- MAN TGL 12.180 taşıtta kullanılan arka dingil grubu süspansiyonuna ait dinamik dingil yükleri ve fren hesapları, Frenteknik Ltd. Şti ile yürütülen ortak çalışma sonucu, TSE'nin hazırladığı ve görüşe sunulan Taşıt Tadilatı Projelendirme Hesapları Taslağının, Taşıtlara Üçüncü Dingil Takılmasında Uygulanacak Esaslar kısmında daha önce yer alan hesapların değiştirilmesi için verilmiştir.
- MAN TGL 12.180 taşıta ait fren sistemi hesapları yapılırken, taşıtta kullanılan ve Türkiye'de diğer taşıtlarda da oldukça yaygın bir kullanım alanına sahip çift makaslı dengeli (terazi kollu tandem aks) süspansiyonun frenleme etkinliğine negatif etkisinin olduğu gösterilmiş ve bu negatif etkinin mevcut süspansiyona ilave donanımlar veya alternatif süspansiyon sistemleri (havalı veya boyuna kollu tandem aks süspansiyon) kullanarak giderilebileceği ve taşıtın daha etkin frenleme değerlerine ulaşarak trafikte meydana gelebilecek can ve mal kaybının azaltılabileceği gösterilmiştir [22].

3. HAVALI FREN SİSTEMLERİ

3.1. Havalı Fren Sistemlerinin Tarihçesi

Havalı frenler çok sık meydana gelen tren kazalarını azaltmak, raylı araçlarda oldukça sıkıntılı olan fren mesafelerini kısaltmak ve fren etkinliğini geliştirmek için yapılan çalışmanın bir ürünüdür.

Eskiden yük trenlerinin yalnızca lokomotiflerinde ve en arka vagonlarında fren bulunurdu. Bu nedenle, aracın durma uzaklığı göz önünde bulundurularak trenlerin çok hızlı gitmesine izin verilmezdi. Oysa etkili bir frenleme için her vagonda fren bulunması, bütün frenlerin aynı anda harekete geçmesi ve makinist kabininden çalıştırılabilmesi gerekiyordu. 1869 yılında George Westinghouse (WABCO Westinghouse Air Brake Company'nin kurucusu) adında bir mühendis demiryolu endüstrisi ve vagon kullanımı için ilk havalı fren sistemini icat etti [16].

Geliştirilen ve ilk olarak trenlerde kullanılan fren sistemleri oldukça basit bir yapıdaydı. Bu sisteme göre bir kişi trenin düdüğüne bastıktan sonra trendeki diğer görevli vagondan vagona atlayarak diğer frenleri tek tek devreye sokacaktı. Bundan sonraki geliştirilen yeni nesil frenlerde ise lokomotif üzerinde oynamalar yapılarak lokomotide kompresör eklendi ve fren boruları birbirine bağlanarak vagonlar boyunca eklendi. Fakat boruların düzgün ve simetrik olmayışı aynı zamanda boruların elle kolayca sökülüp takılabilmesi sistemin güvenilirliği ve kullanışlılığı noktasında şüphe uyandırmıştı. Buradaki amaç el freni çekildiğinde fren borularının basıncı yükseltilerek fren silindirleri devreye girecek ve frenleme sağlanacaktı. Sistemin olumsuz yönü, pompalanan havanın arka vagonlara kadar gitmesinin oldukça zaman almasıydı [9].

Westinghouse sisteminde, lokomotifteki bir hava pompası (kompresör) ana hava deposuna basınçlı hava gönderiyordu. Böylece depodaki havanın basıncı, normal atmosfer basıncının 6 katı düzeyinde tutuluyordu. Bu basınçlı hava, vagonların altından geçen bir hava borusuyla bütün vagonlara iletilerek, her vagonun altındaki hava deposuna dolmaktaydı. Bu deponun girişindeki bir vana depoyu aynı zamanda fren silindirine bağlıyordu. Makinist frene bastığı zaman kumanda kabinindeki fren vanası açılıyor ve hava borusundan kaçan hava borudaki basıncı düşürüyordu. Böylece, vagonlardaki hava

depolarında bulunan basınçlı hava, basıncı düşmüş olan boruya doğru akarken vananın yönlendirmesiyle fren silindirine giderek silindirin içindeki pistonu hareket ettiriyor ve pistonun hareketi fren pabuçlarını tekerleğe bastıran kol ile çalıştırarak treni durduruyordu. Westinghouse daha güvenli olan bu havalı fren sisteminin patentini 1872 yılında almıştır [9].

Daha sonra Westinghouse tarafından üçlü supapların çalışması üzerine dayalı bir sistem geliştirilmeye başlandı. Sistemin içerisinde bulunan üç moddan dolayı üçlü supap sistemi deniliyordu. Üçlü supap direkt olarak fren borularına ve fren silindirlerine giden bir bağlantıya sahipti. Makinist freni kullanmak istediğinde fren kolunu ayarlayarak havanın borulardan hareket etmesini sağlıyor ve frenler devreye giriyordu. Frenler bir defa kullanıldıktan sonra supaplar tarafından yönlendirilen basınç serbest bırakılıyor ve basınç artışı gördüğünde ise silindiri hava boşluğuna itiyordu. Bu sayede depo tekrar hava ile doluyordu. Westinghouse üçlü supap mekanizmasını zamanla geliştirmişti. Öncelikle frenlerin tutması için içeride bulunan havanın tamamının kullanılması gerekmiyordu. Sadece frenlerin tutmasını sağlayacak ve üçlü supaba uyarı gönderecek havanın olmasını yeterli görüyordu. Uyarının fren borularından gitmesinin de zaman kayıplarına yol açtığını düşünüyordu. Acil durumlar için kullanılmak üzere tasarlanmış ikinci bir hava deposu üzerinde çalışmış fakat bu durum üçlü supap mekanizmasını daha karmaşık hale getirmişti. Daha sonra yayılan “hızlı hareket” özelliğiyle frenlerin tekrar hızlı kullanımına olanak sağlamıştı. Acil durum özelliği olarak fren sistemine dördüncü bir mod eklemişti. Bu mod fren basıncındaki ani düşüş sebebiyle fren sistemini uyarmakta ve treni yavaşlatmaktaydı. Bu durum için ayrı bir hava tankı dizayn edilmişti. Supap her iki deponun içindeki havayı silindirin içine dolduruyor ve basınçlar eşitlendiğinde silindirin içinde baskı oluşturuyordu. Bu basınç 63 - 65 bar fren pedalı basıncı sağlıyordu. Acil durumlarda uygulama o kadar şiddetliydi ki trenin raydan çıkmasına bile yol açabilirdi [9].

George Knorr tarafından 1905'te Almanya'da kurulan şirket, demiryollarında kullanılmak üzere bir fren sistemi geliştirmiş ve yine 1922'de aynı şirket tarafından bu kez karayolu araçlarında kullanılmak üzere pnömomatik fren sistemi üretilmeye başlanmıştır. Söz konusu şirket Avrupa'da havalı fren sistemlerini ilk kez tırlarda ve römorklarda kullanan şirkettir. Birçok geliştirme ve iyileştirme çalışmalarından sonra etkinliğini kanıtlayan bu sistem karayolu taşıtlarına da uygulanmaya başlamıştır. Karayolu taşıtlarında daha çok otobüs, kamyon, çekici ve römork cinsi ağır vasıtalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapılan

alışmalar kuşkusuz fren mesafelerinin kısaltılmasında büyük yol alınmasını sağlamıştır. 1925 ve sonrasında tüm kamyonlarda havalı fren sistemleri kullanılmaya başlamıştır. 1949 yılında ise havalı fren sistemleri tüm ağır vasıtalarda standart donanım haline gelmiştir [9]. 1950’lerde motosikletlerde, 1960’lı yıllarda otomobillerde uygulanmaya başlayan ABS sistemleri ABD’li mühendislerin çalışmaları sonucunda 1978’de Bosch ve Daimler Benz firmalarının ortak çalışmasıyla ABS teknolojisini ağır kara taşıtlarına taşımayı başarmışlardır. 1970’lerden bu yana özellikle bilgisayarların gelişmesiyle kullanılan sensörlerin de etkisiyle ABS’nin önemi iyice artmıştır [9].

1996 yılında Wabco ilk ticari araç olarak elektronik fren sistemine öncülük etmiştir. 1998’de Mercedes Benz “Actros” modelinde TEBS yani römork elektronik fren sistemini tanıtmıştır. EBS fren sistemi basınçlı hava tarafından sağlanan gle harekete geçmekte ve ECU (elektronik kontrol sistemi) sayesinde daha sağlam ve kaliteli fren sağlamaktadır. Teknolojinin hızla ilerlemesiyle römorklarda römork elektronik fren sistemi olması sayesinde çekici araç EBS’si tarafından römorka gönderilen sinyal ile mkemmek uyumlu frenleme sağlanmıştır [9].

3.2. Havalı Fren Sisteminin alışması

Gelişen teknolojiyle birlikte taşıtlarda konforun yanı sıra hız ve ağır ticari taşıtlardaki yük kapasitesi sürekli olarak artmakta, bu durum da etkili ve güçlü fren sistemlerinin geliştirilmesi ihtiyacını doğurmaktadır. Taşıt frenleri seyir halindeki taşıtın hızını kontrol etmek ve etkili bir durma sağlayabilmek açısından yol güvenliğine doğrudan etki etmektedir [4].

Karayolu taşıtlarında kullanılan fren sistemleri üç temel fonksiyonu yerine getirmektedir. Bunlar;

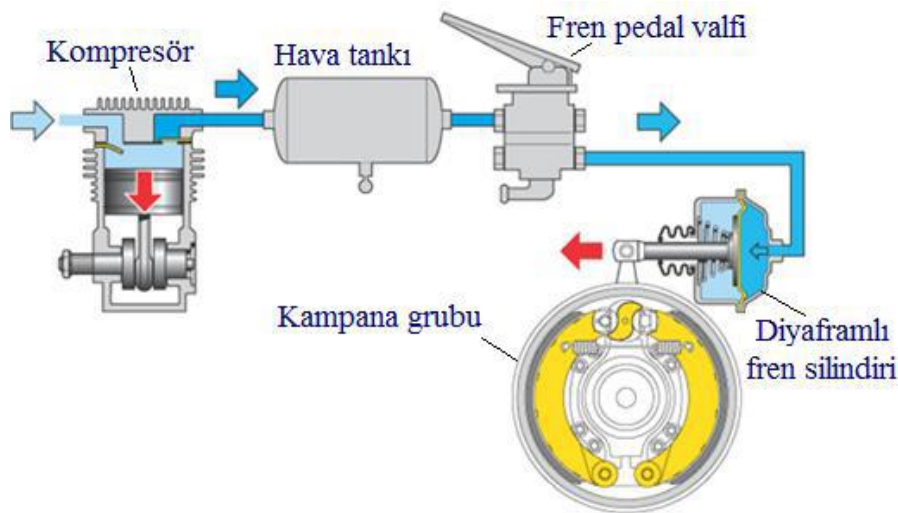
- Taşıtın yavaşlatılması veya durdurulması [23],
- Taşıtın potansiyel enerjisini (yokuş aşağı inişlerde) kontrol ederek belirli hızlarda seyrinin sağlanması [23],
- Duran bir taşıtın yerinde sabit tutulmasıdır [23].

Hareket halindeki bir motorlu taşıt, kütlesi ve hızının karesiyle değişen kinetik enerjiye ve yokuş ve inişlerde konumu itibariyle potansiyel enerjiye sahiptir. Frenleme süresince bu enerji, fren sürtünme elemanları ve tekerleklerde ısı enerjisine dönüşür. Frenleme esnasında taşıtın kararlılığını koruması, frenleme ve pedal kuvveti değişimleri, durma mesafesi, tekerlek-yol etkileşimi, fren elemanlarında aşınma gibi faktörler tasarımcıların dikkate alması gereken önemli hususlardır [4].

Fren sisteminin etkinliği ve frenleme performansı, taşıtın durma mesafesi ile ifade edilen önemli bir göstergedir. Frenleme performansına etki eden başlıca faktörler; taşıtın ağırlığı, fren sisteminin dizaynı, fren hidrolik ve mekanik aksamının durumu, fren sistemini etkileyebilecek çevre ve yol şartları, lastiklerin durumu, tekerlek ve yol yüzeyi arasındaki sürtünme ve tutunma katsayısı olarak sıralanabilir [4].

Araç hızlarının ve ağırlıklarının gün geçtikçe artması ağır hizmet tipi araçlarda büyük frenleme kuvvetlerine ihtiyaç duyulmasına neden olmuştur. Bu nedenle özellikle büyük hacimli ve yüksek hızlı taşıtlarda kullanılmak üzere çeşitli güç yardımlı fren sistemleri geliştirilmiştir [24].

Geliştirilen bu sistemlerden en önemlisi havalı fren sistemleridir. Şekil 3.1’de basit şeması bulunan havalı fren sisteminin çalışma prensibi şöyle özetlenebilir.



Şekil 3.1. Havalı fren sisteminin basit şeması [24]

Motorun çalışması ile birlikte kompresör çalışarak hava tanklarını basınçlı hava ile doldurur. Hava tanklarındaki basınç, basınç ayar valfi (emniyet supabı) ve basınç regülatörünün çalışması ile kontrol edilir. Hava tanklarındaki basınç düşük olduğunda aracı hareket ettirmek mümkün olmaz. Aracı hareket ettirebilmek için hava tanklarındaki basıncın sistem alt çalışma basıncına erişmesi gerekir. Aracın fren pedalına basıldığında, pedalın altında bulunan çift devreli fren supabı çalışır ve basınçlı havanın ön ve arka fren silindirlerine gitmesini sağlar. Fren silindirlerine gelen basınçlı havanın itme kuvvetinden faydalanılarak fren pabuçlarının kampanaya doğru açılması ve frenleme yapılması sağlanır. Frenleme sona erdiğinde, fren silindirlerinde bulunan basınçlı hava hızlı bir şekilde boşalır ve fren tekerlek mekanizmasının serbest hale geçmesi sağlanmış olur. Böylece sistem bir sonraki frenleme için hazır hale gelir [11].

Park freninin çalışması ise sürücü el fren valfini hareket ettirdiğinde kombi fren silindiri içerisinde bulunan yayın önündeki hava tahliye edilir ve yay hareket ederek fren pabuçlarının açılmasını sağlayarak frenleme yapılmış olur. Sürücü el fren valfini aksi yönde hareket ettirdiğinde ise basınçlı hava kombi fren silindiri içerisine dolarak yayı geri hareket ettirir ve pabuçlar üzerine etkiyen yay kuvveti kaldırılarak el freni devre dışı bırakılmış olur [11].

Römork çeken araçlarda çekici araç ile römork arasında havalı fren sistemi bağlantısını sağlayan iki hat vardır. Bunlardan bir tanesi sarı kaplin bağlantısı ile sağlanan servis (ayak) freni hattıdır. Diğerisi ise kırmızı kaplin bağlantısı ile park frenini sağlayan hattır. Kırmızı kaplin ile sağlanan bağlantıda çekiciden römorktaki tankları besleyen sürekli bir basınçlı hava akışı vardır. Sarı kaplin ile bağlı hatta ise sadece sürücü ayak frenini kullandığı zaman basınçlı hava geçişi olur, sürücünün servis frenini kullanmadığı zamanlarda bu hatta hava bulunmaz [11].

Yeni nesil römork ve çekicilerde el freni çekildiğinde sarı kaplinden hava geçerek römork diyafram silindirleri devreye girer. Römork el freni basınçlı hava tankında basınç olduğu sürece diyafram silindir ile sağlanır. Sistemde sızıntı var ise tankta bulunan hava tükendiğinde kombi fren silindiri içerisindeki yay basıncı devreye girer [11].

3.3. Havalı Fren Sistemi Parçaları ve Görevleri

3.3.1. Kompresör

Kompresör (Resim 3.1), ortamdan aldığı havanın basıncını yükselterek, bir tankta depolanmasını sağlar. Basıncı havayı üreten ve aktaran parçadır. Havalı fren sistemlerinde pistonlu kompresörler kullanılmaktadır. Kompresörün çalışması, pistonlu içten yanmalı motorun çalışmasına benzemektedir. Çok diskli kavrama ile hareket alan kompresörde, çalışma (sistem) basıncı belirli bir değere ulaştığında, kompresör krank milinin hareketi kesilir. Çok diskli kavrama kullanılmayan havalı frenlerde ise regülatör tarafından kompresörün çıkışından alınan hava tekrar kompresör girişine gönderilerek kompresör boşa çalıştırılır. Sistemdeki hava basıncı, sistem basıncının altına düştüğü zaman çok diskli kavrama, krank miline tekrar hareket verir veya kavrama kullanılmayan sistemlerde kompresör çıkışı tekrar sisteme açılır [10]. Şekil 3.2’de kompresöre ait kesit görünüş, Şekil 3.3’de kompresörün sembolü ve Şekil 3.4’de sembollerle ifade edilen çalışma devreleri verilmiştir.

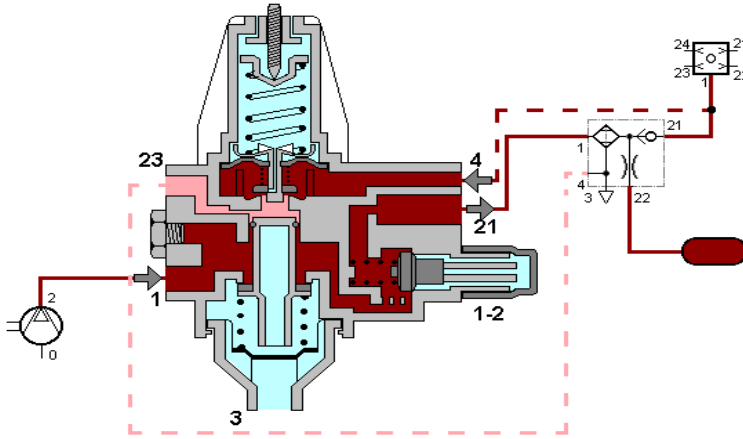


Resim 3.1. Kompresör [26]

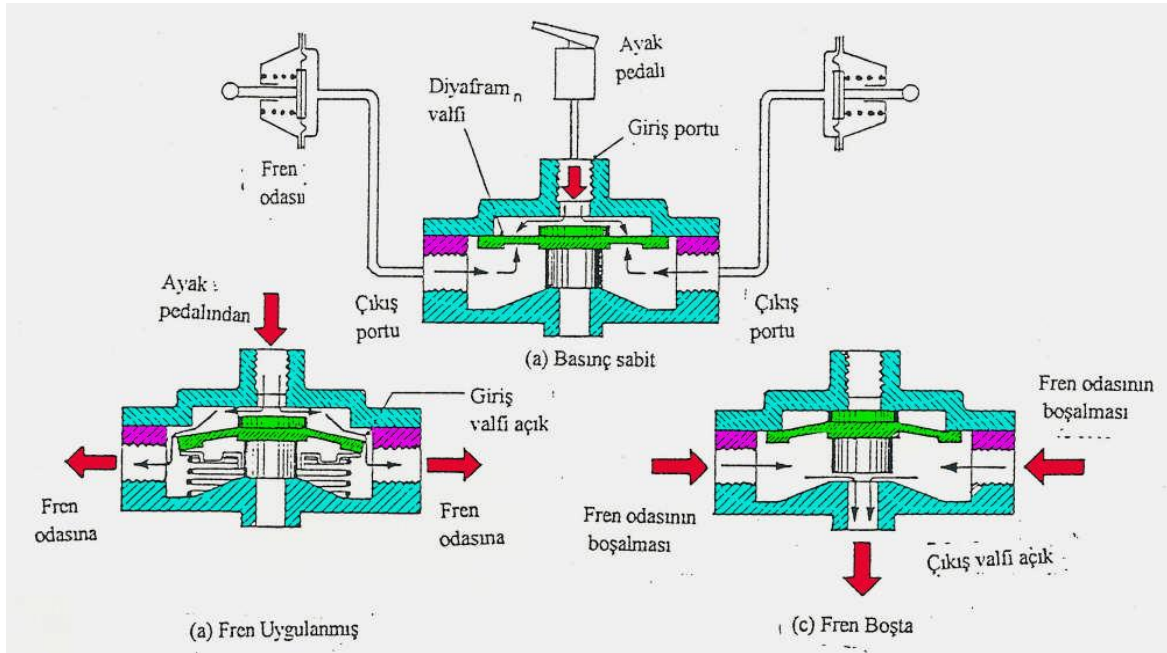
Soğutma işlemi hafif hizmet tiplerinde hava, ağır hizmet tiplerinde ise su ile yapılır. Basıncı havanın maksimum sıcaklığı 220 °C’yi geçmemelidir. Krank-Muylu yağlanması motor yağlama sistemi vasıtasıyla, piston, piston pimleri ve iç parçaları ise çarpma ile yağlanır. Yağlama yağı motor karterine geri döner. Küçük ve ağır hizmet taşıtları için silindir hacimleri 150 cm³ ile 500 cm³ arasında değişir. Tek veya çift pistonlu olarak yapılabilirler. Bu tip kompresörlerin devirleri 1500 - 3000 1 / min arasında değişir.

3.3.2. Hava tahliye valfleri

Hava tahliye valfi (Şekil 3.5) frenlemenin sona ermesinden sonra tekerleklerin kısa sürede serbest kalmasını sağlamak amacıyla kullanılır. Özellikle fren odalarının ayak ve el ile kumandalı valflerden ya da röle valften uzakta bulunduğu sistemlerde fren odalarındaki havanın en kısa sürede ve en kısa yoldan açık havaya atılması bu valflerle yapılır [25]. Şekil 3.6'da hava tahliye valfinin çalışma durumları açıklanmıştır.



Şekil 3.5. Hava tahliye valfi kesiti [26]

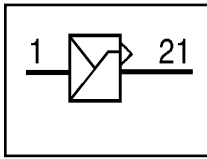


Şekil 3.6. Hava tahliye valflerinin çalışma şekilleri [11]

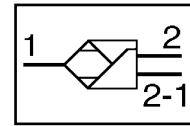
Fren pedalına basıldığında basınçlı hava üst diyafram odasına girer ve diyafram milini aşağı doğru iterek çıkış valfini kapatır. Yüksek basınçlı hava diyafram uçlarından fren odalarına geçer [25].

Giriş portundan çıkış portuna geçmekte olan hava diyaframın alt kısmına dolar. Diyaframın alt ve üst kısmındaki hava basıncı eşitlenir eşitlenmez diyafram yayı diyaframın üst kısımlarını yuvasına oturtur. Böylece hem giriş ve hem de çıkış portu kapatılmış olur. Bu durumda fren odasına ilave hava giremez ve fren odasından da dışarıya çıkamaz. Frenleme belirli bir seviyede sabit tutulmuş olur [25].

Pedal üzerine uygulanan kuvvet kaldırıldığında diyaframın girişindeki basınç düşer. Fren odasında sıkışan havanın basıncı ile diyafram yukarı kaldırılır. Çıkış valfi açılarak sıkışmış hava atmosfere atılır [25]. Şekil 3.7’de genellikle hava kurutuculu olarak üretilen tahliye valflerinin sembolleri iki farklı şekilde gösterilmiştir.



Tahliye valfi [26]



Tahliye valfli hava kurutucu [26]

Şekil 3.7. Tahliye valfleri sembolleri

3.3.3. Hava kurutucusu

Hava kurutma olayının prensibi, moleküler bir süzgeçte gerçekleşen emilim olayıdır. Burada basınçlı hava, çok sıkı yerleştirilmiş granüllerden oluşan kurutucudan geçer. Bu esnada havanın içerisinde bulunan su buharı, kurutucunun üst yüzeyine bağlanır. Ardından kurutucunun rejenere edilebilmesi için kurutulmuş havanın bir kısmı atmosfer basıncına genişletilir ve kurutucunun içerisine ters istikamette gönderilir. Bu basınç düşüşü sebebiyle rejenerasyon havasının içerisinde bulunan su buharının kısmi basıncı düşer. Bu sayede rejenerasyon havası, kurutucunun içerisinde bulunan nemi alabilecek hale gelir. Kompresörün emdiği havanın içerisinde buhar formunda su bulunur. Su buharı miktarı, o andaki sıcaklığa ve havadaki bağıl nem oranına bağlıdır. Bundan dolayı kompresör, hava ile su buharından oluşan bir karışımı sıkıştırır. Hava kurutucuları (Resim 3,2, Şekil 3,8, Şekil 3,9) bağıl nem oranını, ortam sıcaklığına bağlı olmaksızın, oldukça düşük değerde

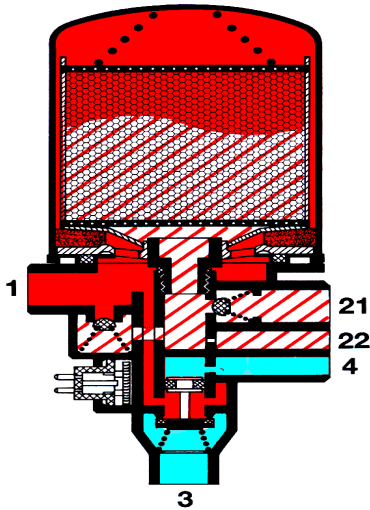
sınırlar (takriben % 35). Böylelikle; sistemdeki korozyonun azaltılması sağlanır. Soğuk mevsimlerde sistemin çalışmadığı zaman zarfında sistemdeki nemin donması önlenmiş olur [11].

Fren sistemine gönderilen havanın, nemi alınarak kurutulmasının sağladığı avantajlar aşağıda sıralanmıştır:

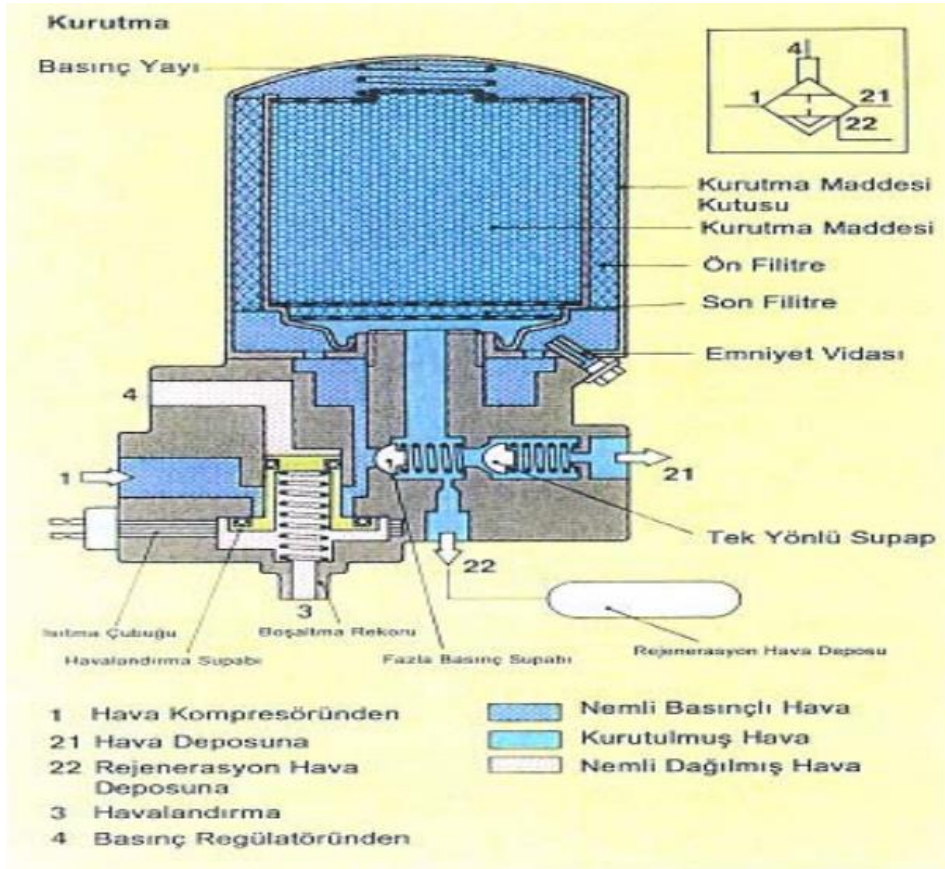
- ✓ Valflerde veya diğer mekanizmalardaki yağlayıcı maddenin silinmesini önler.
- ✓ Fren sisteminde su buharının yol açabileceği donma riskini ortadan kaldırır.
- ✓ Fren sisteminin çeşitli elemanlarının ömrünü uzatır.
- ✓ Hava içerisinde yağ ve su arındırıldığı için sistemde birikintilere yol açmaz.



Resim 3.2. Hava kurutucusu [26]



Şekil 3.8. Hava kurutucusu kesiti [26]



Şekil 3.9. Hava kurutucusunun parçaları [10]

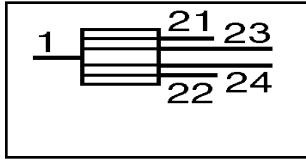
3.3.4. Dört devreli emniyet valfi

Kamyon ve çekicilerde genellikle 4 devreli emniyet valfi (Resim 3,3) kullanılır. Bu parça, basınçlı havayı sistemde bulunan dört alt devreye dağıtır. Hava, öncelikli olarak servis freninin ilk ikisine (ön aks ve arka aks devrelerine) dağıtılır. Diğer ikisi de römork freni devresi, el freni devresi ve ilave sistemlere (örneğin süspansiyon sistemi) basınç emniyet devrelerine dağıtır. Dört devreli emniyet valfi, 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 olduğunda, depo havasının tamamen boşalması sebebiyle dört devreli pnömatik fren sistemlerine geçilmiştir [10].

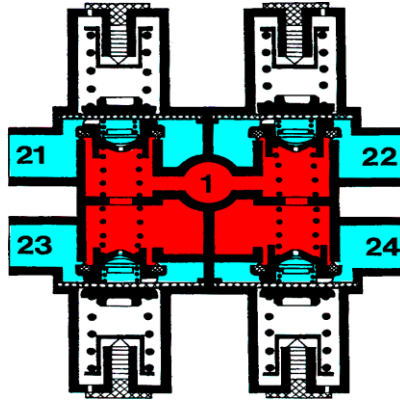
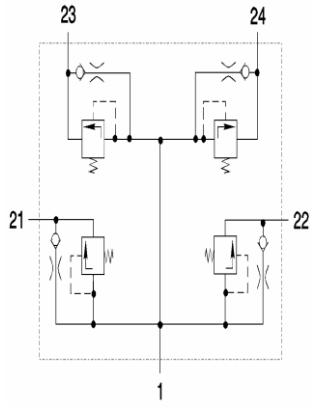
Şekil 3.10'da dört devreli emniyet valfinin sembolü ve Şekil 3.11'de sembollerle ifade edilen çalışma kesiti gösterilmiştir.



Resim 3.3. Dört devreli emniyet valfi [26]



Şekil 3.10. Dört devreli emniyet valfi sembolü [26]



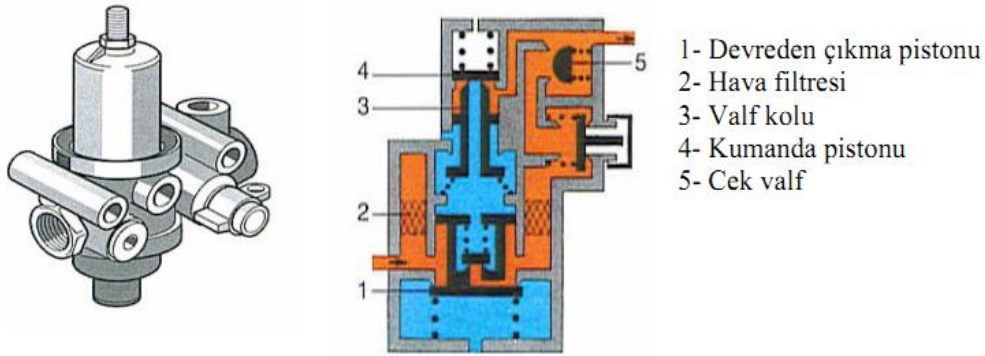
Şekil 3.11. Dört devreli emniyet valfi kesiti [26]

3.3.5. Basınç regülatörü

Basınç regülatörü (Şekil 3.12) fren devresini aşırı basınçtan korumak amacıyla kullanılır ve sistemin çeşitli kısımlarına, mesela kompresörün silindir kapağına, depo şarj sistemine veya kompresörle depo arasındaki boru hattı üzerine yerleştirilir. Regülatör pnömatik fren sistemlerinde, hava tanklarındaki işletim basıncını (açma basıncını 7,3-7,5 bar ile kapama basıncını $8,1 \pm 0,2$ bar arasında) düzenleyen otomatik bir supaptır. Ayrıca sistemde aşırı basınç yükselmesine karşı emniyet elemanı olarak da çalışır ve kompresörü aşırı ısınmaya

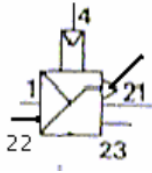
karşı korur. Basınç regülatörünün devreye girme ve devreden çıkma basınçları arasında, manometrede belirgin bir basınç artışı olmalıdır. Römork çekmeyen araçlarda motor maksimum devir sayısı ile çalışan sistem 3 dakika içinde dolmalıdır. Römork veya dürese çeken araçlarda bu süre 6 dakikadır [10].

Şekil 3.13'de basınç regülatörünün sembolü ve Şekil 3.14'de ise çalışma konumları gösterilmiştir.

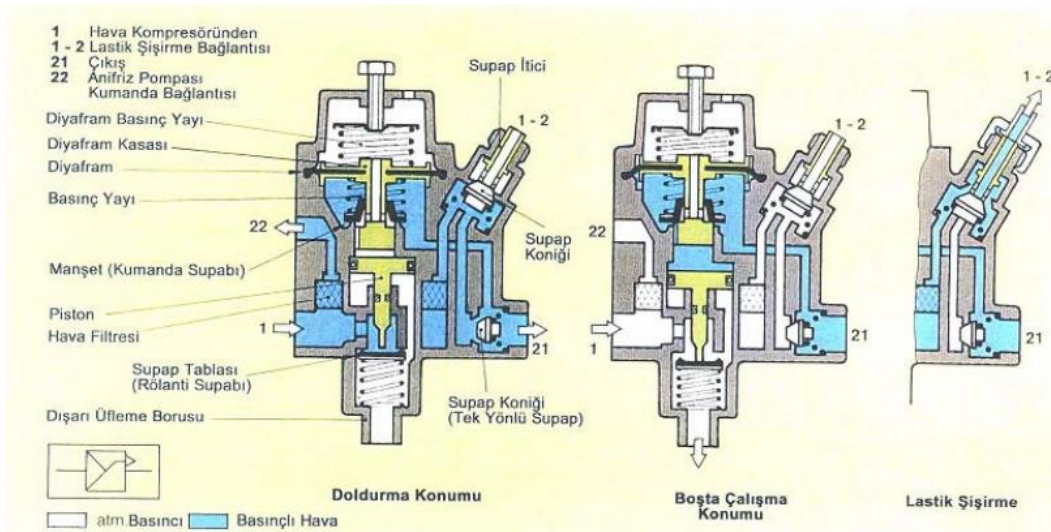


Şekil 3.12. Basınç regülatörü [10]

SEMBOL



Şekil 3.13. Basınç regülatörü sembolü [10]



Şekil 3.14. Basınç regülatörü çalışma konumları [10]

3.3.6. Hava tankı ve boşaltma supabı

Fren sistemlerindeki hava tankları (Resim 3,4, Şekil 3.15), basınçlı hava depolamanın yanı sıra mevcut hava kurutucuya ek olarak yoğunlaşmış suyu toplama görevini de yerine getirir. Basınçlı hava tankları genellikle çelik sacdan, son yıllarda alternatif olarak alüminyum alaşımlarından yapılmakta ve üzerinde hava bağlantıları için iki veya üç adet, su tahliye supabı (Resim 3,4) için de bir adet bağlantı ağzı bulunmaktadır. Hava tankları genellikle araca gergi kayışları ile tespitlerin. Su tahliye supabı hava tankının alt kısmında bulunur. Supabın halkası çekildiğinde, supap pimi yana doğru hareket ederek yerinden çıkar ve supap tablasını supap yuvasından çıkartır. Böylece çıkış açılır ve yoğunlaşmış su dışarı atılır [10].



Resim 3.4. Hava tankı- boşaltma supabı

SEMBOL



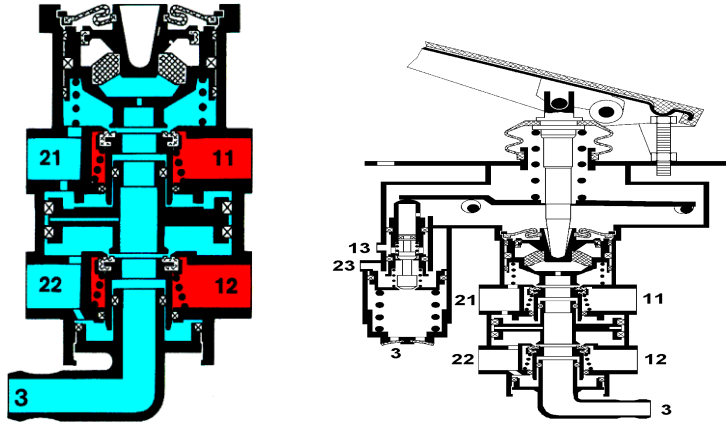
Şekil 3.15. Hava tankı sembolü [10]

3.3.7. İki devreli fren pedalı valfi

İki devreli fren pedalı valfi (Şekil 3.16, Resim 3,5), bir ayak pedalı ve buna bağlı olarak çalışan bir valften oluşur. Pedala basma miktarı ile orantılı olarak depodan fren sistemine geçen havanın basıncını düzenler. Aynı zamanda, frenlemenin tatbik edilmesi sırasında, frenleme ile orantılı olarak sürücü ayağına bir reaksiyon verir. Şoför tarafından fren pedalı kontrol edildiğinde;

- Ön aks fren silindiri,
- Arka aks kombi (hidrolik / pnömatik) fren silindiri,
- Yüke bağımlı arka aks pnömatik fren kuvveti regülatörü (ALB),
- İlave bir römork kumanda supabı vasıtasıyla da römorkun servis (ayak) frenini de kontrol eder.

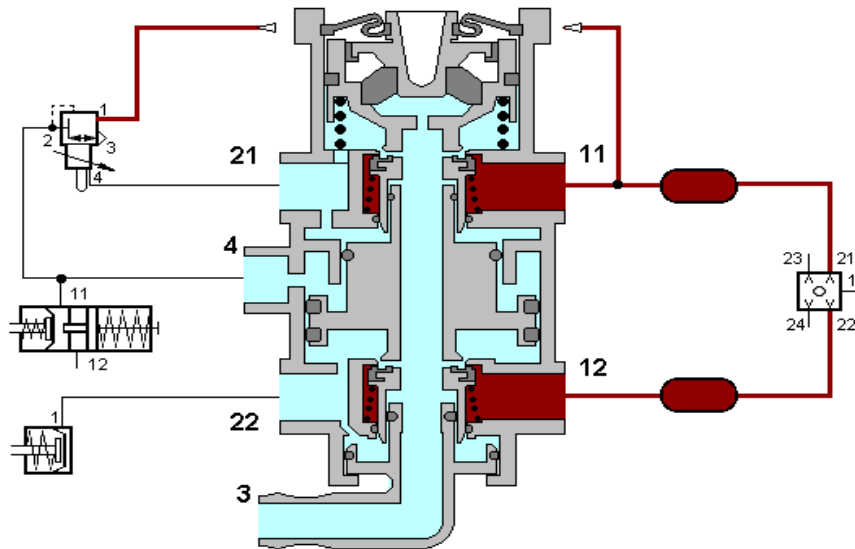
Çift devre fren pedalı valfleri, devrelerden birinin arızalanması halinde, diğer devreyi işletmeye devam eder. Zira her iki depo devresi ve fren devresi birbirinden ayrı bağlanmışlardır.(Şekil 3.17)



Şekil 3.16. İki devreli fren pedalı valfi kesit görünüşü [26]



Resim 3.5. Fren pedalı valfi [26]



Şekil 3.17. İki devreli fren valfi bağlantı şeması [26]

3.3.8. El freni valfi

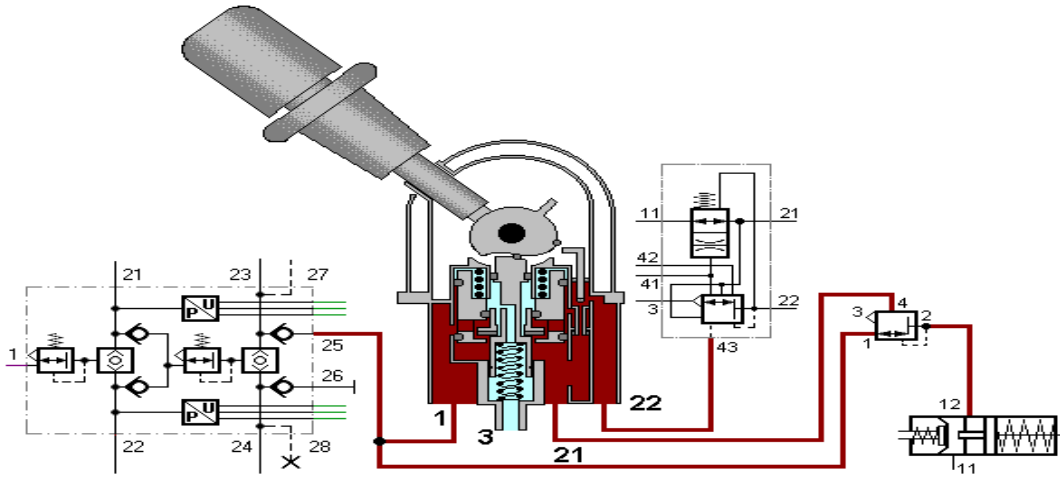
El fren valfleri (Resim 3,6), sistemdeki basınçlı havanın tekerleklerle iletilerek, tekerleklerin kilitlenmesini ve aracın durmasını sağlar.

Basınçlı havanın, hava hücrelerine geçmesini sağlayan tek konumlu bir valftir. Sistemin çalışması esnasında kapalı kalır. El fren valfleri, kullanım yerine göre farklı şekillerde yapılırlar. Çekmeli kollu veya döndürmeli kollu el freni valfleri mevcuttur. Bu valfler, sabitleme (park) fren sistemlerini kontrol ederler. Servis fren sisteminin her iki devresinde, devre dışı kalması halinde gerekli olan diyaframlı (yayla) itilen kombi fren silindirinin havasının hassas bir şekilde alınmasını sağlar. El freni valfi “AT” kontrol pozisyonuna getirildiğinde sadece çekicinin sabitleme fren sistemi ile yani römork freninin etkisi olmadan durup durmadığı kontrol edebilir [10].

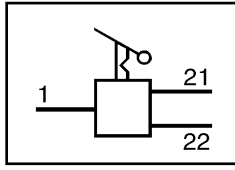
Şekil 3.18’de el fren valfinin kesit görünüşü ve bağlantı şemaları ve Şekil 3.19’da ise el freni valfi sembolü gösterilmiştir.



Resim 3.6. El fren valfi [26]



Şekil 3.18. El fren valfi kesit görünüşü ve bağlantı şeması [26]



Şekil 3.19. El fren valfi sembolü [26]

3.3.9. Röle valf

Röle valfler (Resim 3,7), büyük fren silindirlerinin kısa sürede doldurulup boşaltılması gereken fren sistemlerinde kullanılır [11]. Genellikle römork fren sistemlerini beslemek için ve kombi fren silindirlerini hızlı bir şekilde doldurup boşaltmak amacıyla kullanılır. Valf fren merkez silindirinin ortasına mümkün olduğu kadar yakın bir konuma monte edilmelidir [10].



Resim 3.7. Röle valf [26]

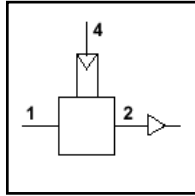
Basınç hattından gelen hava, giriş kanalı ve filtreden geçer. Daha sonra çek- valfi açarak acil röle pistonunun çevresinden geçer ve çıkış kanalından çıkarak römork hava deposunu doldurur. Römork hava deposu tamamen boş ise, hem acil pistonu hem de röle pistonu en üst konumdadır. Bu şartlarda, çıkış valfi kapanacak ve giriş valfi açılacaktır.

Fren pedalına basıldığında, servis hattından gelen sinyal basıncı, röle pistonunun üst kısmına etki ederek aşağı doğru iter. Pistona bağlı çubuk valfini kapatır. Daha sonra giriş valfinin açarak buradan çek- valf vasıtası ile ayrıca römork hava deposunda da gelen hava, giriş valfinden geçerek röle pistonunun alt kısmından fren odalarına gider. Fren odasında

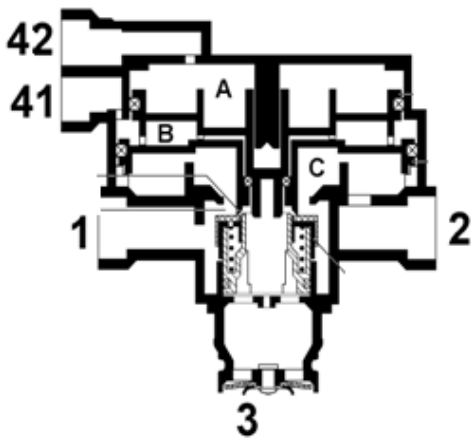
basınç artarak pistonun alt kısmına etki eder. Aynı zamanda pistonun üst kısmından etki eden servis basıncının etkisi ile denge sağlanır. Bu durumda giriş valfi de kapanır. Servis hattından daha yüksek basınç etkisi oluncaya kadar bu denge durumu muhafaza edilir [25]. Ayak pedalından kuvvet çekildiğinde önce servis hattından gelen basınçlı hava kesilir. Daha sonra servis hattında bulunan hava, atmosfere atılır. Servis hattındaki basıncın düşmesi ve fren odası basıncı etkisiyle röle pistonu yukarı kalkar. Aynı anda giriş pasajı kapatılarak çıkış valfi açılır. Fren odasında sıkışan hava, buradan geçerek alttaki açık havaya boşaltılır [25].

Basınç hattındaki hava basıncı, sızıntı veya kaçak nedeniyle belirlenen minimum basıncın altına düştüğünde, acil pistonun üst kısımdaki basınç kuvveti azalır. Dolayısıyla piston yayı, pistonu yukarı doğru kaldırarak önce çıkış valfini kapatır, daha sonra da giriş valfini açarak römork hava deposundan gelen havanın fren odalarına geçişinin otomatik olarak sağlar [25].

Şekil 3.20’de röle valfi ifade eden sembol ve Şekil 3.21’de ise bu semboller doğrultusunda hazırlanan kesit görünüş bulunmaktadır.



Şekil 3.20. Röle valf sembolü [26]



- 1 Basınçlı hava girişi
- 2 Basınçlı hava çıkışı
- 3 Tahliye
- 41 Servis fren sistemi bağlantısı
- 42 El fren bağlantı enteli
- A-B-C Fren hava odaları

Şekil 3.21. Röle valf kesiti [26]

3.3.10. Römork kontrol valfi

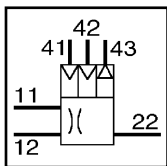
Römork kontrol valfi (Resim 3,8), römorkun servis frenini kontrol eder. Fren hattının kopması veya yırtılması halinde, sistemdeki kısıcıcı valf, römork kontrol valfinin, römorku hızlı bir şekilde frenlemesine olanak sağlar. Kısıcıcı supap olmasaydı fren hattının kopması veya yırtılması halinde, römork kumanda supabının, konum değiştirip, römorku frenleyebilmesi için önce depo hattındaki basıncın, römork kontrol valfinin tepki vereceği basınç değerine düşmesi gerekirdi. Buda güvensizliği yol açacaktır. Kısıcıcı valf; fren hattının kopması halinde depo hattındaki basıncı oldukça hızlı bir şekilde düşürür [10].

- 4-1 ve 4-2 bağlantıları (Şekil 3.22, Şekil 3.23) servis fren sisteminden,
- 4-3 bağlantısı (Şekil 3.22, Şekil 3.23) sabitleme fren sisteminden gelen basınç ile beslenir,
- 2-1 numaralı bağlantı (Şekil 3.22, Şekil 3.23) depolama hortum borusu aracılığıyla römorktaki yedek deposuna bağlıdır,
- 2-2 numaralı bağlantı (Şekil 3.22, Şekil 3.23) fren hortum borusu aracılığıyla römork fren supabı ile bağlıdır.

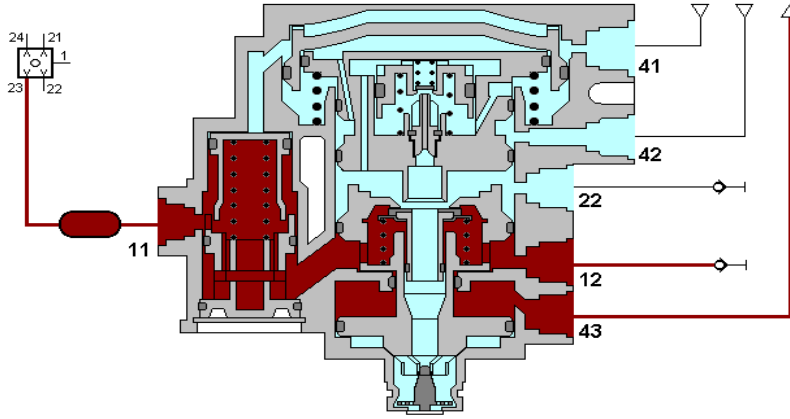
Depolama borusunun bağlantı başları kırmızıdır. Frenleme borusu bağlantı başları sarıdır. Sökerken önce kırmızı sökülmeli, takarken de önce sarı takılmalıdır.



Resim 3.8. Römork kontrol valfi [26]



Şekil 3.22. Römork kontrol valfi sembolü [26]



Şekil 3.23. Römork kontrol valfi kesiti [26]

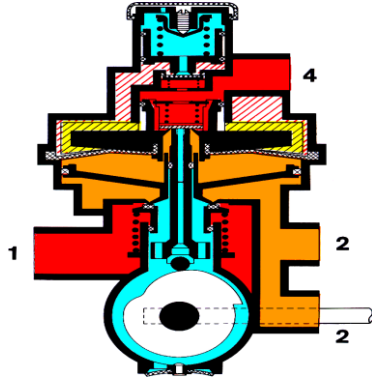
3.3.11. Yüke duyarlı otomatik fren sistemi valfi

Yüke duyarlı otomatik fren sistemi (ALB) valfleri (Resim 3,9, Şekil 3.24 ve Şekil 3.25), ya da fren kuvveti regülatörü, kuru yolda aracın mümkün olan en yüksek yavaşlama ivmesi ile tekerlerin bloke olmadan frenlemesini sağlayan elemandır. Bir araçtaki fren merkez silindirinin etkili yüzey alanı değiştirilemeyeceği için, fren kuvveti, ancak fren silindrine gönderilen fren basınçları ayarlamak sureti ile değiştirilebilir. Sürücüden bağımsız çalışan bu valf kullanılarak fren basıncı değiştirilir [10].

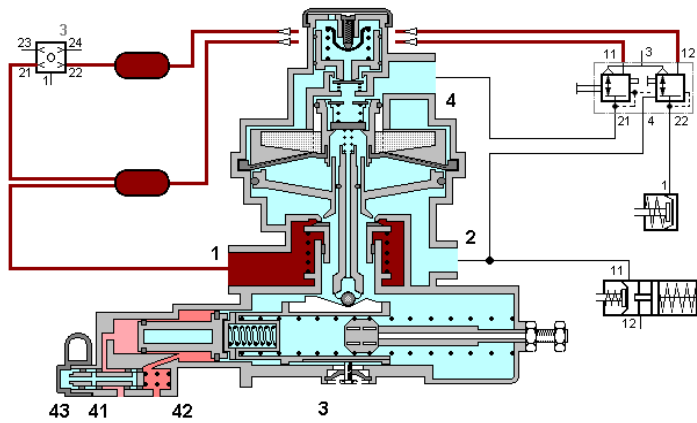
Mekanik süspansiyonlu araçlarda, fren basıncını, üst yapının fren yaylanmasına göre ayarlayan fren kuvveti regülatörü kullanılır. Burada aracın yükünün artması halinde aks ile üst yapı arasındaki mesafe azalır ve ayar kolu farklı konuma geçer. Ayar kolundaki bu değişim fren kuvvet regülatöründen çıkan fren basıncının daha yüksek olmasını sağlar [11].



Resim 3.9. Yüke duyarlı otomatik fren sistemi valfi [26]



Şekil 3.24. Yüke duyarlı otomatik fren valfi kesiti [26]



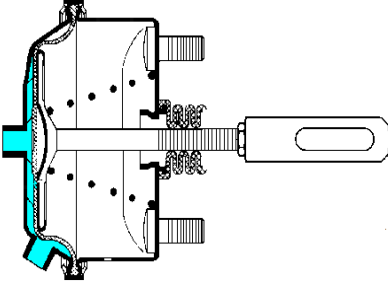
Şekil 3.25. Yüke duyarlı otomatik fren valfi devre şeması [26]

3.3.12. Diyaframalı fren silindiri

Diyaframalı fren silindirleri (Resim 3.10) genellikle ön aksa takılır. Avantajı, boyutlarının oldukça küçük olmasıdır. Basınçlı havanın itme kuvvetinden yararlanılarak fren pabuçlarını kampanaya doğru iter ve frenlemeyi sağlar [10]. Her teker için bir hava körüğü vardır. Fren hava körükleri piston, yay, gövde ve pistona bağlı piston itici kollarından ibarettir (Şekil 3.26). Fren pedalına basıldığı zaman basınçlı hava fren pedal supabı ve hava tahliye supabından geçerek fren körüğünde bulunan pistonu iter. Pistona bağlı olan kol ve ayar kolu vasıtası ile frenleme sağlanır. Fren pedalına basma miktarına bağlı olarak pistonun itilmesi değişir ve böylece istenilen kuvvette bir frenleme yapılmış olur. Fren yapıldıktan sonra fren hava basıncı ortadan kalkar. Yay pistonu iterek geriye eski durumuna getirir [24].



Resim 3.10. Diyaframlı fren silindiri [26]



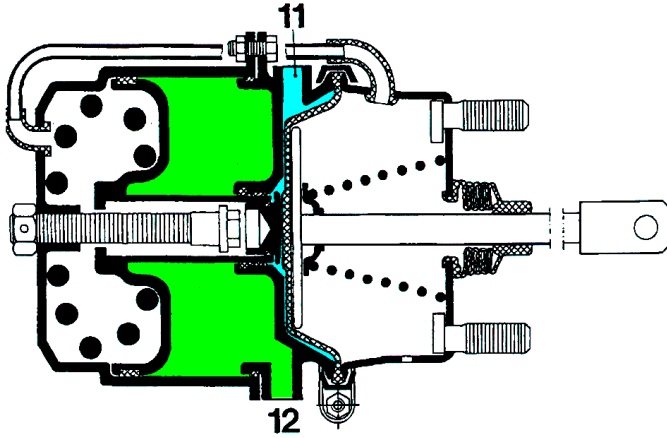
Şekil 3.26. Diyaframlı fren silindiri kesiti [26]

3.3.13. Kombi fren silindiri

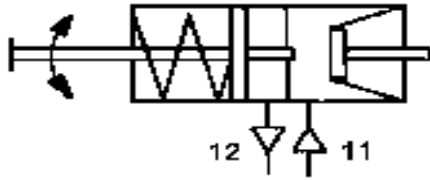
Kombi fren silindirleri (Resim 3.11, Şekil 3.27), diyaframlı fren silindirleri ile park freni silindirinin birleşiminden oluşmaktadır. Genellikle arka akslara takılırlar. Bu tip frenlerde diyaframlı silindir; fren pedalının basıncıyla basınçlanır. Kombine fren silindiri ise park freni görevi görür. El freni vasıtasıyla boşaltıldığında oluşan basınç düşümü yüksekliğine göre baskı yayları rahatlar ve diyafram ile birlikte piston çubuğu ve pistonu silindirin dışına doğru iter ve depolanan yay kuvveti etkili olmaya başlar. Tekerlek frenine de buna karşılık kuvvet aktarımı gerçekleşir [10]. Kombi fren silindirini ifade eden sembol Şekil 3.28’de gösterilmiştir.



Resim 3.11. Kombi fren silindiri [46]



Şekil 3.27. Kombi fren silindiri kesiti [26]



Şekil 3.28. Kombi fren silindiri sembolü [26]

3.3.14. Basınç test ucu

Havalı fren sistemi bulunan araçlarda sistemin kontrol ve testlerini yapmak için kullanılmak üzere test uçlarına (Resim 3.12) ihtiyaç duyulur. Test uçları basınçlı hava tankı, fren silindiri, yük ayar valfi gibi parçaların üzerinde bulunur [11].



Resim 3.12. Basınç test ucu

3.3.15. Fren basınç manometreleri

Fren basınç manometreleri (Resim 3.13) aracın gösterge panelinde bulunan ve sürücüyü fren sistemi basıncı konusunda bilgilendiren göstergelerdir. Sistem alt çalışma basıncı altına düştüğünde görsel ve sesli ikaz vermelidir. Genellikle birinci ve ikinci devre sistem basınçları ayrı ayrı bu göstergelerden izlenebilmektedir. Bu göstergeler analog olduğu gibi elektronik veya dijital de olabilmektedir.



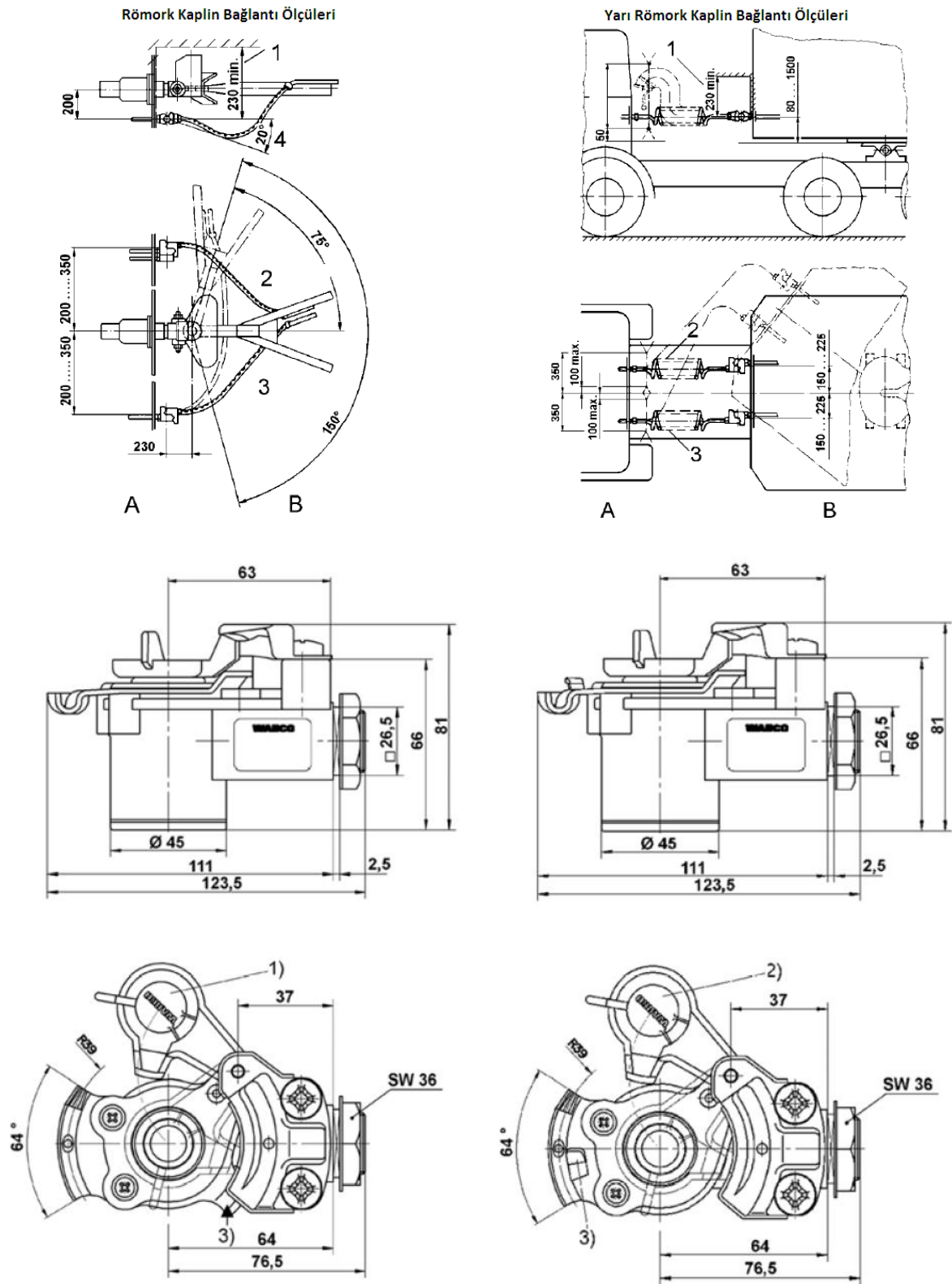
Resim 3.13. Araçta bulunan manometreler

3.3.16. Kaplinler

Havalı fren sistemlerinde sarı renkli fren kaplinleri ve kırmızı renkli besleme kaplinleri olmak üzere iki tip kaplin kullanılmaktadır. Sarı kaplinin (Şekil 3.29) araçtaki görevi sürücünün fren ile ilgili komutlarını römorktaki sistemlere iletmektir. Kırmızı kaplinin (Şekil 3.29) araçtaki görevi ise sürekli basınç akışını sağlayarak sistemi hava ile beslemektir. Kaplinleri bağlantılarının doğru yapılması gereklidir. (Şekil 3.30)



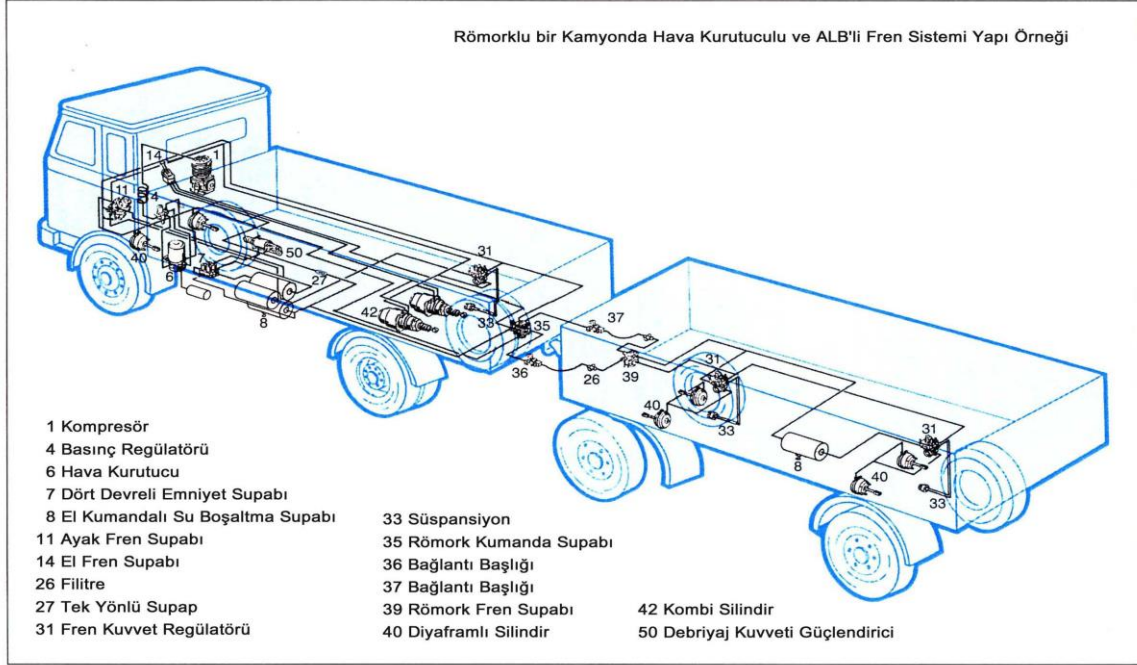
Şekil 3.29. Fren kaplini (sarı) ve besleme kaplini (kırmızı)



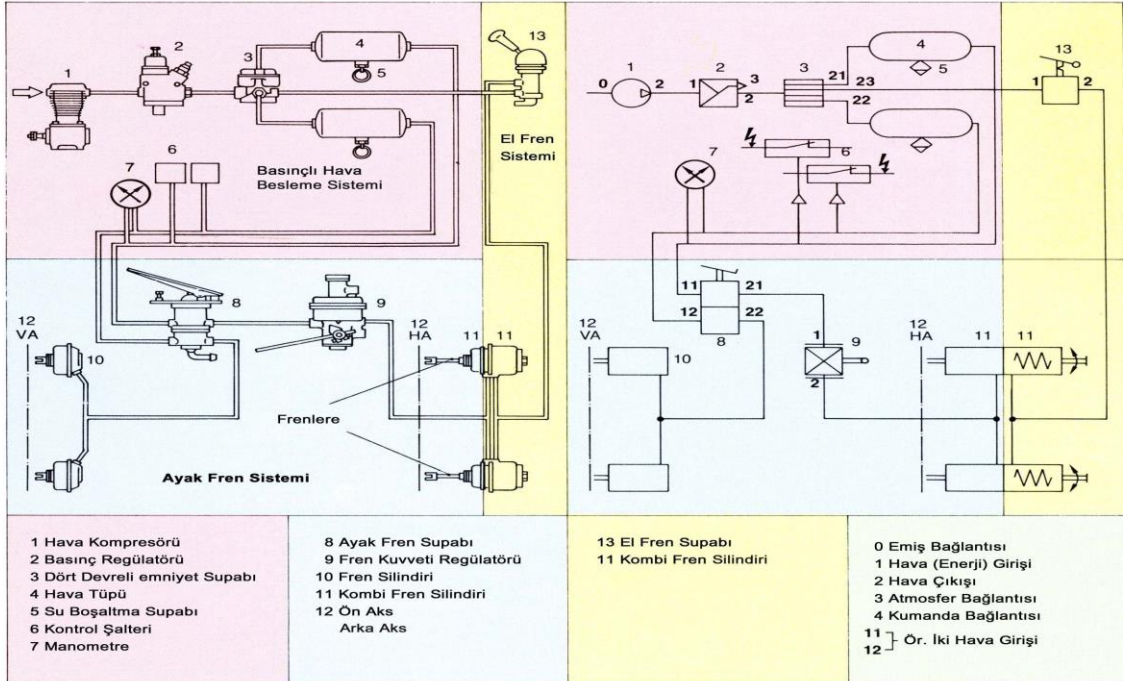
Şekil 3.30. Kaplin ölçüleri ve bağlantı şekilleri [26]

3.4. Havalı Fren Sistemi Örnek Devreleri

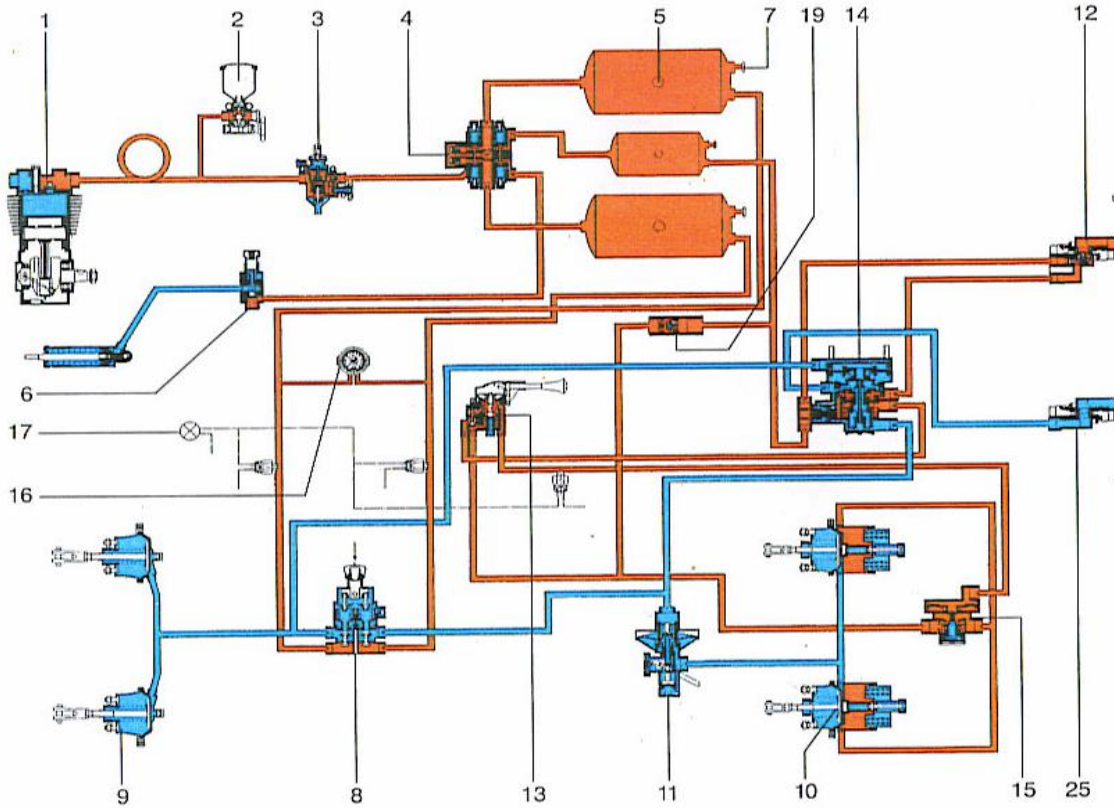
Şekil 3.31 – Şekil 3.35 arasında günümüz araçlarında kullanılan havalı fren sistemlerinden örnek şemalar sunulmuştur.



Şekil 3.31. Çekici + römork fren sistemi (örnek) [10]

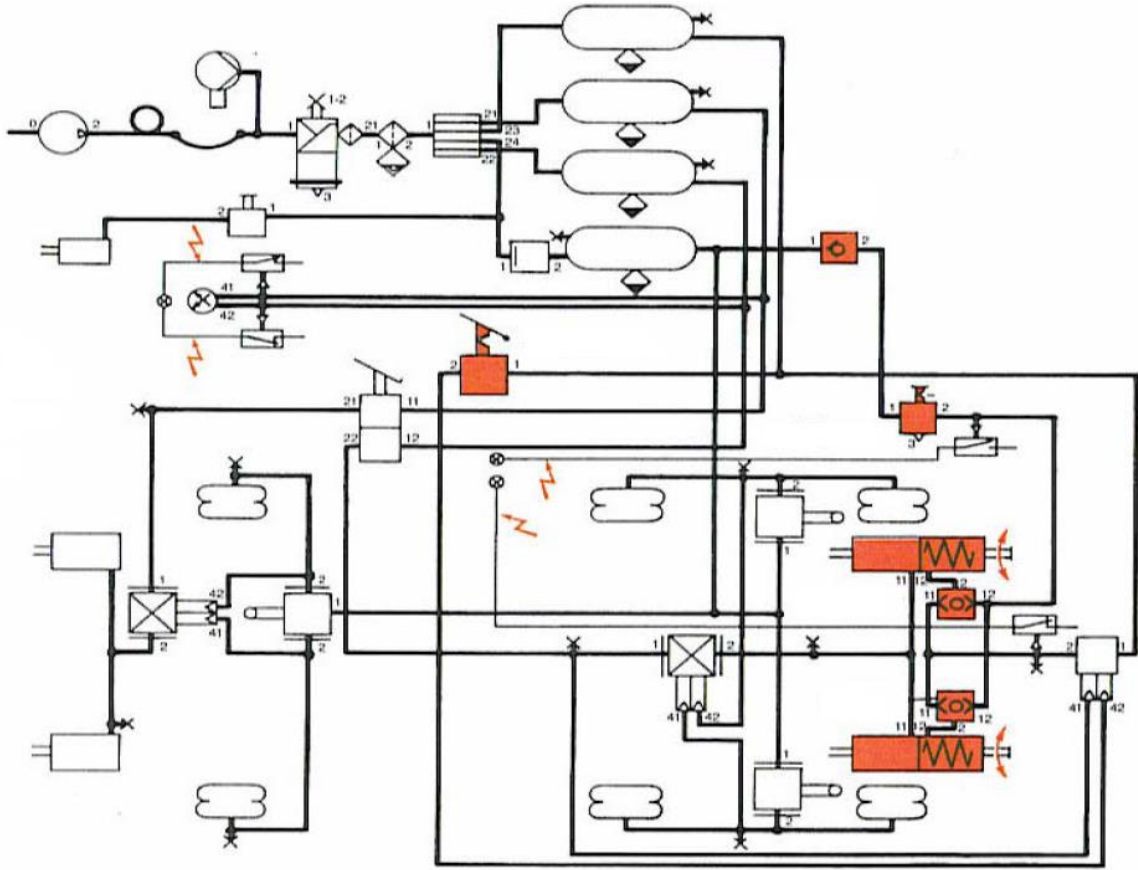


Şekil 3.32. İki devreli havalı fren sistemi (örnek) [10]



- 1 Kompresör
- 2 Hava kurutucu
- 3 Basınç regülatörü
- 4 Dört devreli emniyet supabı
- 5 Hava tüpleri
- 6 Egzoz fren havası
- 7 Su tahliye supabı
- 8 Servis freni supabı
- 9 Diyaframlı fren silindiri
- 10 Kombi fren silindiri
- 11 Fren kuvveti regülatörü (ALB)
- 12 Depolama hava bağlantı başlığı
- 13 El freni supabı
- 14 Römork emniyet supabı
- 15 Röle supabı
- 16 Hava basınç göstergesi
- 17 Kontrol lambası
- 19 Geri tepme supabı
- 25 Frenleme havası bağlantı başlığı

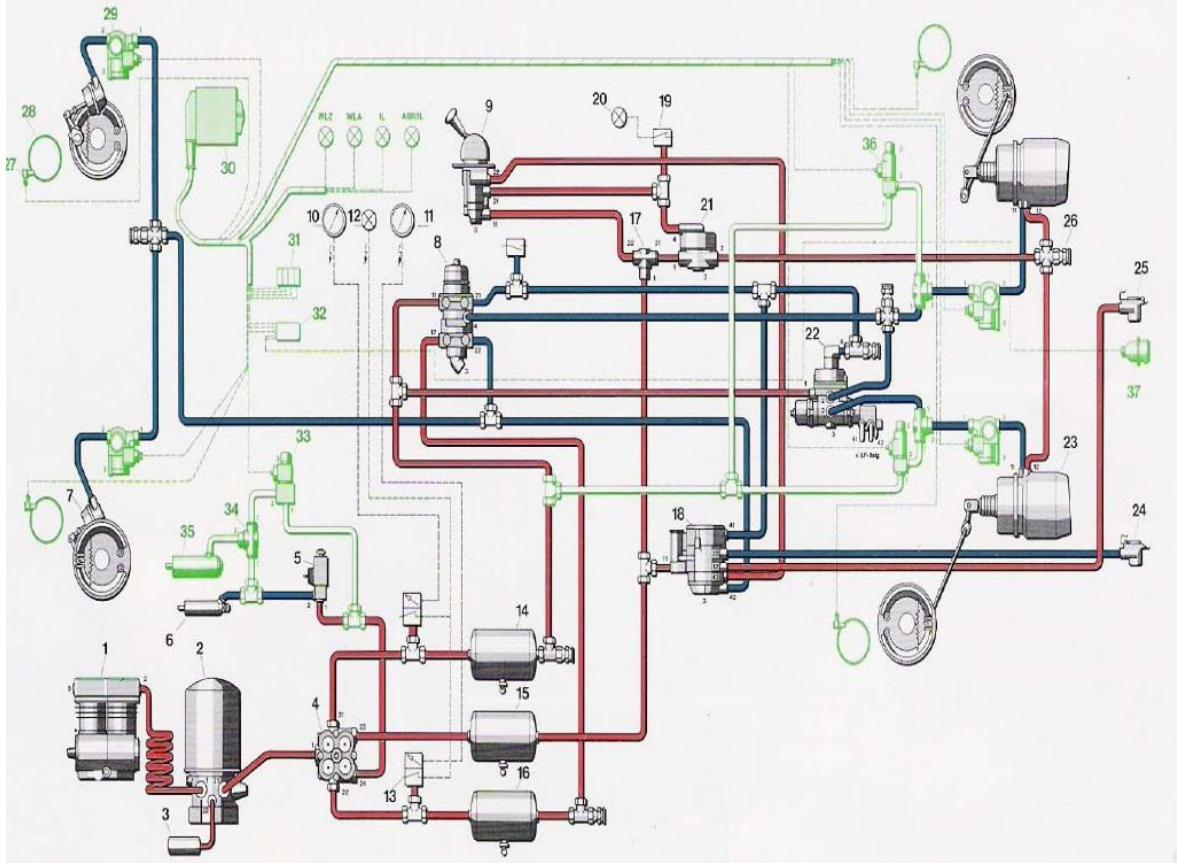
Şekil 3.33. Havalı fren sistemi devresi (örnek) [10]



- 0 Emme bağlantısı (hava emişi).
- 1 Hava girişi.
- 2 Hava çıkışı
- 3 Çevre hava bağlantı (tahliye kanalı)
- 4 Kontrol kumanda bağlantısı

- 11 Hava girişi 1. bağlantı.
- 12 Hava girişi 2. bağlantı.
- 21 Hava çıkışı 1. bağlantı.
- 22 Hava çıkışı 2. bağlantı.

Şekil 3.34. Havalı fren sistemi devresi (örnek) [10]



Sistem Basıncı

Atmosfer Basıncı

ABS/ASR

1 Kompresör	20 İkaz lambası
2 Basınç regülatörü ile birlikte hava kurutucu	21 Röle valf
3 Filtre geri temizleme hava tüpü	22 Fren kuvvetlendirici
4 Dört devreli emniyet valfi	23 Kombi fren silindiri
5 Manyetik valf	24 Kaplinli bağlantı ucu (sarı)
6 Çalışma silindiri	25 Kaplinli bağlantı ucu (kırmızı)
7 Membranlı fren silindiri	26 Kontrol bağlantı ucu
8 Ayak fren kumanda valfi	27 Devir sensörü
9 El fren kumanda valfi	28 Devir kaynağı
10 Basınç göstergesi	29 ABS-basınç kumanda valfi
11 Basınç göstergesi	30 Elektronik kumanda cihazı
12 İkaz lambası	31 Röleler
13 Basınç şalteri	32 Römork tanımlama ünitesi
14 Basınçlı hava tüpü	33 ASR-motor ayar valfi
15 Basınçlı hava tüpü	34 Değiştirme valfi
16 Basınçlı hava tüpü	35 Pozisyon silindiri
17 Çift geri dönüş (çek-valf) valfi	36 ASR-fren valfi
18 Römork kumanda valfi	37 ABS-soket bağlantısı
19 Basınç şalteri	

Şekil 3.35. Havalı fren sistemi devresi (örnek) [10]

4. HAVALI FREN SİSTEMLERİ İLE İLGİLİ TANIM VE YÖNETMELİKLER

Türkiye’de havalı fren sistemi kullanılan araçların trafiğe çıkabilmeleri için gerekli koşulların yer aldığı ulusal ve uluslararası yönetmelikler aşağıdaki gibidir:

- Araçların imal, tadil ve montajı hakkındaki yönetmelik (28.11.2008 resmi gazete sayısı: 27068) , T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı [27]
- 71/320/AT Belirli Motorlu Araç Sınıflarının ve Römorklarının Frenleme Düzenekleri İle İlgili Tip Onayı Yönetmeliği, T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı [28]
- ECE R13 (Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomi Komisyonu Yönetmeliği) [29]
- 2007/46/AT MARTOY (Motorlu Araçlar ve Römorkları Tip Onayı Yönetmeliği) [30]
- Araç muayene istasyonlarının açılması, işletilmesi ve araç muayenesi hakkında yönetmelik [31]

Yukarıdaki yönetmeliklerde havalı fren sistemleri ile ilgili bölümler ortak ana başlıklara sahiptir ve bu başlıklar aşağıdaki gibidir.

- Araçların sınıflandırılması (Havalı fren kullanılan)
 - Frenler ile ilgili tanımlar
 - Taşıtlarda bulunması gereken fren sistemleri
 - Havalı fren sisteminin sağlanması gereken koşullar
- Olarak sıralanabilir.

4.1. Frenler ile İlgili Tanımlar

Hareket halindeki bir aracın hızını kademeli olarak azaltmak veya tamamen durdurmak veya hareketsiz bir aracın hareket etmesini önlemek için kullanılan kısımların kombinasyonudur. Fren sistemi; fren kumandası, aktarma ve tekerlek freninden oluşmaktadır.

4.1.1. Kademelendirilebilir frenleme

Tertibatın normal kullanım sınırları içerisinde, frene basılması ya da bırakılması esnasındaki frenlemedir.

- Sürücü istediği anda kumanda tertibatı ile fren kuvvetini artırıp azaltabilmelidir.
- Kumanda tertibatına yapılan etki oranında fren kuvveti değiştirilebilmelidir. (monotonik işlem)
- Fren kuvveti yeterince hassasiyette ve kolayca ayarlanabilmelidir.

4.1.2. Kumanda

Aracı durdurmak veya kumanda etmek için gereken enerjiyi fren sisteminin aktarma organına sağlamak için, doğrudan sürücü (bazı römork tiplerinde bir yardımcı) tarafından kumanda edilen kısımdır. Bu enerji, sürücünün kas enerjisinden veya sürücü tarafından kumanda edilen başka bir kaynaktan veya uygun durumlarda römorkun kinetik enerjisinden veya bunların bileşiminden sağlanır.

4.1.3. Aktarma organı

Kumanda ve fren arasında kalan ve bu kısımları birbirlerine işlevsel bir biçimde bağlayan aksamlar bileşimidir. Aktarma, mekanik, hidrolik, havalı, elektrikli veya bunların bir bileşimi olabilir.

Fren gücünün sürücünün kumandasında fakat sürücüden bağımsız bir enerji kaynağından beslendiği veya temin edildiği durumlarda, tertibattaki enerjinin depolandığı (rezervi) kısım aktarma organının bir parçası olarak kabul edilmelidir.

4.1.4. Fren

Aracın hareketine karşı koyan kuvvetlerin oluşturulduğu bölümdür. Bu bir, sürtünme freni (fren kuvvetinin aracın birbirine göreceli olarak hareket eden iki kısmı arasında sürtünmeden dolayı oluşması durumunda), elektrik freni (fren kuvvetinin aracın birbirine temas etmeyen fakat yine birbirine göreceli olarak hareket eden iki kısmı arasında elektromanyetik etki sayesinde oluşması durumunda), hidrolik fren (fren kuvvetinin aracın

birbirine göreceli olarak hareket eden iki kısmı arasındaki sıvının hareketiyle oluşması durumunda) veya motor freni (fren kuvvetinin motorun fren işlemindeki kontrollü bir artıştan türetilmesi ve tekerleklerle aktarılması durumunda) olabilir.

Doğrudan frenleme

Birbirine bağlı araçların (katarın) aşığıdaki özelliklere sahip bir donanım vasıtasıyla frenlenmesidir.

- Sürücünün oturduğu yerden tek bir hareketle kademelendirilebilir olarak çalıştırdığı tek bir kumanda tertibatıdır
- Katarı frenlemek için kullanılan enerji aynı kaynaktan sağlanmalıdır (bu enerji kaynağı sürücünün kas enerjisi de olabilir)
- Fren sistemi katardaki her bir aracın (birbirlerine göreceli durumları ne olursa olsun) aynı anda ve uygun sırada frenlenmesini sağlamalıdır.

Yarı doğrudan frenleme

Araç katarının aşığıdaki özellikleri sağlayacak şekilde frenlenmesidir,

- Sürücünün oturduğu yerden tek bir hareketle kademelendirilebilir olarak çalıştırdığı tek bir kumanda tertibatıdır,
- Araçları frenlemek için kullanılan enerji iki değişik kaynaktan sağlanmalıdır, (bu enerji kaynaklarından biri sürücünün kas enerjisi olabilir)
- Fren sistemi katardaki her bir aracın (birbirlerine göreceli durumları ne olursa olsun) aynı anda ve uygun sırada frenlenmesini sağlamalıdır.

Otomatik frenleme

Rmrklerin kopması durumunda, katarın diğer kısımlarının frenleme yeteneğini etkilemeden, rmrk veya rmrklerin frenlerinin kendiliğinden çalışmasıdır.

Atalet (yığılma) freni

Römorkun çekiciye yaklaşmasından doğan kuvvetlerin kullanıldığı frenlemedir.

4.1.5. Yönetmeliklerde fren sistemini ilgilendiren tanımlar

Yüklü araç

Başka şekilde belirtildiği durumlar hariç, taşıyabileceği azami yükü taşıyan araçlardır.

Azami kütle

Araç imalatçısının belirttiği teknik olarak izin verilen kütledir.

Yarı römork

Dingil/dingilleri aracın (homojen bir şekilde yüklüken) ağırlık merkezinin arkasında yer alan ve yatay ve düşey kuvvetleri çekici araca aktarabilecek bir bağlantı ekipmanına sahip çekilen araçtır.

Tam römork

En az iki dingili bulunan ve düşey olarak (römorkla bağlantılı olarak) hareket edebilen bir çekme tertibatıyla donatılmış ve ön dingil/dingillerin doğrultusunu kumanda eden fakat çekici araca önemli bir statik yük aktarmayan çekilen araçtır.

Merkezi dingilli römork

Düşey olarak (römorkla bağlantılı olarak) hareket etmeyen bir çekme tertibatıyla donatılmış dingil/dingilleri, römorkun azami yükünün % 10'unu aşmayan bir statik düşey yükü veya 1000 dN (az da olabilir) değerindeki yükü çekici araca aktarabilecek şekilde, aracın (homojen bir şekilde yüklüken) dingilin/dingillerin aracın ağırlık merkezinin yakınına yerleştirilmiş olduğu çekilen araçtır.

Yavaşlatıcı (retarder)

Performansında önemli bir azalma olmadan uzun bir süre fren etkisi sağlayan ve bu etkiyi koruyan ilave frenleme sistemidir. Yavaşlatıcı terimi kumanda tertibatı dâhil bütün sistemi kapsar.

Bağımsız yavaşlatıcı

Kumanda tertibatı aracın ana ve diğer fren sistemlerinden ayrı olan yavaşlatıcıdır.

Yekpare (entegre) yavaşlatıcı

Kumanda ekipmanı, yavaşlatıcının ve aracın ana fren sisteminin bileşik bir kumanda tertibatının çalışmasıyla aynı anda ve uygun aralıklarla uygulanmasını sağlayacak şekilde ana fren sistemine entegre edilmiş yavaşlatıcıdır.

Bileşik yavaşlatıcı

Bileşik kumandanın sadece ana fren sistemine uygulanmasını sağlayan ek bir devreden-çıkarma ekipmanı içeren entegre yavaşlatıcıdır.

Kısa yol şehirlerarası otobüs

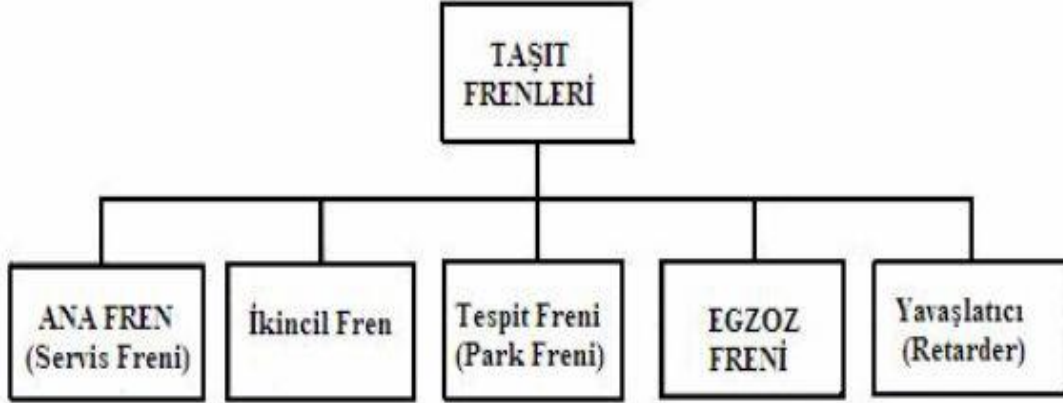
Özellikle yolcu için ayakta amaçlanmış yeri olmayan fakat koridorda ayakta duran yolcuları kısa mesafeler için taşıyabilen orta mesafe taşıma için donatılmış ve tasarımlanmış araçtır.

Uzun yol şehirlerarası otobüs

Uzun yol yolculukları için donatılmış ve tasarımlanmış, oturan yolcuların rahatını sağlayabilecek şekilde düzenlenmiş ve ayakta yolcu taşımayan araçtır.

4.2. Taşıtlarda Bulunması Gereken Fren Sistemleri

71 / 320 AT Yönetmeliğine göre, bir taşıtın fren donanımında kullanılan fren tipleri Şekil 4.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1.Taşıtlarda kullanılan fren tipleri [32]

4.2.1. Ana fren sistemi

Ana fren sistemi, aracın hızı, yükü ne olursa olsun, aşağı ya da yukarı eğimde, aracın hareketlerinin kumandasını ve aracın güvenilir, hızlı ve etkin bir şekilde durdurulmasını sağlamalıdır. Etkisi kademelendirilebilir olmalıdır. Sürücü bu fren sistemini oturduğu yerden ve direksiyondan ellerini çekmeden kullanabilmelidir.

4.2.2. İkincil fren sistemi

İkincil fren sistemi, ana fren sistemindeki bir arıza durumunda aracı yeterli bir uzaklıkta durdurabilmelidir. Frenleme işini kademelendirmek mümkün olmalıdır. Sürücü bu fren performansını, sürücü koltuğundan ve en az tek eli direksiyondayken elde edebilmelidir. Bu şartların amacı gereğince, aynı anda ana fren sisteminde birden fazla arıza olmayacağı kabul edilir.

4.2.3. Tespit (park) fren sistemi

Tespit fren sistemi, sürücünün olmadığı durumlar dahil, aracı yokuş yukarı ve aşağı eğimlerde hareketsiz tutabilmelidir. Fren yalnız mekanik bağlantılarla basılmış halde tutulabilmelidir. Sürücü bu freni oturduğu yerden kumanda edebilmelidir.

Römorkun havalı freni ve çekici aracın tespit fren sistemi, ancak sürücü, tespit fren sisteminin yalnız mekanik fonksiyonu ile elde edilen katarın tespit freni performansının yeterli olduğunu her zaman için denetleyebiliyorsa birlikte çalıştırılabilirler.

4.2.4. Egzoz freni

Egzoz çıkışını engelleyerek, aracın hızını motordan yararlanarak kesmeyi sağlayan frenlemedir.

4.2.5. Retarder (yavaşlatıcı)

Motor freni ve tekerleklerdeki sürtünme frenleri dışında, enerji yutarak ve depolayarak aracın hızını kesmekte kullanılan volan, vites kutusu çıkışında kullanılan kasnak gibi düzenlerdir.

4.3. Havalı Fren Sisteminin Sağlaması Gereken Koşullar

Aracın bütün fren sistemleri aşağıda belirtilen ana, ikincil ve tespit frenleri için istenen şartları sağlamalıdır. Araçların ana, ikincil ve tespit fren sistemleri aşağıdaki şartlara uymak şartıyla ortak aksamılarına sahip olabilirler. Sürücünün normal oturma durumunda da rahatça ulaşabileceği en az iki bağımsız kumanda olmalıdır.

M2 ve M3 sınıfı dışındaki tüm araçlar için, tüm fren kumandaları (yavaşlatıcı fren sistemi kumandası hariç) bırakıldıklarında tamamen başlangıç konumuna geri dönecek biçimde tasarımlanmalıdır. Bu şart, kullanıldığında mekanik olarak kilitlenmiş olan tespit fren sistemi (veya birleşik kumandanın bir parçası olarak) için geçerli değildir.

- Ana fren sisteminin kumandası tespit fren sisteminin kumandasından bağımsız olmalıdır.
- Ana ve ikincil fren sistemleri ortak bir kumandaya sahipse, kumanda ve aktarma sisteminin farklı parçaları arasındaki bağlantının etkinliği belli bir kullanım süresinden sonra da güvenilir olmalıdır.
- Ana ve ikincil fren sistemleri ortak bir kumandaya sahipse, tespit fren sistemi aracın hareketi esnasında da kullanılabilecek şekilde tasarımlanmalıdır.

- Parçaların, herhangi birinin kırılması (kopması) veya ana fren sisteminde olabilecek bir arıza durumunda (hatalı çalışma, ya da enerji deposunun tamamen ya da kısmen tükenmesi), ikincil ya da ana fren sisteminin arızadan etkilenmeyen kısmı ikincil fren için önceden belirlenen performansta aracı durdurabilmelidir.
- Özellikle, ikincil fren ve ana fren sistemlerinin ortak bir kumanda ve aktarmaya sahip olduğu durumlarda: Ana fren sistemi, sürücünün bir ya da birden çok enerji depolama tertibatıyla desteklenen kas kuvveti ile sağlanıyorsa, bu destek kuvvetteki bir aksaklık durumunda, arızadan etkilenmeyen tertibatlar var ise, enerji depolama tertibatları ile desteklenen sürücünün kas kuvveti ile birlikte ikincil fren etkinliği sağlanmalı, bu arada, kumandaya etki eden kuvvet önceden belirlenen azami değeri geçmemelidir.
- Ana fren kuvveti ve aktarma, tamamen sürücü tarafından kumanda edilen bir enerji depolama düzeneğiyle yapılıyorsa, en az iki tamamen bağımsız enerji depolama düzeneği bulunmalı, her birinin ayrı aktarmaları olmalıdır. Bunların her biri ikincil frenin önceden belirlenen performansını sağlayabilecek şekilde yalnız iki ya da daha fazla tekerlek üzerine etki edebilirler, fakat bu frenleme sırasında aracın kararlılığı tehlikeye girmemelidir.
- Belirli parçalar, örneğin pedal ve yatakları, merkez silindiri ve içindeki piston ya da pistonları (hidrolik sistemlerde), kumanda valfi, (hidrolik ve/veya havalı sistemlerde), pedal ve merkez silindir veya kumanda valfi arasındaki bağlantı, frenin kol ve kam birleşimleri, yeterince boyutlandırılmış ve bakım için kolay ulaşılabilirlerse ve en azından diğer önemli parçalar gibi güvenlik özelliklerini gösteriyorlarsa, arızalanabilir parçalardan sayılmazlar.
- Yukarıda bahsedilen parçaların her birisinin arızası durumunda, araç, ikincil fren sistemi için önceden belirlenmiş etkiyi sağlamıyorsa, bu parça, metal ya da eşdeğer özellikte malzemeden yapılmalı ve normal frenleme sırasında gözle görülür bir bozulma olmamalıdır.
- Ana ve ikincil fren kumandalarının ayrı olması durumunda, her ikisi de ya da biri bozulduğunda diğeri çalışıyor durumdayken iki kumandanın aynı anda kullanımı her iki sistemin de çalışmasını engellememelidir.
- Ana fren sisteminin aktarma bölümündeki bir arıza durumunda, aşağıdaki şartlar yerine getirilmelidir: Aracın yükü ne olursa olsun, ana fren sisteminin çalışması ile yeterli sayıda tekerlek frenlenmelidir.

- Bununla beraber yarı-römorkun ana fren aktarma sistemi çekicinin aktarma sisteminden bağımsızsa, daha önce sözü geçen şartlar yarı-römorklar için olan çekiciler için geçerli değildir.
- Sürücünün kas enerjisinin dışında bir enerji kullanıyorsa, tek bir enerji kaynağı (hidrolik pompa, kompresör ve benzeri) yeterlidir. Ancak bu enerji kaynağını sağlayan tertibat pratikte gerçekleştirilebileceği kadar güvenli olmalıdır.
- 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 durdurmaya garantileyecek şekilde devam etmelidir. Bu, araç hareketsizken, kolaylıkla çalıştırılabilen veya otomatik olarak devreye giren düzeneklerle sağlanmalıdır.
- Ayrıca, bu düzeneğin arkasında bulunan enerji depolama tertibatları, enerji kaynağının devre dışı olması durumunda ana fren sistemi kumandasını 4 kere tam basılıp bırakıldıktan sonra, 5 inci frende aracı ikincil fren sisteminden beklenen performansta durdurabilmektir.
- Ana fren sistemi aracın tüm tekerleklerine etki etmelidir.
- Ana fren sisteminin etkisi dingillere uygun bir şekilde dağıtılmalıdır. Aracın ikiden fazla dingili bulunması durumunda, tekerleklerin kilitlenmesini ve fren balatalarının camlaşmasını önlemek için aracın yükü azaltıldığında bazı dingillerdeki fren kuvveti kendiliğinden sıfıra düşürülebilir.
- Ana fren sisteminin etkisi aynı dingilin tekerlekleri arasında araç boyuna orta düzlemine göre simetrik olarak dağıtılmalıdır.
- Ana fren sistemi ile tespit fren sistemi, uygun mukavemetteki aksamlarla tekerleklerle bağlı fren yüzeylerine sürekli olarak etki etmelidir. Hiçbir fren yüzeyinin tekerleklerden bağlantısı kesilemez; bununla birlikte ana fren ve ikincil fren sistemi durumunda, fren yüzeylerindeki çok kısa bağlantı kesintisine, örneğin vites değiştirirken, izin verilir. Bu sırada ana ve ikincil fren sistemleri daha önce belirtilen performansta çalışmaya devam ederler. Ayrıca, tespit fren sistemi için yukarıda bahsedilen bağlantı ayırmalara yalnızca sürücü tarafından sürücü koltuğundan kumanda edilen ve bir hava kaçağı sonucu etkisiz kalmayacak bir tertibat olması şartıyla izin verilir.
- Frenlerin aşınması elle ya da otomatik çalışan ayar tertibatları yardımıyla kolaylıkla dengelenebilmelidir. Ayrıca frenler ısınmış ve frenler belli bir aşınmaya ulaşmış ise,

kumanda tertibatı, aktarma ve fren parçalarında derhal bir ayarlama gerektirmeden etkili bir frenleme yapacak şekilde ilave hareket yedekleri olmalıdır.

- Aşınma ayarları, ana fren sistemi frenleri için otomatik olmalıdır. Bununla beraber N2 ve N3 sınıf yol dışı araçlar ve M1 ve N1 sınıf araçların arka frenleri için otomatik ayar tertibatları isteğe bağlıdır. Otomatik aşınma ayar düzeneklerinin kullanımı ile frenler önce ısıtılıp ardından soğutulduklarında bile verimli bir frenleme sağlanmalıdır.
- Ana fren balatalarındaki aşınmayı aracın altından ya da dışından, yalnızca araçla birlikte sağlanan takım veya donanımlarla, örneğin muayene deliklerini kullanarak, mümkün olmalıdır. Balataların değişmesinin gerektiğini sürücü koltuğunda oturan sürücüye haber veren sesli ya da optik tertibatlarda bunun yerine kabul edilebilir. Sadece, M1 ve N1 sınıf araçların bu amaç için ön ve/veya arka tekerleklerinin sökülmesine izin verilir.
- Bir enerji depolama tertibatından beslenen ana fren sistemi olan ve bu depolanan enerji olmadan ana fren sisteminden önceden belirlenen ikincil fren performansının alınamadığı bütün araçlarda, basınç göstergesi varsa buna ek olarak sistemin herhangi bir bölümünde depo edilen enerji seviyesi, depolama tertibatı yeniden doldurulmadan ve aracın yük durumuna bakılmaksızın ana fren kumandasına 4 kere basılıp bırakılmasından sonra 5 inci frende önceden belirlenmiş olan ikincil fren performansının alındığı seviyeye düştüğünde optik ya da sesli ikaz sinyali veren bir ikaz düzeneği olmalıdır. Fren sistemin aktarma kısmında arıza olmaması ve frenlerin mümkün olan en sıkı şekilde ayarlı olması gerekir. Bu ikaz düzeneği devreye sürekli ve doğrudan bağlanmış olmalıdır. Motorun normal çalışma şartlarında çalıştığı ve frende arızanın olmadığı durumlarda, ikaz düzeneği, motorun yeniden çalıştırılmasından sonra depolama tertibatlarının yeniden doldurulması için gereken sürenin dışında sinyal vermemelidir. Bu düzenekler, yukarıdaki her bir şartı sağladığı ve sesli optik sinyalden önce çalıştırılmadığı sürece, aynı anda çalışmak zorunda değildir.
- El freni çekildiğinde ve/veya imalatçının seçimine göre, otomatik vitesli araçlarda, otomatik vites seçici “Park” (P) konumuna getirildiğinde bu sesli ikaz düzeneği devre dışı kalabilir.
- Fren sisteminin çalışması için bir destek kuvveti gerekliyse, enerji depolama tertibatı, motor durursa veya enerji kaynağı aktarımındaki düzeneklerde bir arıza olması durumunda, aracı istenen şartlarda durduracak yeterli fren etkisi kalmayacak şekilde boyutlandırılmalıdır.

- Sürücünün kas kuvveti tespit fren sisteminin çalıştırılması esnasında destek bir kuvvet tarafından güçlendiriliyorsa, destek kuvvetin devre dışı kalması durumunda ikincil fren sisteminin çalıştırılması gerektiğinde, gerekirse normalde destek kuvvet tarafından kullanılmayan bağımsız bir saklama tertibatı yardımıyla olabilmelidir. Bu enerji depolama tertibatı ana fren sistemi için ayrılmış olabilir.
- Freni çekici aracın sürücüsü tarafından kumanda edilen fren kumandalı bir römorku çekme izni olan motorlu araçlarda çekici aracın fren sistemi, römorkun fren sistemi arızalandığında veya römorkla çekici araç arasındaki besleme borusunda bir kesinti olduğunda (diğer tipte bağlantılar için de geçerli olabilir), çekici aracın ikincil frenin etkinliğine denk bir performansta frenlenmesini sağlayacak şekilde tasarlanmalı ve düzenlenmelidir; önceden belirlendiği gibi özellikle bu tertibat, çekici araçta yer almalıdır.
- Yardımcı donanımları, yardımcı donanımlar işler durumdayken önceden belirlenmiş fren ivmelerine ulaşılacak ve enerji kaynağında bir sorun olsa bile yardımcı çözme tertibatının işlemesi fren sistemini besleyen enerji kaynaklarının belirtilen seviyenin altına inmesine neden olmayacak şekilde enerji depolamalıdır.

O3 ve O4 sınıf römorkların ana fren sistemleri doğrudan ya da yarı-doğrudan tipinde olmalıdır. O3 ve O4 sınıf bir römorku çekme yetkisi olan bir aracın fren sisteminin aşağıdaki şartları yerine getirmesi gerekmektedir:

- Çekici aracın ikincil fren sistemi devreye girdiğinde römorkun freni kademelendirilebilmelidir.
- En az iki bağımsız bölümden oluşan ana fren sistemine sahip çekici araç durumunda; çekici aracın ana fren sistemi arızalandığında sistem en az iki bağımsız bölümden oluşuyorsa, arızadan kısmen ya da tamamen etkilenmeyen parçalar römorkun frenini tam olarak ya da kısmen çalıştırabilmelidir. Bu fren kademelendirilebilir olmalıdır. Bu fren işlemi normalde çalışmayan bir valf ile yapılıyorsa, valf ancak işlevin Bu nokta şu şekilde yorumlanmalıdır: bütün durumlarda, ana fren sisteminin, aracın hala ana fren sistemi ile fakat ikincil fren sistemi için önceden belirlenmiş bir performansta frenlenebileceğini bir tertibatla (örneğin sınırlayıcı bir valf) donatılması şarttır.
- Doğruluğu sürücü tarafından sürücü kabininden ya da aracın dışından hiçbir takım kullanılmadan denetlenebilecek şekilde takılmalıdır.

- Havalı bağlantı devrelerinin (ya da yerine geçebilecek diğer tür bağlantı devrelerinin) birinde bir arıza olması, arıza en azından otomatik olarak frenlenmesine neden olmadıkça, sürücünün römorkun frenlerini ana veya ikincil, ya da tespit fren sistemi kumandasını kullanarak çalıştırabilmesi tamamen veya kısmen mümkün olmalıdır.
- İki-devreli havalı bağlantı sistemlerinde, aşağıdaki şartlar yerine getiriliyorsa kumandalardaki tarif edilmiş fren kumandası tamamen çalıştırıldığında, besleme hattındaki basınç bunu izleyen iki saniye içinde 1,5 bar seviyesine düşmelidir.
- Besleme devresi en azından 1 bar/s hızıyla boşaldığında römorkun otomatik freni, besleme hattındaki basınç 2 bar seviyesinin altına düşmeden önce çalışmak zorundadır.
- O1 sınıf araçların ana fren sistemleri olmak zorunda değildir. Bununla birlikte, bu sınıfa ait bir römork ana fren sistemine sahipse, O2 sınıf römorklar için gerekli olan şartları yerine getirmelidir.
- O2 sınıf römorklar doğrudan, yarı-doğrudan veya atalet (yığılma) tipi bir ana fren sistemi ile donatılmalıdırlar.
- O3 ve O4 sınıf römorklar, doğrudan veya yarı-doğrudan tipinde bir ana fren sistemi ile donatılmalıdır.
- Ana fren sistemi römorkun tüm tekerleklerine etki etmelidir. Ana fren sisteminin etkisi dingiller arasında orantılı olarak dağıtılmalıdır. Önceden belirlenmiş fren etkinliğine ulaşmak için, gereken fren yüzeyleri tekerleklerle, rijit olarak veya arızaya meydan vermeyecek parçalar vasıtasıyla sabit bağlantılı olmalıdır.
- Frenlerin aşınması elle veya otomatik olarak çalışan ayar tertibatları yardımıyla kolaylıkla dengelenebilmelidir. Ek olarak aktarma ve fren aksamları ve kumanda tertibatı ek hareket yeteneğine sahip olmalı ve gerekirse, frenler ısınmış veya fren balataları belli bir aşınma seviyesine ulaşmış ise, anında ayarlamaya gerek olmadan etkili frenlemeyi sağlayabilecek uygun dengeleme araçlarına sahip olmalıdır. Aşınma ayarları ana fren sistemleri için otomatik olmalıdır. Bununla beraber, O1 ve O2 sınıf araçların arka frenleri için, otomatik ayar tertibatları isteğe bağlıdır. Otomatik aşınma ayar düzenekleri, frenler önce ısıtılıp, ardından soğutulduklarında bile verimli bir frenleme güvencesi sağlayacak şekilde olmalıdır. Ana fren balatalarındaki aşınmayı aracın altından ya da dışından, yalnızca araçla birlikte sağlanan takım ya da donatımlarla, örneğin muayene deliklerini kullanarak mümkün olmalıdır.
- Fren sistemi römork hareket halindeyken çekici bağlantısı ayrıldığında römorku otomatik olarak durdurmalıdır. Bu şart, azami kütlesi 1,5 metrik tonu geçmeyen

römorklarda römork bağlanma parçasına ek olarak, bu bağlantının kopması halinde çeki kolunun yere değmesini engelleyecek ve kopma sonrası belli bir yönlendirmeyi sağlayacak bir ikinci bağlantı (zincir, kablo vb.) bulunuyorsa, geçerli değildir.

- Ana fren sisteminin olması gereken her römorkta, römork çekici araçtan ayrıldığında da tespit freni çalıştırabilir durumda olmalıdır. Tespit frenini aracın yanında yerde duran bir kişi çalıştırabilmelidir. Bununla birlikte, yolcu taşımak için kullanılan römorklarda tespit fren sistemi aracın içinden çalıştırılabilmelidir.
- Römork tespit fren sistemi dışındaki havalı fren sistemini devre dışı bırakan bir düzenele donatılmış ise, ilk bahsedilen tertibat, en geç, römorka basınçlı hava verildikten sonra zorunlu olarak çözme durumuna geri dönmeyecek şekilde tasarımlanmalı ve yapılmalıdır.
- O3 ve O4 sınıf römorklar, belirtilen şartlara uygun olan Anti-blokaj fren sistemiyle donatılmalıdır.
- Yardımcı donanımlar, çalıştıkları sırada ana fren sistemi enerji depolama tertibatı/tertibatları belirlenen çekici aracın asgari besleme basıncının değerinin en az % 80'i kadar bir basıncı koruyacak şekilde beslenmelidir.
- Yardımcı çözme tertibatının veya ilgili boruların kırılması veya hava kaçağı yapması halinde, frenlenmiş tekerleklerin toplam çevresel fren kuvvetleri römork için önceden belirlenen değerin en az %80'i kadar olmalıdır. Bununla birlikte, bu tip kırılma ya da hava kaçaklarının belirtilen özel bir düzeneğine gönderilen kumanda sinyalini etkilemesi halinde bu maddedeki performans şartları uygulanmalıdır.
- Basınçlı hava deposunun dolması esnasında, basıncın 0'dan 0,65 pmax'a yükselmesi için geçen süre olan T1 römork çekmeyen taşıtlarda 3 dakika, römork çeken taşıtlarda 6 dakikayı geçemez.
- Motor çalışmaz durumda depo tam doluyken, frenlerin kullanılmaması halinde depoda basınç düşmesi on dakikada 0,1 bar'ı geçmemelidir.
- Bir römorkta freni hava gücü ile bırakılan bir düzen varsa, römorka tekrar hava verildiğinde zorunlu olarak bu düzen en son çalışmalıdır.

5. MATERYAL VE METOT

5.1. Deney Prosedürlerinin Oluşturulması

Ağır vasıtalarda kullanılan havalı fren sistemlerinin standart testlerini ve araç üzerinde yapılması gereken deneysel analizleri yapabilmek için 2 farklı deney prosedürü oluşturulmuştur.

1. TÜVTÜRK Eskişehir Araç Muayene İstasyonu ekipmanları kullanılarak muayene için bu istasyona gelen havalı fren sistemlerine sahip araçlar üzerinde yapılan deneysel incelemeler
2. Günümüz ağır vasıtalarında kullanılan havalı fren sistemi parçalarından oluşturulan ve çekici römork şeklinde tekerlekli bir panoya sığdırılan deney prosedürü

TÜVTÜRK Eskişehir araç muayene istasyonunda yapılan deneysel incelemede havalı fren sistemlerinin aracın boş ve durur vaziyette performansını test etmek, havalı fren sistemlerinde yol güvenliğine etki eden unsurları araştırmak, kritik öneme sahip bazı parçaların analizini yapmak, yapılan analizler neticesinde sistem güvenilirliğine etki eden durumların araştırılması ve sonuçlar neticesinde ortaya çıkan hata ya da arıza durumunda onarım sürecinde ne tür aksiyonlar alındığının tespiti amaçlanmıştır.

Geliştirilen panoda yapılan deneylerde amaç, havalı fren sistemlerinin standart testlerinin bir bütün olarak değerlendirilmesi ve frenleme anında sistemin etkilerinin tüm parçalarda gözlemlenebilmesidir.

Ayrıca havalı fren sistemlerinde hata/arıza durumunda sistemin basıncının düşmesine neden olan etkenler ile frenlerin hiç tutmaması ya da yeterli tutmasına sebep olan etkenlerin araştırılmasına yönelik çalışmalar planlanmıştır.

5.2. Deneyden Önce Yapılan Hazırlıklar

Geliştirilen pano ve TÜVTÜRK istasyonunda yapılan testler öncesinde Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.4'de yer alan ekipmanlar hazırlanmıştır.

5.3. Deneyde Kullanılan Ekipmanlar ve Özellikleri

5.3.1. Araç durur vaziyette iken yapılması gereken testler

Araç muayene istasyonunda yapılan testlerde kullanılan ekipmanlar Çizelge 5.1’de açıklanmıştır.

Çizelge 5.1. Araç muayene istasyonunda yapılan testlerde kullanılan ekipmanlar

Ekipman	Özellikleri
Deney taşıtları	Havalı fren sistemine sahip, çekici, kamyon, otobüs ve yarı römork
Deneyin yapıldığı servis	TÜVTÜRK Eskişehir araç muayene istasyonu, Avrupa standartlarında muayene hizmeti veren A tipi muayene kuruluşu
Tamburlu fren test cihazı	Fren kuvvetlerini dN cinsinden ölçmek için kullanılan cihaz
Ağırlık simülatörü	Test araçlarına sanal yük vermek ve aks ağırlığını arttırarak araçların yüklü vaziyette fren kuvvetlerini ölçmek için kullanılan cihaz
Basınç Sensörü	Frenleme anında aracın kombi ve membran silindirlerinin içerisinde oluşan frenleme basıncını tespit etmek için kullanılan sensör (bluetooth ile çalışan)
Basınç sensörü bağlama aparatı	Sensörü aracın membran fren silindirlerinde bulunan fren test ucuna bağlamak için kullanılan aparat
Manometreler	Basınç testlerinde değerleri ölçen cihaz
Fren pedalı sabitleme aparatı	Uygulanan fren pedalını sabit tutabilmek ve kademelendirebilmek için fren pedalına bağlanan aparat
Pnömatik ALB’ler için ayarlı manometre	Pnömatik esasına dayalı olarak çalışan yük ayar valfinin performans ölçümlerini yapmak için kullanılan cihaz
Hava hortumları	Fren testlerinde manometreye bağlanan sızdırmaz hortumlar
Fren test cihazı kontrol kumandası	Fren testinde ve testten sonra ölçülen değerlerin programa kaydedilmesini sağlayan ve radyo frekansı mantığında çalışan kumanda
Hava tankı boşaltma aparatı	Dört yollu emniyet kontrol valfinin kontrollerinde araç üzerinde bulunan hava tanklarının 0 bara düşürülmesinde kullanılan yardımcı aparat
Deney araçlarına ait tip etiketleri	Deney araçlarının azami yüklü ağırlığının tespit edildiği fabrika çıkışında takılan etiket
Deney araçlarına ait ALB etiketleri	Deney araçlarının fabrika çıkışındaki ALB değerlerinin yazdığı etiket
Egzoz gazı tahliye sistemi	Testlerin yapılışı esnasında egzoz gazlarının dışarı atılmasını sağlayan sistem

Deneyde kullanılan ekipmanların büyük bir bölümü TÜVTÜRK Eskişehir araç muayene istasyonundan temin edilmiştir. TÜVTÜRK istasyonlarında ölçüm yapan ekipmanların ara kontrol ve kalibrasyon belgelerinin eksiksiz olduğu gözlemlenmiştir. Bu testleri yaparken TÜVTÜRK'te Araç Muayene Teknisyeni olarak çalışan personelden destek alınmıştır. Araç muayene teknisyenleri deneylerin yapılması esnasında test pilotu olarak görev yapmıştır.

Söz konusu deneyler CITA (Uluslararası motorlu taşıtlar muayene kurulu) tarafından yayınlanan talimatlar [33] ve ülkemizde geçerli olan araç muayenesi mevzuatları doğrultusunda gerçekleştirilmiştir.

Deneyde kullanılan taşıtlar

Deney taşıtları olarak birçok farklı marka ve modelden oluşan çekici, kamyon, otobüs ve yarı römork'tan faydalanılmıştır. Deneylerde kullanılan taşıtların teknik özellikleri Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Deney taşıtlarının özellikleri

	Deney aracı 1	Deney aracı 2	Deney aracı 3	Deney aracı 4	Deney aracı 5
Marka	Volvo	Ford	Renault	Mercedes	Man
Model	FH42TB	Cargo	Premium	Actros	TGS 33
Üretim Yılı	2011	2006	2005	2012	2011
Araç sınıfı	N3	N3	N3	N3G	N3G
Araç cinsi	Çekici	Kamyon	Çekici	Çekici	Kamyon
Net ağırlığı	7233 kg	10500 kg	6489 kg	9670 kg	11811
AYA	18000 kg	17800 kg	18000 kg	33000 kg	26000 kg
ALB tipi	Yok	Pnömatik	Yok	Yok	Yok
KM	487465	1049179	693225	53752	94832
Römorku olup olmadığı	Var	Var	Var	Yok	Var
Motor hacmi	13000	-	11116	11946	-
Fren sistemi markası	Wabco	Wabco	Wabco	Wabco	Wabco
1.aks fren sistemi durumu	Diskli – kombi	Kampana - Kombi	Diskli- Membran	Diskli- Membran	Kampana- Membran
2.aks fren sistemi durumu	Diskli - kombi	Kampana - Kombi	Diskli - kombi	Diskli - kombi	Kampana - kombi
3.aks fren sistemi durumu	Yok	Yok	Yok	Diskli - kombi	Kampana - kombi

Çizelge 5.2.(devam) Deney taşıtlarının özellikleri

	Deney aracı 6	Deney aracı 7	Deney aracı 8	Deney aracı 9	Deney aracı 10
Marka	Man	Mercedes	Renault	Sert makina	Krone
Model	Fortuna	Axor	Midliner	Smy3dk	Sd
Üretim Yılı	2006	2013	2001	2013	2011
Araç sınıfı	M3	N3	N3	O4	O4
Araç cinsi	Otobüs	Çekici	İtfaiye	Yarı römork	Yarı römork
Net ağırlığı	15935 kg	7550 kg	6750 kg	6700 kg	5900 kg
AYA	24000 kg	18000 kg	12000 kg	35500 kg	35500 kg
ALB tipi	Yok	Yok	Mekanik	Yok	Yok
KM	775435	101730	28066	-	-
Römorku olup olmadığı	Yok	Var	-	-	-
Fren sistemi markası	Wabco	Wabco	Knorr	Wabco	Wabco
1.aks fren sistemi durumu	Diskli- Membran	Diskli- Membran	Kampana- Membran	Kampana - kombi	Diskli – kombi
2.aks fren sistemi durumu	Diskli – kombi	Diskli – kombi	Kampana - kombi	Kampana - kombi	Diskli – kombi
3.aks fren sistemi durumu	Yok	Yok	Yok	Kampana - kombi	Diskli – kombi

Deneyin yapıldığı servis

Deneyler Türkiye'de resmi araç muayenesinde yetkili ve görevli tek kuruluş olarak uluslararası standartlarda araç muayenesi gerçekleştiren TÜVTÜRK'ün Eskişehir Araç Muayene İstasyonunda (Resim 5.1) yapılmıştır.



Resim 5.1. Eskişehir araç muayene istasyonu

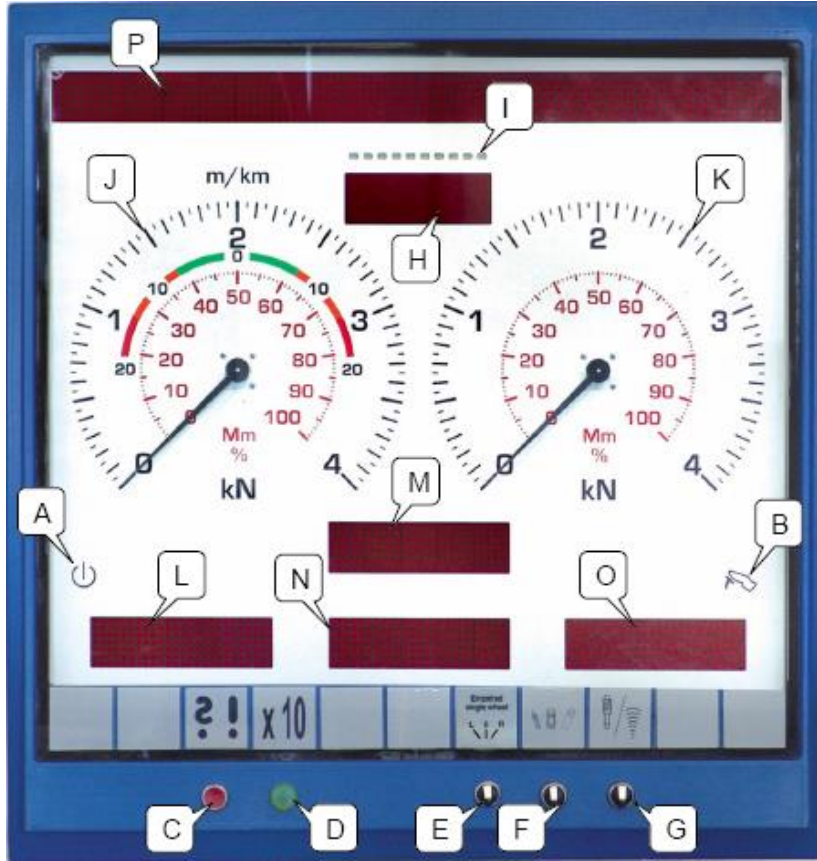
Tamburlu fren test cihazı

MAHA marka 18 ton aks ağırlığına sahip araçlar için fren testi yapma özelliği bulunan tamburlu test cihazıdır (Resim 5.2) İkişer adet 8 ve 40 kN'luk gösterge ekranlarında ölçülen değerler, dört ibreli çok işlevli analog ekran üzerinde geniş bir alanda açıkça görüntülenir. Fren kuvveti farkının ölçülen değerlerinin görüntülediği entegre bir dijital ekran bulunmaktadır. Ayrıca analog kadranların merkezini dörde kadar ek VARIODATA ekranı (örn. Ağırlık, fren hava basıncı ve frenleme oranı) ve üst ekran alanı da kayar metin (operatör yönlendirmesi) bulunmaktadır (Resim 5.3). Çok akslı araçlar için araç testini basitleştiren kablosuz uzaktan kumanda bulunmaktadır. Bu test cihazı, kullanım şekli ve işlevi açısından yoğun araç sirkülasyonu, çeşitli basınçlı fren testlerinin yapılması ve arıza teşhisleri için uygundur [34]. Fren test cihazının standart donanımları aşağıda maddeler halinde, cihazın teknik özellikleri ise Çizelge 5.3'de verilmiştir.

- Anahtarlama elemanlarını (motor koruma anahtarı, bağlı cihaza göre röle veya gerekli anahtar) da içeren, fren test cihazı, amortisör test cihazı ve yanal kayma test cihazı ölçüm değerleri için çok işlevli analog ekran
- Dijital/optik fark gösterimi ve İki VARIODATA dijital ekran
- REC01 kablosuz uzaktan kumanda
- Kilitlenebilir ana şalter
- Yazıcı veya PC için RS 232 ara yüz bağlantısı



Resim 5.2. Fren test cihazı tamburları



A	Güç ışığı	I	% fark led gösterge
B	Teste hazır ışığı	J	Sol analog gösterge
C	Hata giderme butonu ışıklı	K	Sağ analog gösterge
D	10 çarpan lambası	L	Ağırlık dijital gösterge
E	Tek teker ölçüm anahtarı	M	Fren basıncı PM dijital gösterge
F	Motosiklet/binek/ağır vasıta anahtar	N	Fren basıncı PX dijital gösterge
G	Amortisör test anahtarı	O	Frenleme dijital gösterge
H	Fren kuvveti fark göstergesi	P	Kayan yazı

Resim 5.3. Fren test cihazı dijital göstergesi [34].

Çizelge 5.3. Fren test cihazı teknik özellikleri [34].

Teknik Veriler	IW 7 LON Classic
Aks yükü	18 t/20 t
Tahrik gücü	2 x 11 kW
Test hızı	3 km/h (3/6 km/h)
Rulo uzunluğu	1.150 mm
Rulo çapı	265 mm
Akslar arasındaki rulo mesafesi	475 mm
Ekran (G x Y x T)	870x 1060 x 300 mm ölçek çapı 4 x 350 mm
Görüntüleme aralığı	0-8 kN ve 0-40 kN, 0 - 100 mm / %, -20 - + 20 m/km
Elektrik bağlantısı değeri	400 V / 50 Hz 3 P + N + E
Sigorta	63 - 80 A gecikmeli etki

Ağırlık (sanal yük) simülatörü

Ağır vasıtalar üzerinde yapılacak fren testleri normalde yüksüz koşullarda yapılır. Ağır vasıta frenlerinin büyük bir kısmı yüke bağımlı olduğundan, yüksüz bir kamyonun frenleme davranışı, yüklü bir kamyonun davranışından kısmen veya tamamen farklıdır.

Yüklü bir aracın etkilerini simüle etmek ve boş bir aracın yüklenmiş durumda fren davranışlarını test etmek için bir ağırlık simülatörü kullanılabilir. Ağırlık simülatörü kullanılarak aracı makaralar üzerinde aşağıya çekmek ve böylece aracı akslar vasıtasıyla yüklemek mümkündür [35].

Ağırlık simülatörünün resmi ve teknik verileri Resim 5.4’de verilmiştir.



Voltaj beslemesi 400 V, 3 Fazlı, 50 Hz	Dönüş başına kapasite 6 cm ³
Sigorta 16A	Maksimum çalışma basıncı 120 bar
Güç 1.5 kW	Maksimum çekiş gücü 2 x 5t
RPM 1410 dak-1	

Resim 5.4. Ağırlık simülatörü [35]

Basınç sensörü

Ağır vasıta havalı fren sistemlerinde frenleme anında kombi ve membran silindirlere etki eden basıncın ölçülmesi için basınç sensörleri kullanılmıştır (Resim 5.5) Basınç sensörü kullanımda iken, fren test cihazı göstergesine değerler takip edilebilmektedir (Resim 5.6)



Resim 5.5. Basınç sensörleri



Resim 5.6. Basınç sensörü değerlerinin ekran görüntüsü

Basınç sensörü bağlama aparatı

Basınç sensörünün membran fren silindiri test ucuna bağlanması için kullanılan alettir. (Resim 5.7)



Resim 5.7. Basınç sensörünü membran silindire bağlama aparatı

Manometre

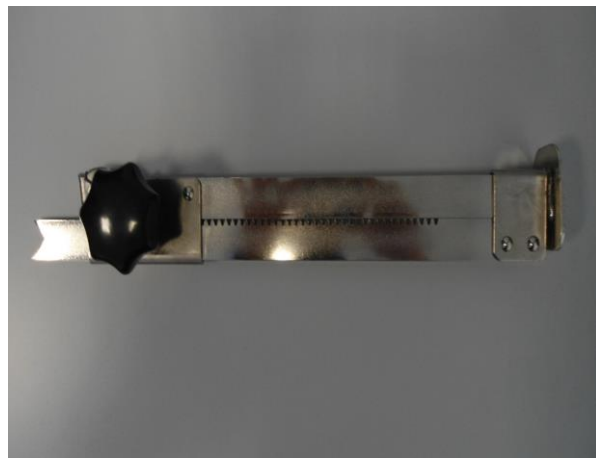
Havalı fren sistemlerinin basınç ve sızdırmazlık kontrollerinin yapılmasında çapı 63 mm ve çapı 100 mm olan iki tip manometre kullanılmıştır (Resim 5.8). apı 63 mm olan manometre arkadan bağlantılı KL 1,6 hassasiyetinde olup 0-10 bar aralığında; çapı 100 mm olan manometre alttan bağlantılı, hassasiyeti KL 1 olup 0-16 bar aralığında çalışan ekipmandır.



Resim 5.8. Manometreler

Fren pedalı sabitleme aparatı

Yapılan ölçümlerde fren pedalına uygulanan pedal kuvvetinin çeşitli basınç değerlerinde sabit tutularak sistemin kontrollerinin bu doğrultuda yapılması gerekmektedir. Sabitleme aparatı fren pedal kuvvetini sabitleyen aпаратыr (Resim 5.9).



Resim 5.9. Pedal sabitleme aparatı

Pnömatik ALB'ler için ayarlı manometre

Ayarlı manometre ALB'nin simüle edilmesi için ALB etiketinde yer alan pnömatik süspansiyon basınç değerlerinin sırayla test edilmesini sağlayan ekipmandır (Resim 5.10).



Resim 5.10. Ayarlı manometre

Hava hortumları

Deney araçlarının membran ya da kombi silindirindeki test ucu ile manometre arasındaki bağlantıların sağlanmasında, basınca dayanıklı ve sızdırmaz hava hortumu kullanılmıştır (Resim 5.11).



Resim 5.11. Hava hortumu

Deney araçlarına ait tip etiketleri

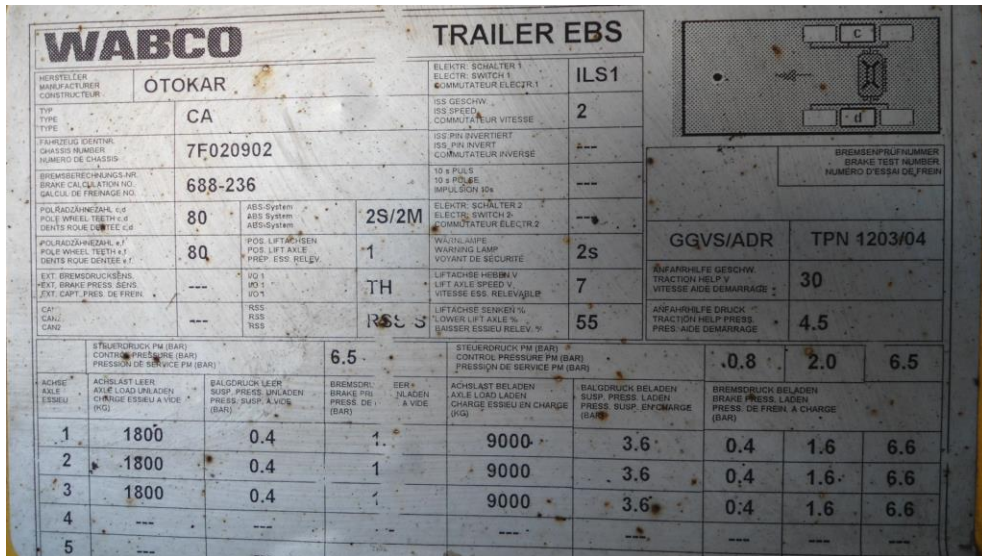
Tip etiketleri, sağ ya da sol kapı iç kaportası gibi aracın görülebilen bir yerine monte edilen, azami yüklü ağırlık, katar ağırlığı ve aks başına düşen ağırlıkların referans değerlerinin yazdığı ve araç üzerinde yer alan etikettir (Resim 5.14).



Resim 5.14. Örnek tip etiketi

Deney araçlarına ait ALB etiketleri

ALB testi esnasında yük ayar ventilinin uygunluğunun referans alındığı etikettir. Araç üzerinde üreticilere bağlı olarak değişkenlik gösteren yerlere monte edilir (Resim 5.15).



Resim 5.15. Örnek ALB etiketi

Egzoz gazı tahliye sistemi

Egzoz gazı tahliye sistemi, dört yollu emniyet kontrol valfi kontrolleri gibi aracın uzun süre çalışması gereken durumlarda testi gerçekleştiren operatörün egzoz gazından etkilenmemesi için kullanılan sistemdir (Resim 5.16).



Resim 5.16. Egzoz gazı tahliye hortumu

5.3.2. Geliştirilen test panosunda kullanılan ekipmanlar

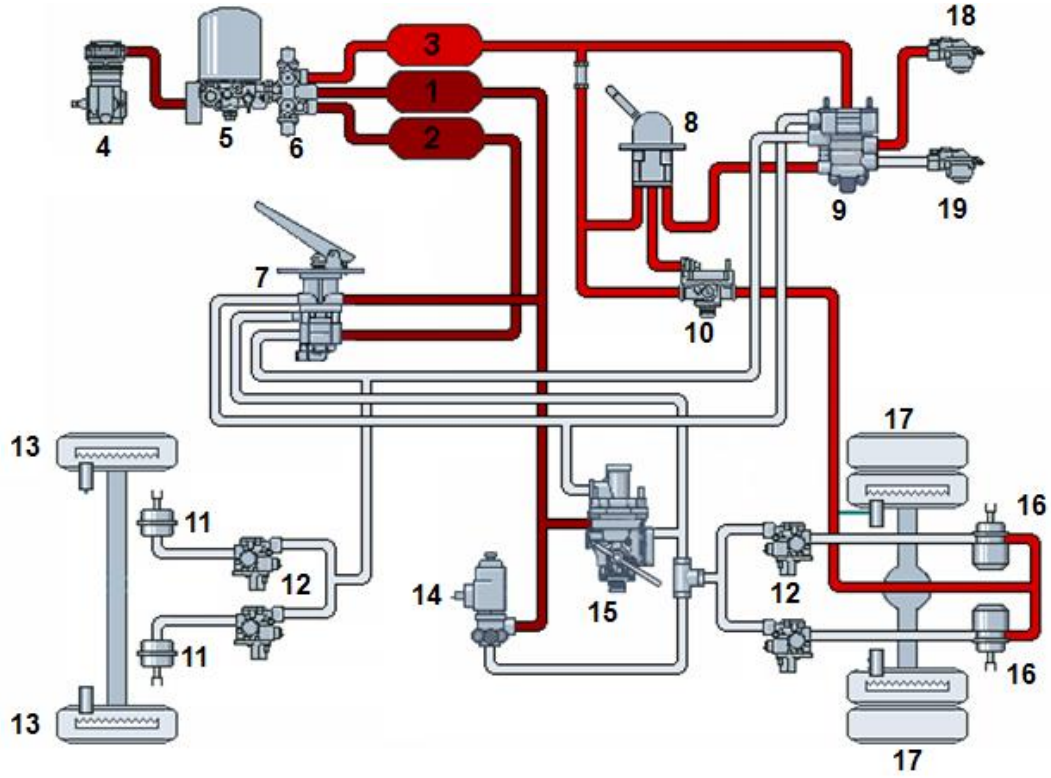
Geliştirilen havalı fren sisteminde kullanılan ekipmanlar Çizelge 5.4’de listelenmiş, panonun komple resmi de Resim 5.17’de verilmiştir. Panonun çekici kısmını oluşturan devre şeması Şekil 5.1’de römork bölümünü oluşturan devre şeması ise Şekil 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.4. Geliştirilen havalı fren sistemi test panosunda kullanılan ekipmanlar

No	Ekipman	Kullanım âdeti
1	Hava kurutuculu tahliye valf	1 adet
2	4 devreli emniyet valfi	1 adet
3	İki devreli fren pedalı valfi ve fren pedalı	1 adet
4	Yüke duyarlı otomatik fren valfi (ALB)	1 adet
5	Römork kontrol valfi	1 adet
6	Acil durum valfi	1 adet
7	Römork için Yüke duyarlı otomatik fren valfi (ALB)	1 adet
8	El freni valfi ve el freni kolu	1 adet
9	Egzoz fren düğmesi	1 adet
10	Egzoz fren pistonu	1 adet
11	Egzoz fren kelebek seti	1 adet
12	Fren tablası	3 adet
13	Diyaframalı fren silindiri	1 adet
14	Kombili fren silindiri	2 adet
15	Jak ve hortum seti	2 adet
16	Manometreler	10 adet
17	Körük ayak bağlantısı	3 adet
18	Hava tankları	4 adet
19	Çek valf	1 adet
20	Parçaların bağlandığı tekerlekli pano (çekici + römork)	2 adet



Resim 5.17. Geliştirilen havalı fren sistemleri test panosu



1	Arka servis fren hattı basınç deposu	11	Membran fren silindirleri
2	Ön servis fren hattı basınç deposu	12	Röle valfler
3	Park freni ve yardımcı sistemler hattı basınç deposu	13	Ön fren tablaları
4	Kompresör	14	Röle valf (ABS'li araçlar için)
5	Hava kurutuculu basınç regülatörü	15	Yüke duyarlı fren valfi
6	Dört devreli emniyet valfi	16	Kombi fren silindirleri
7	İki devreli fren pedal valfi ve fren pedalı	17	Arka fren tablaları
8	El freni kolu	18	Kırmızı kaplin bağlantısı
9	Römork kumanda valfi	19	Sarı kaplin bağlantısı
10	El freni valfi		

Şekil 5.1. Geliştirilen fren test panosu çekici bölümü devre şeması [26].

6. DENEYLER VE TARTIŞMA

Deneyler şu iki farklı metotla yapılmıştır:

- 1- Aracın durur vaziyette test edilmesi için Tüvtürk araç muayene istasyonu donanımları kullanılarak yapılan deneyler
- 2- Havalı fren sistemleri standart testlerinin yapılabilmesi için geliştirilen havalı fren sistemleri test panosunda yapılan deneyler

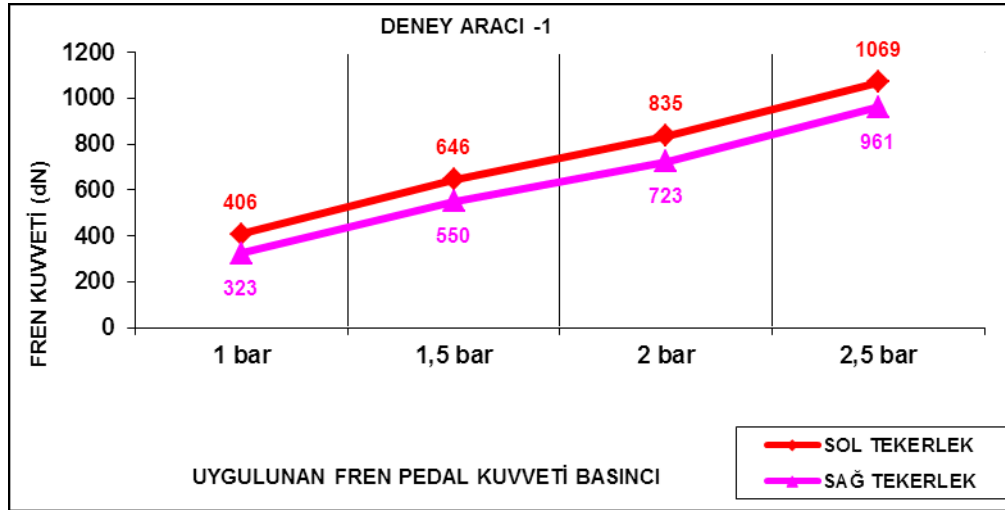
6.1. Eskişehir (Tüvtürk) Araç Muayene İstasyonunda Yapılan Deneyler

6.1.1. Tekerlekte fren etkisinin gözlemlenmesi

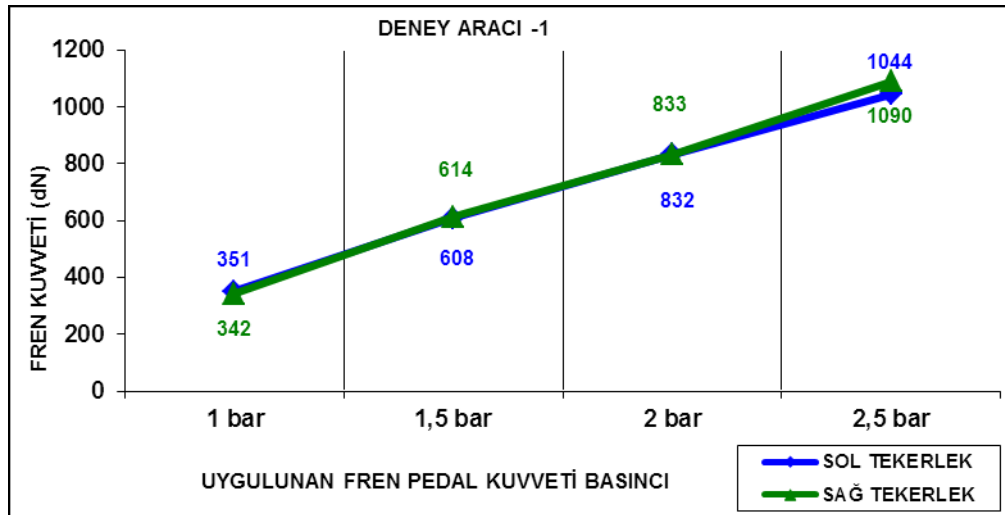
Tamburlu fren test cihazında yapılan testlerde, deney araçları fren test rulolarının üzerindeyken araca uygulanan pedal kuvveti sonucunda fren etkisinin aynı aks üzerinde bulunan tekerleklerde orantılı olarak aynı anda yükselmesi istenilir. Bir tekerlekte diğerine göre daha erken ya da geç frenleme etkisi tespit edilirse, bu durum aracın frenleme güvenliğini etkileyen bir unsur olarak değerlendirilir.

Deney araçlarında tekerleklerde oluşan fren etkisinin gözlemlenmesi için araçlar fren test cihazındayken aracın ön aksında bulunan fren silindiri test ucuna manometre bağlanmış ve bu manometre vasıtasıyla ön aksa etki eden fren pedalı kuvveti tespit edilmiştir. Fren pedalı sabitleme aparatı vasıtasıyla fren pedalı kuvveti 1-2,5 bar arasında 0,5 bar aralıklarla sabit tutularak aracın fren kuvvetleri ölçülmüştür. Ölçülen bu fren kuvvetleri fren test cihazı kontrol kumandası vasıtasıyla sisteme kaydedilmiştir. Fren kuvvetindeki değişimlerin gözlenebilmesi için EK-1’de verilen deney matrisi hazırlanmıştır.

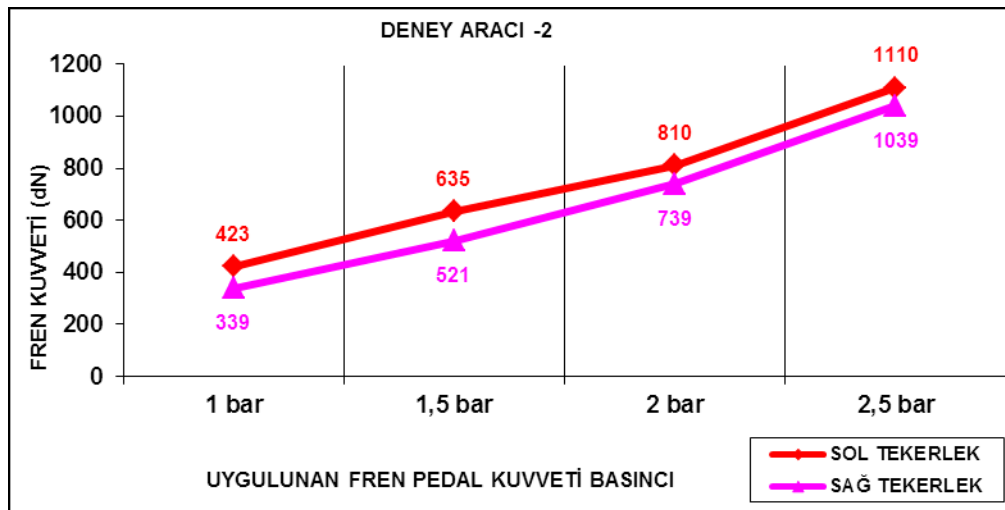
Yapılan bu deneylerde Şekil 6.1 – Şekil 6.20 arasında verilen grafiklerdeki sonuçlara ulaşılmıştır.



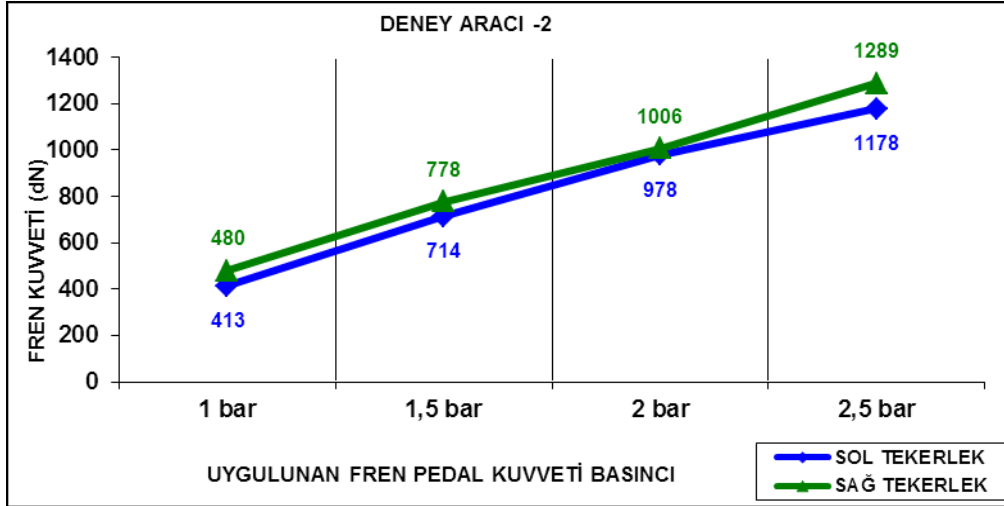
Şekil 6.1. 1. deney aracı 1. aks fren kuvvetleri



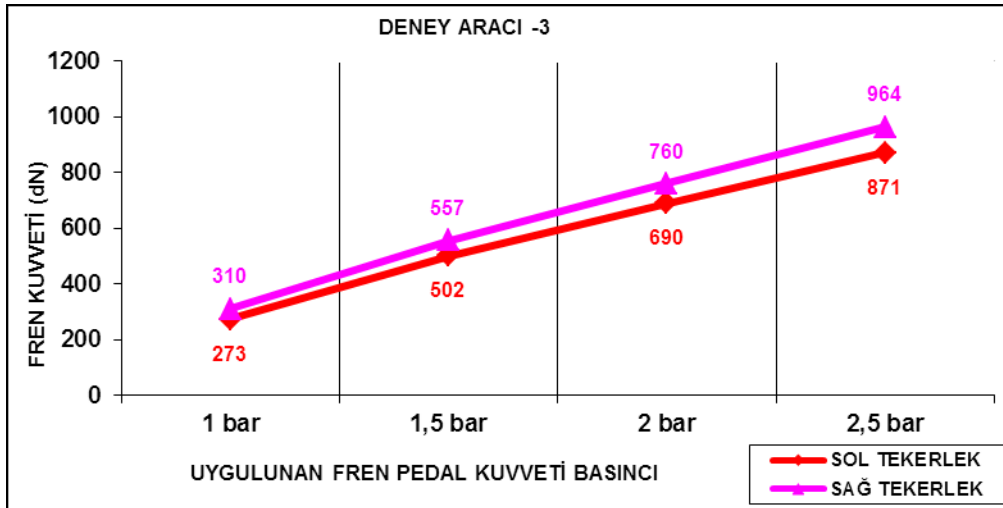
Şekil 6.2. 1.deney aracı 2.aks fren kuvvetleri



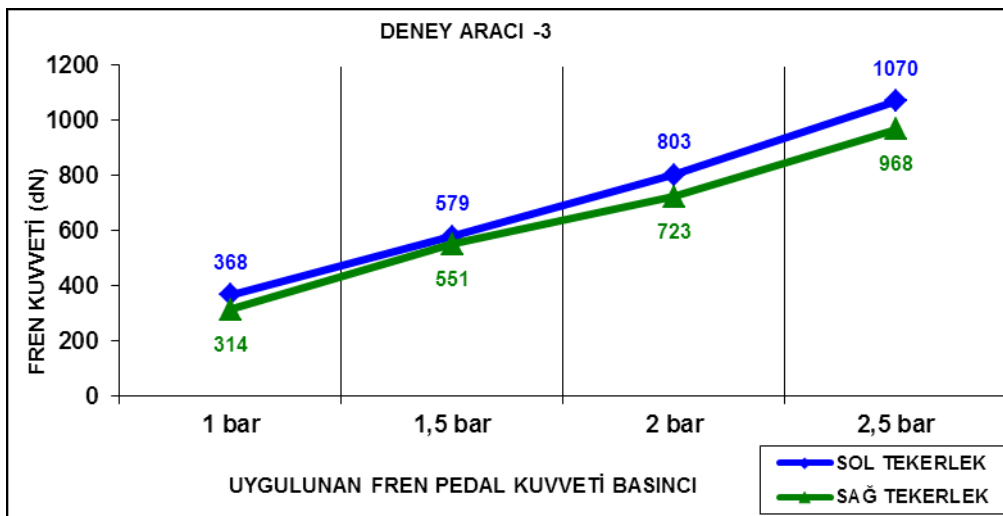
Şekil 6.3. 2.deney aracı 1.aks fren kuvvetleri



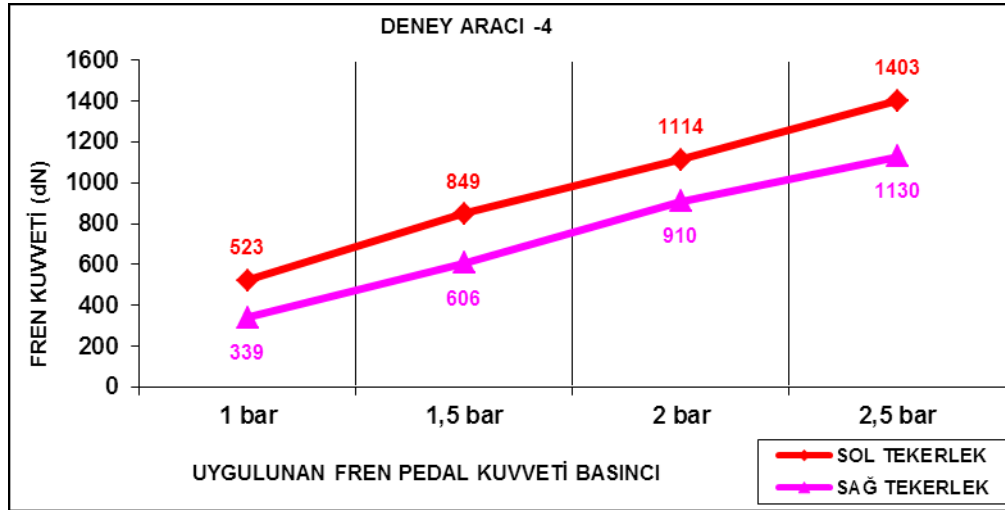
Şekil 6.4. 2.deney aracı 2.aks fren kuvvetleri



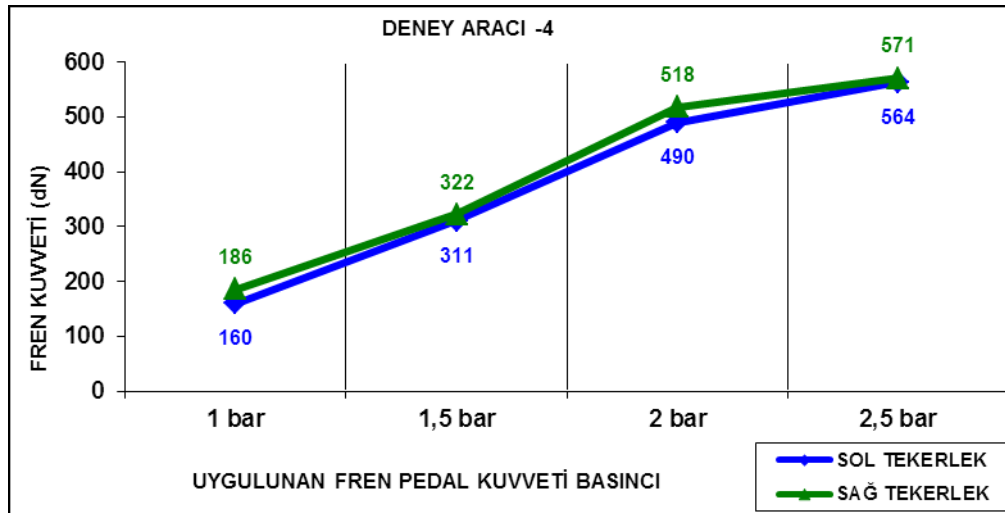
Şekil 6.5. 3.deney aracı 1.aks fren kuvvetleri



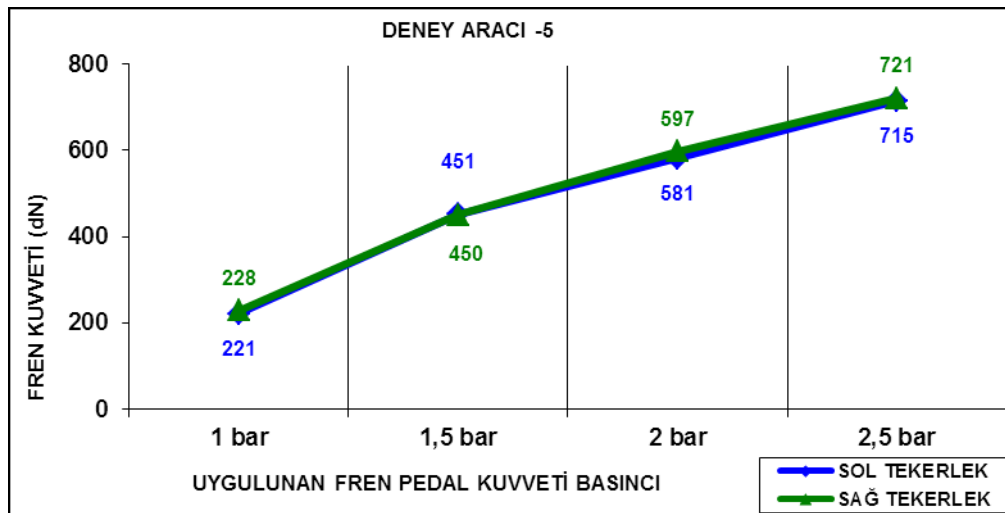
Şekil 6.6. 3.deney aracı 2.aks fren kuvvetleri



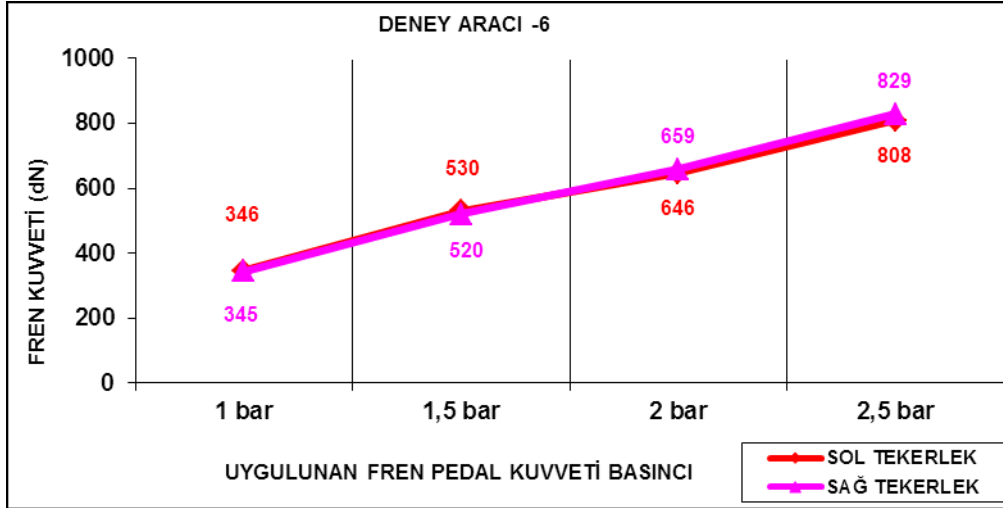
Şekil 6.7. 4.deney aracı 1.aks fren kuvvetleri



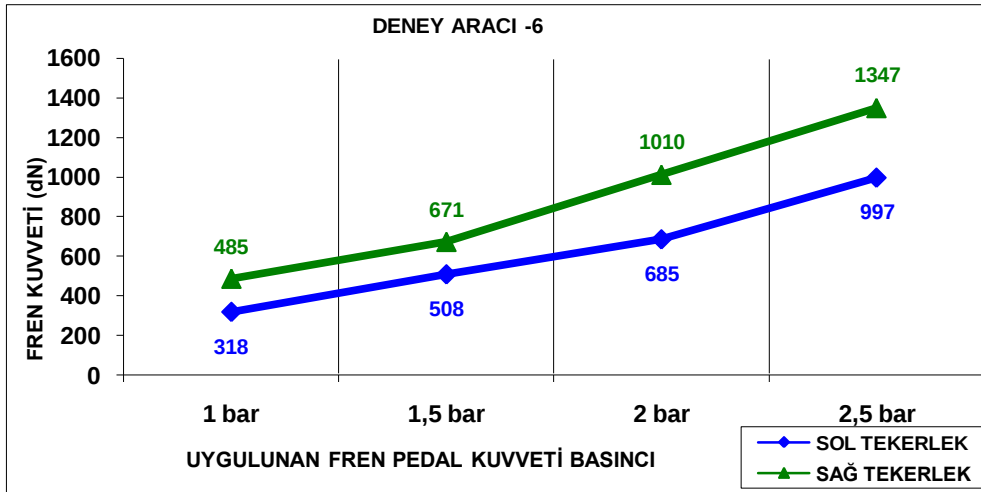
Şekil 6.8. 4.deney aracı 2.aks fren kuvvetleri



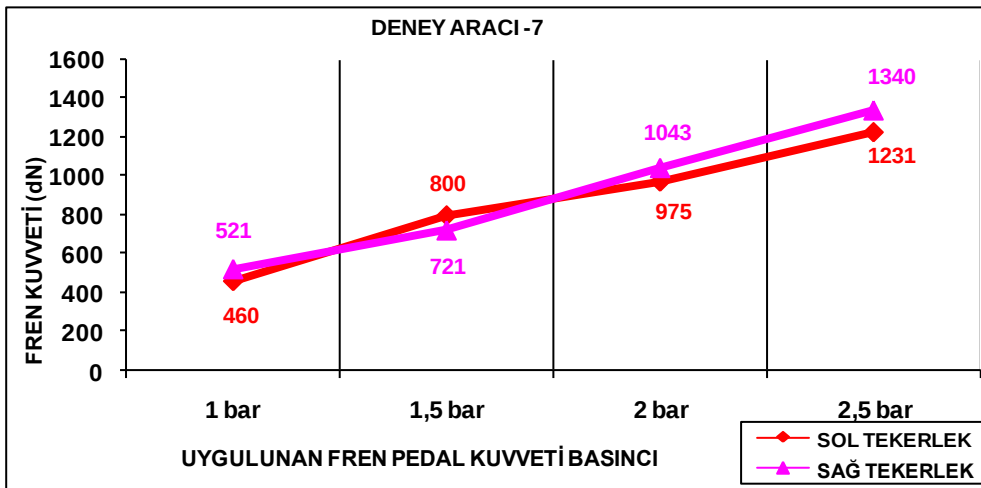
Şekil 6.9. 5.deney aracı 2.aks fren kuvvetleri



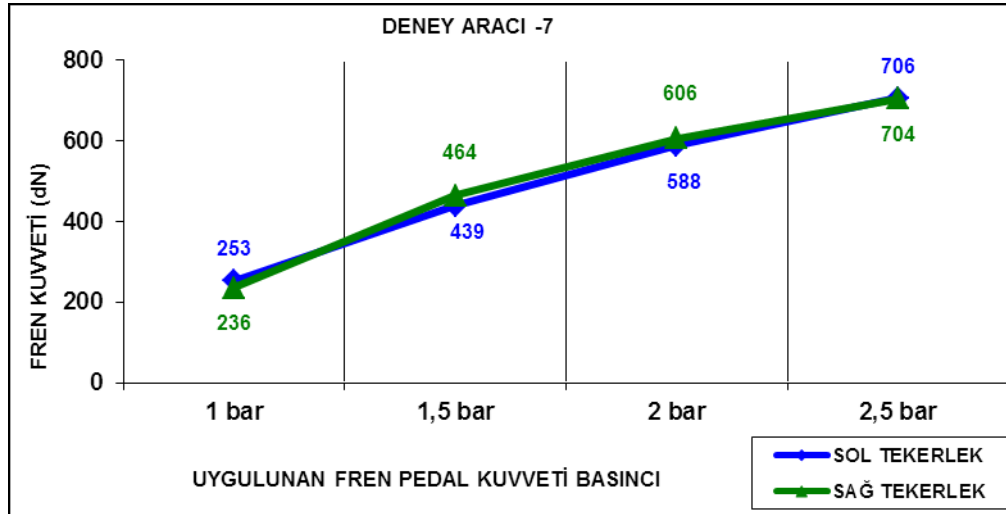
Şekil 6.10. 6.deney aracı 1.aks fren kuvvetleri



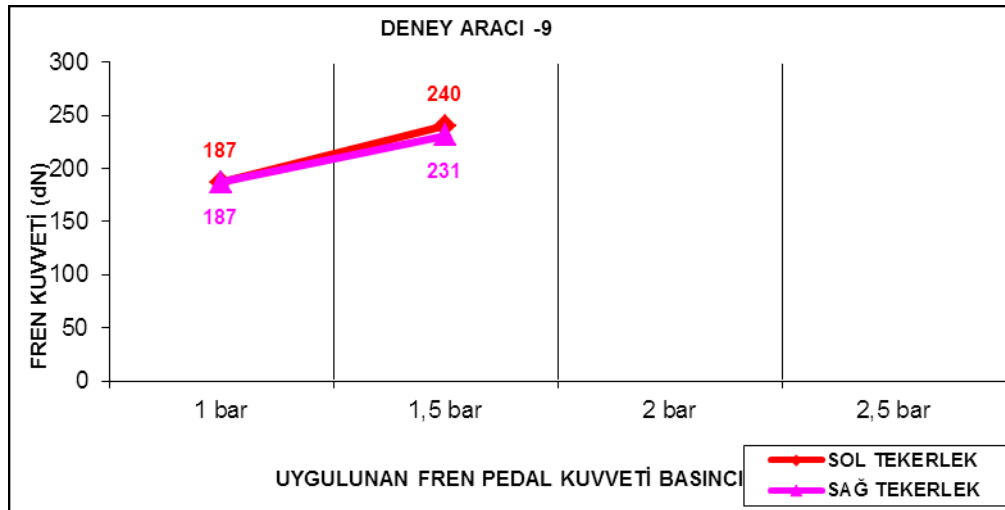
Şekil 6.11. 6.deney aracı 2.aks fren kuvvetleri



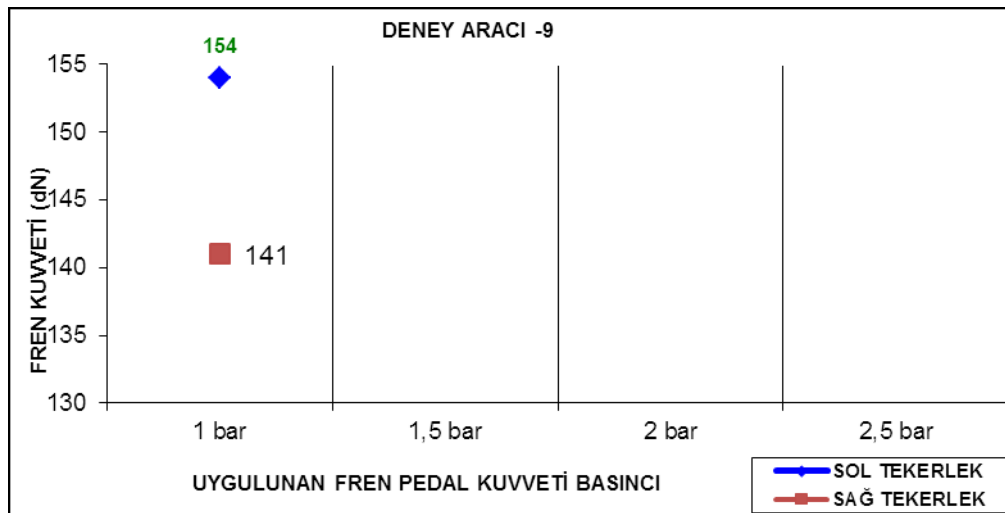
Şekil 6.12. 7.deney aracı 1.aks fren kuvvetleri



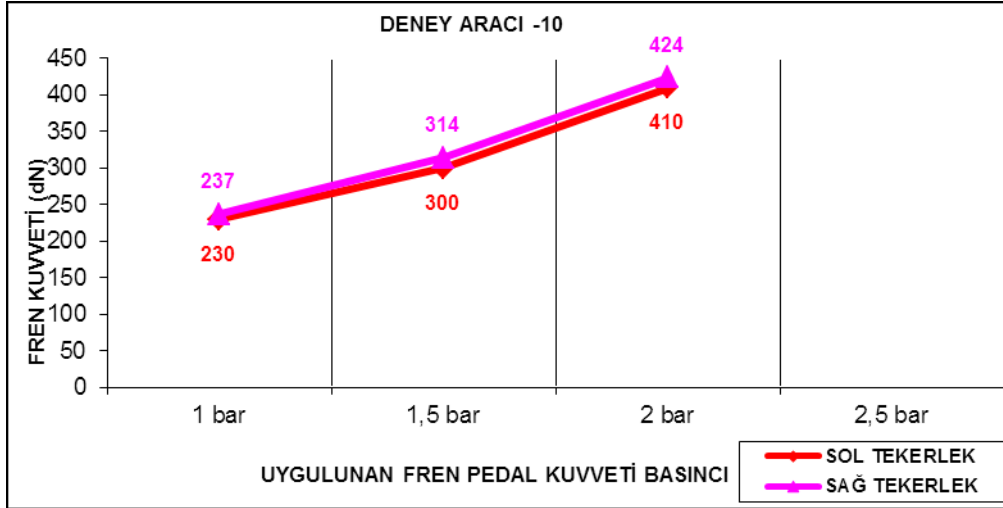
Şekil 6.13. 7.deney aracı 2.aks fren kuvvetleri



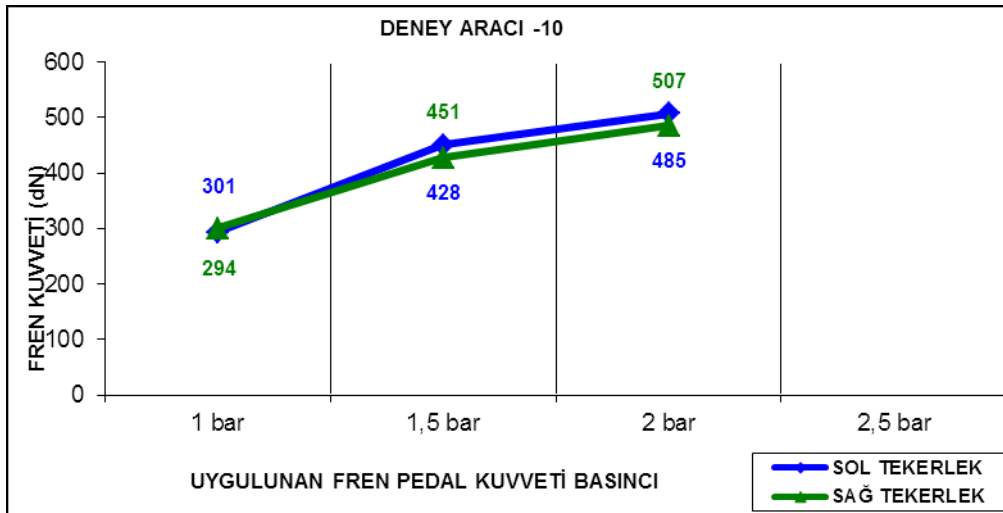
Şekil 6.14. 9.deney aracı 1.aks fren kuvvetleri



Şekil 6.15. 9.deney aracı 2.aks fren kuvvetleri



Şekil 6.16. 10.deney aracı 1.aks fren kuvvetleri

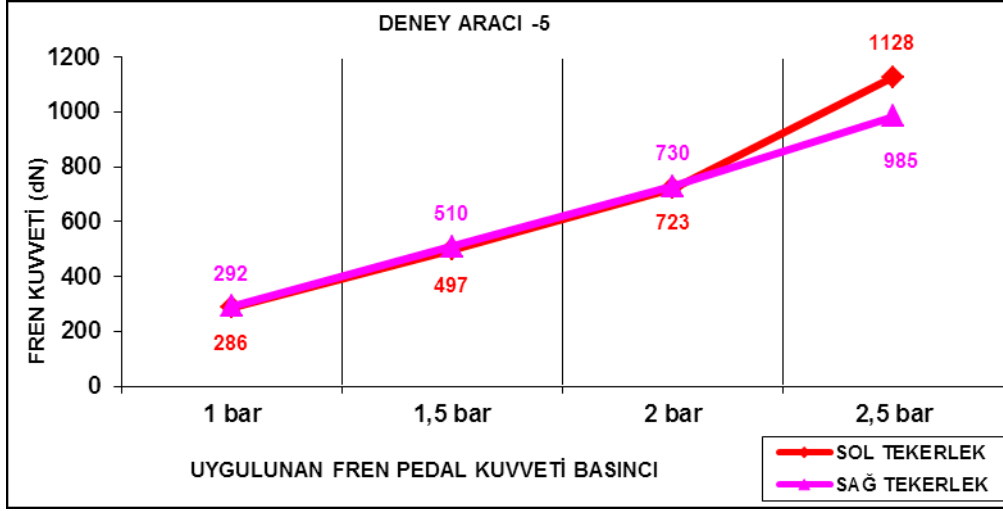


Şekil 6.17. 10.deney aracı 2.aks fren kuvvetleri

7 adet deney aracından alınan veriler neticesinde fren kuvvetlerindeki artışın sağ ve sol tekerleklerde birbirine yakın oranlarda arttığı tespit edilmiştir (Şekil 6.1 – Şekil 6.17 aracıda çıkan grafik sonuçları). Bu araçların fren performanslarının olumlu olduğu gözlenmiştir. 5'nci deney aracının 1'ci aksı (Şekil 6.18) ve 8'nci deney aracının her iki aksında (Şekil 6.19 ve Şekil 6.20) birbiri ile uyumlu olmayan oranlarda fren kuvvetleri artışları tespit edilmiştir.

Fren sisteminde bu olumsuz duruma etki eden etkenler detaylı olarak incelendiğinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

5'nci deney aracının 1'nci aks sağ tekerlekteki fren odasında fren sisteminin sızdırdığı tespit edilmiştir. Sağ ön tekerleğe etki eden fren pedal kuvveti arttıkça fren odasında meydana gelen sızıntıdan dolayı sağ tekerlekteki fren kuvvetindeki artış diğer tekerleğe oranla daha düşük olmuştur. (Şekil 6.18). Bu durum frenleme performansı ve frenleme güvenliği açısından istenilmeyen bir durumdur.

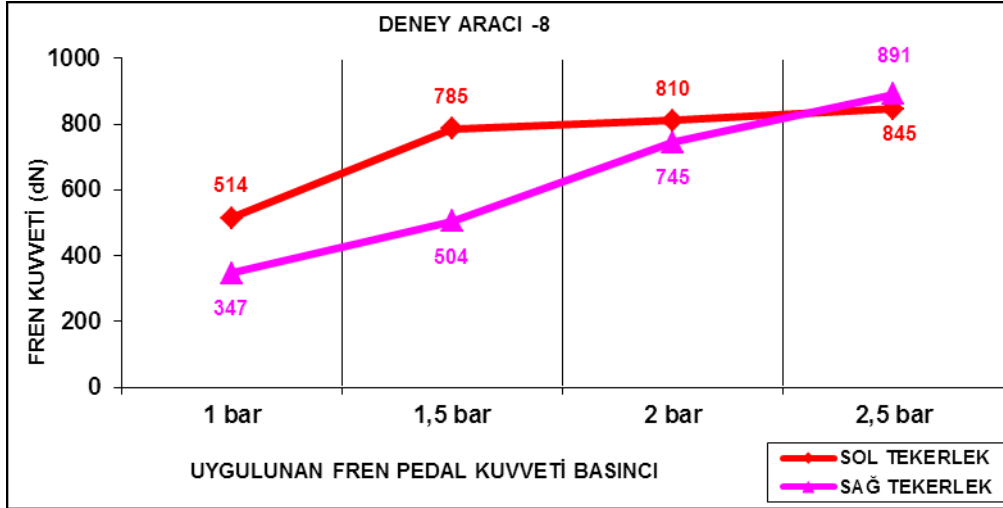


Şekil 6.18. 5.deney aracı 1.aks fren kuvvetleri

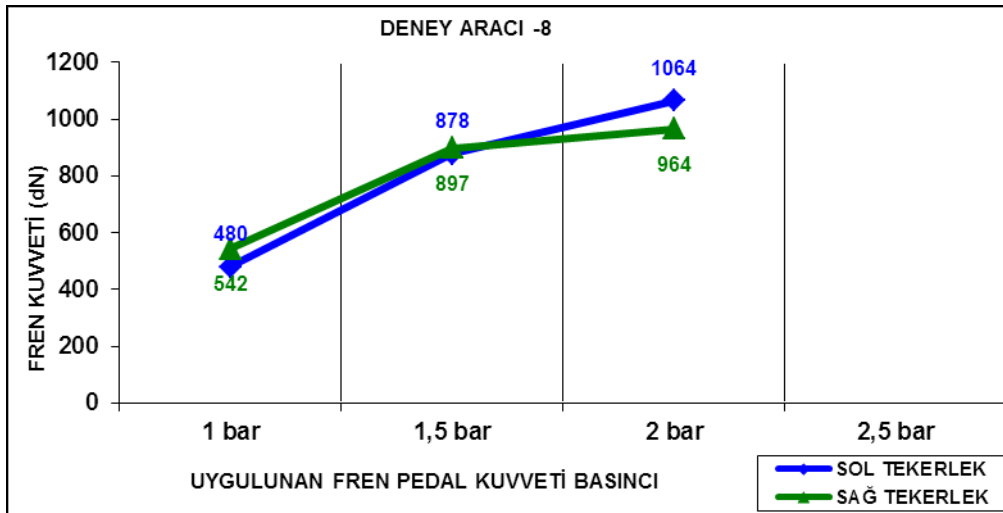
8.deney aracında 1'nci ve 2'nci aksında tespit edilen ve lineer olmayan fren kuvvetleri artışlarının (Şekil 6.19 ve Şekil 6.20) sebebi incelendiğinde 1.aks sol tekerlekteki fren odasında hava kaçağı tespit edilmiştir.

2.aks sağ tekerlekte fren kuvvetlerinde yaşanan bu olumsuz durumun ise fren körüğünün çalışması esnasında görevini tam olarak yerine getirmemesinden kaynaklandığı tespit edilmiştir.

8 numaralı deney aracında hava tüplerinin boşaltılması esnasında sistemde yağ olduğu tespit edilmiştir. Fren sistemlerinde biriken bu yağın sisteme etkilerinin de olumsuz olduğu ve fren kuvvetlerinde yaşanan dengesiz fren kuvvetlerine sebep olduğu düşünülmektedir.



Şekil 6.19. 8.deney aracı 1.aks fren kuvvetleri



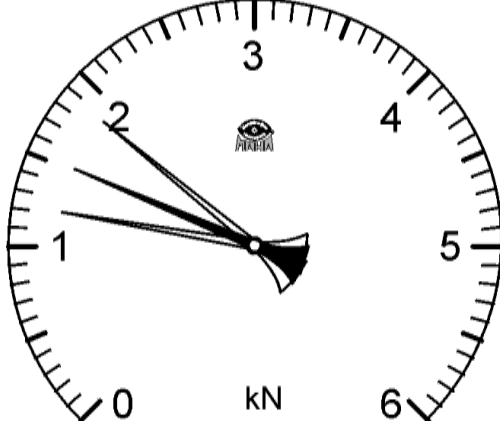
Şekil 6.20. 8.deney aracı 2.aks fren kuvvetleri

6.1.2. Frenleme anında fren kuvvetlerinde oluşan değişkenlik

Frenleme anında disklerde ya da kampanalarda sürtünme meydana gelmektedir. Frenleme sonucu oluşan sürtünme, fren sistemlerinde aşınma, aşırı ısınma, çizilme, burulma ve yüzeyde parlaklık meydana getirmektedir [37].

Fren kuvvetlerinde değişkenlik durumunun tespit edilebilmesi için araç, tamburlu fren test cihazı üzerindeyken maksimum fren kuvvetinin yarısı kadar sabit bir fren kuvveti uygulandığında oluşan fren kuvvetinin de sabit kalması istenilir. Fren kuvveti değerleri, pedal kuvveti değişmediği sürece değişmemelidir. Bu kuvvetler araç fren test cihazı üzerinde iken aşağı ve yukarı yönlerde sürekli değişim gösteriyorsa (Şekil 6.21) disklerin

yüzeylerinin bozulması, kampananın ovalleşmesi gibi istenilmeyen durumlar oluşmuş olabilir. Bu durum etkin frenleme performansını engelleyecektir. Sabit bir pedal kuvveti uygulandığında fren kuvvetlerindeki dalgalanma durumunun analiz edilmesi için EK-2’de verilen deney matrisi hazırlanmıştır.



Şekil 6.21. Fren kuvveti değişkenlik göstergesi

Deney araçlarında bu durum gözlemlenmiş ve deneyden elde edilen bulgular neticesinde 2, 6, 9 ve 10 numaralı deney araçlarında frenleme kuvvetlerinin ölçümü esnasında sabit pedal kuvvetinde fren kuvvetlerinde dalgalanma tespit edilmiştir. Oluşan bu dalgalanmanın onarım sürecindeki aksiyonları incelenmiş olup istenilmeyen bu fren kuvveti değişimlerinin disk ve kampana yüzeylerinde oluşan ovallikten kaynaklandığı tespit edilmiştir. 2 ve 10 numaralı deney araçlarının disk yüzeylerindeki bozulmanın tornalama metodu ile giderildiği, 6 ve 9 numaralı deney araçlarının da kampana yüzeyinde tornalama işlemi uygulanarak ovallik sorununun giderildiği tespit edilmiştir.

6.1.3. Servis freni ve park freni sapma değerlerinin kontrolü

Aynı aks üzerinde sağ ve sol tekerlerin fren kuvveti farkı sapma olarak adlandırılır. (6.1)’de verilen formülde görüleceği gibi fren kuvveti sapması, sağ ve sol tekerlekler arasındaki fren kuvveti farkının büyük olan fren kuvvetine bölünerek elde edilen değerin 100 ile çarpılması sonucu bulunur.

$$N_{\text{sapma}} = \frac{[F_{\text{max}} - F_{\text{min}}]}{F_{\text{max}}} \times 100 \quad (6.1)$$

Servis freni kontrol edilirken fren pedalına kademeli olarak maksimum frenlemeye ulaşıncaya kadar basılıp test cihazından alınan ölçüm sonucunda aynı aks üzerindeki sağ ve sol tekerlek fren kuvveti farkının (fren sapması) **%30**'dan fazla olmaması beklenir (Çizelge 6.1). Sağ ve sol teker fren kuvvetleri birbirine eşit veya yakın olmalıdır (Şekil 6.22).

El freni kontrol edilirken ise el freni kademeli olarak maksimum frenlemeye ulaşana kadar çekilir. Bir tekerlekteki frenleme kuvveti, aynı dingildeki diğer tekerlekte kaydedilen en yüksek değer **% 70**' inden daha fazla olmamalıdır (Çizelge 6.1).

Çizelge 6.1. Türkiye mevzuatına göre servis ve park fren kuvvetleri sapma değerleri üst sınır tablosu [31]

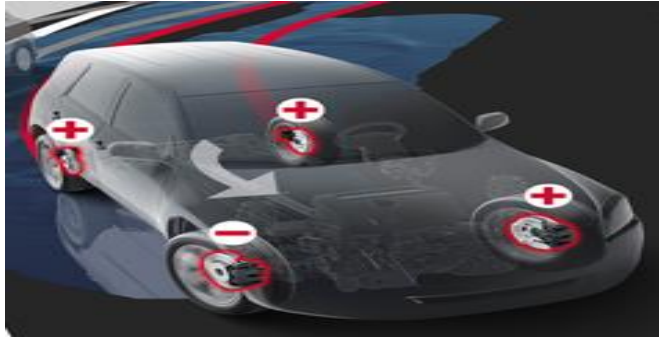
Taşıt sınıfı	Taşıt sınıfının açıklaması	Servis freni sapma değeri	Park freni sapma değeri
1	Yolcu taşımak için kullanılan ve sürücü koltuğu haricinde 8'den fazla koltuğu olan motorlu taşıtlar	% 30	% 70
2	Yük taşımak için kullanılan ve azami müsaade edilebilir ağırlığı 3500 kilogramdan fazla olan motorlu taşıtlar	% 30	% 70
3	Azami müsaade edilebilir ağırlığı 3500 kilogramdan fazla olan römorklar ve yarı römorklar	% 30	% 70
4	Taksiler ve ambulanslar	% 30	% 70
5	Normal olarak karayolunda yük taşımak için kullanılan ve azami müsaade edilebilir ağırlığı 3500 kilogramdan az olan tarım ve orman traktörleri haricindeki en az dört tekerlekli motorlu ve motorsuz taşıtlar	% 30	% 70
6	Yolcu taşımak için kullanılan ve sürücü koltuğu haricinde 8'den az koltuğu olan en az dört tekerlekli motorlu taşıtlar	% 30	% 70

Özellikle servis freninde bu değerlerin sınır değerler içerisinde kalması büyük önem arz etmektedir. Ani frenleme ihtiyacında aynı aks üzerindeki bulunan tekerleklerde dengeli bir frenleme kuvveti sağlanamaması durumunda aracın dengesiz frenleme sonucu hâkimiyeti kaybolacaktır. Son zamanlarda otomotiv firmalarının önemli yatırım alanında olan bu durum denge kontrol sistemleri (Şekil 6.23) sayesinde tekerleklerde bulunan fren

sistemlerine aracın ihtiyacı olduğu kadar fren basıncı gönderilmesi sonucunda özellikle virajlarda dengeli ve güvenli frenleme etkisi sağlamaktadır.



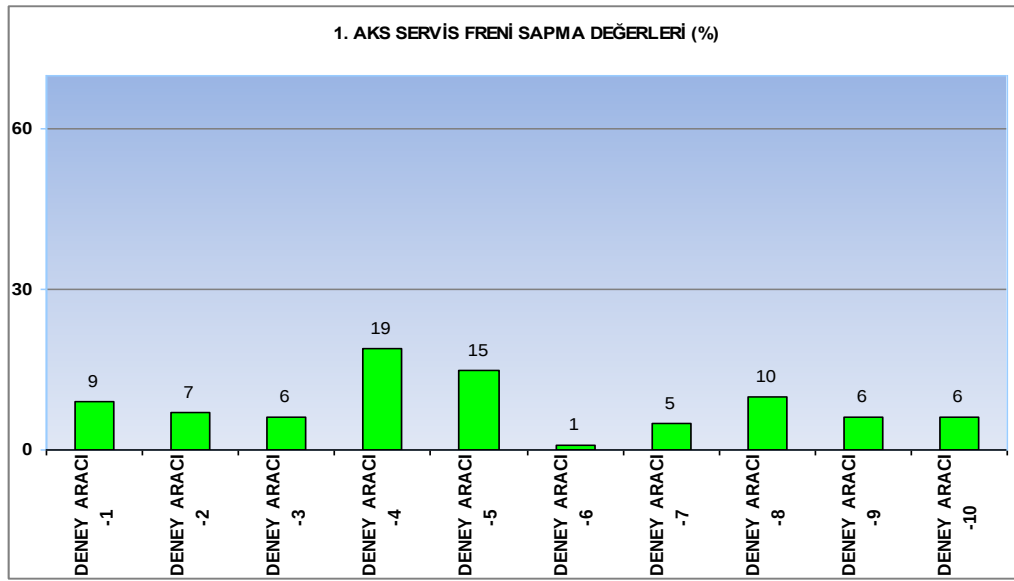
Şekil 6.22. Fren kuvvetleri analog göstergesi



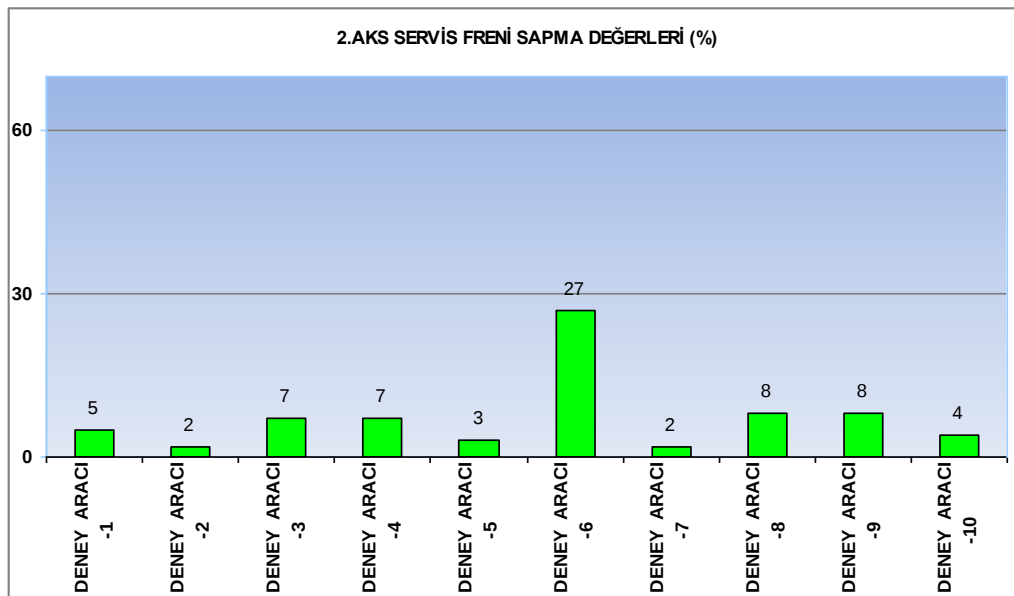
Şekil 6.23. Denge kontrol sistemleri simülasyonu

10 adet deney aracından alınan veriler neticesinde EK-3’de sunulan deney matrisi hazırlanarak, sapma oranlarıyla ilgili Şekil 6.24, Şekil 6.25 ve Şekil 6.26’da verilen grafiklerdeki durumlar tespit edilmiştir. 7.deney aracında fabrika çıkışından itibaren balata ve disklerin hiç değiştirilmediği ve orijinal olduğu tespit edilmiştir. Her iki dingilde de orijinal balata ile disk bulunması ve hiç değiştirilmemiş olmasının sapma değerlerine olumlu yansıdığı düşünülmektedir. Fren kuvvetlerinde oluşan sapma değerlerinin onarım sürecinde alınan aksiyonları fren test cihazına sahip olan atölyelerde ki yetkili kişiler ile görüşülerek araştırılmıştır. Fren test cihazlarında sapma değeri yasal sınırın üzerinde tespit edilen araçların onarım sürecinde ilk olarak aynı aksta bulunan disk ve kampana ölçülerinin aynı standarda getirilerek çözüm üretildiği belirtilmiştir. Diskli frenlerde kaliper ve kaliper kızaklarının düzgün çalışmaması, disk ve balataların tek tekerlekte ya da iki tekerlekte birden ömrünü tamamlamış olması, hava hortumlarında yağ birikintisi sebebiyle tıkanıklık olması ve özellikle frenlemenin etkisini gösterdiği fren odası bölgesinde kaçak olmasının fren kuvvetlerinde sapma değerlerinde artışa sebep olduğu tespit edilmiştir.

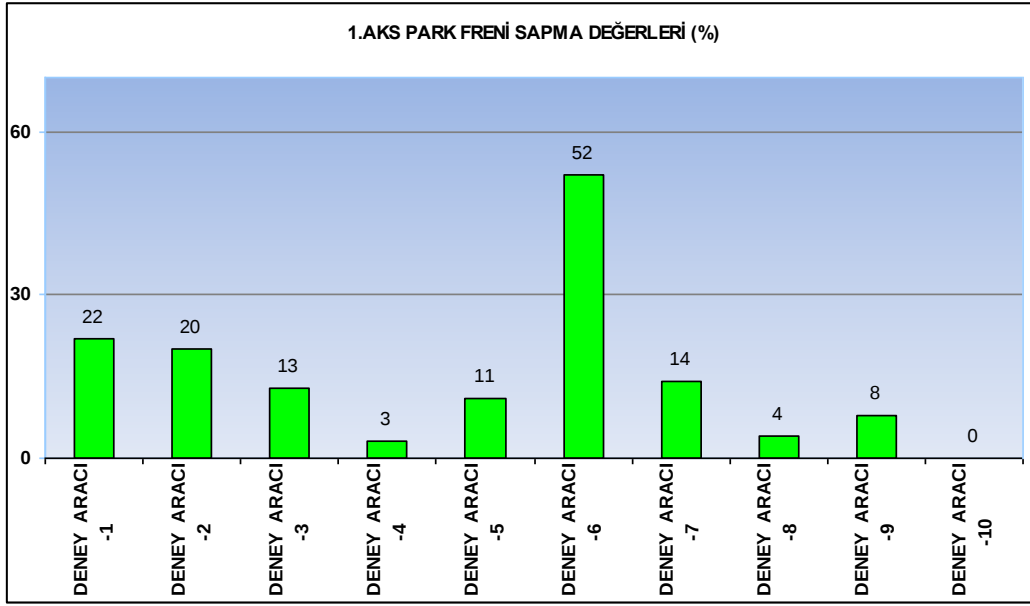
Araçların özellikle aynı aksta bulunan balata, disk ya da kampanalarının değişim zamanının yine aynı zamanda yapılması gereklidir. Aynı ölçülerde olmayan disk, kampana ya da balatalar zamanla sapma değerlerini artırmaktadır. Fren kuvvetlerinde sapma oluşumuna sebep olan etkenlerin tespit edilmesi aşamasında bundan sonraki süreçte sapma değeri 0 ya da yasal sınırların altında çıkan (Çizelge 6.1) araçlarda aynı aksta bulunan kampana ya da disk ölçüleri ölçülerek değerlerin birbirleriyle ne kadar uyumlu olduğu tespit edilebilir.



Şekil 6.24. 1. aks servis fren kuvvetleri sapma değerleri



Şekil 6.25. 2. aks servis fren kuvvetleri sapma değerleri



Şekil 6.26. 1. aks el fren kuvvetleri sapma değerleri

6.1.4. Asgari işletme ve asgari park fren verimleri

Aracın durma mesafesini etkileyen en önemli faktörlerden birisi fren verimidir. Fren testleri, yol testleri şeklinde olabileceği gibi, daha kısa sürede ve daha çok verinin alınabildiği test cihazlarında da yapılabilmektedir. Yol testlerinin uzun zaman alması, özel test alanları gerektirmesi gibi zorluklar nedeniyle, fren test cihazları üzerinde yapılan ölçümler ve elde edilen verilere göre yapılan fren verim hesaplamaları daha uygun olmaktadır [38]. Fren verimi, frenleme kuvvetinin taşıt düşey ağırlığına oranı olarak tanımlanmıştır. Türkiye’de fren verim yasal alt sınırlarını gösteren değerleri Çizelge 6.2’de verilmiştir.

Araç tamburlu fren test cihazında iken frenleme yapılarak araç tekerleklerinin hareket yönüne zıt bir kuvvet oluşturulur. Bu kuvvet aracı durdurmak ya da yavaşlatmak için oluşturulan dirençtir. Oluşan bu dirence frenleme kuvveti denir. Frenleme kuvvetleri ölçümü yapıldıktan sonra frenlerin etkili olduğu tüm tekerleklerdeki frenleme kuvvetleri cihaza işlenir. Fren kuvvetinin etkinliğinin tespit edilebilmesi için aracın azami yüklü ağırlığının da hesaplamalara dahil edilmesi gerekmektedir. Frenleme kuvvetleri, frenleme yapılan aracın toplam ağırlığına eşit olursa buradaki frenleme verimi % 100 anlamına gelmektedir. Aracın azami yüklü ağırlığına araca ait tescil belgesi ya da aracın üzerindeki tip etiketinden ulaşılır. Fren verim testleri yapılırken araç azami yüklü durumda olmalı ya da azami yüklü duruma yük simülatörü ile simüle edilmelidir.

Basınç test ucu bulunmayan havalı fren sistemlerinde ve park freni ölçümlerinde fren verimi (6.2) numaralı formülde de verildiği gibi toplam frenleme kuvvetlerinin aracın azami yüklü ağırlığının bölünmesiyle elde edilir:

$$\eta_{\text{servis-park}} = \frac{\sum F}{AYA} \times 100 \quad (6.2)$$

Araçta bulunan fren silindirleri üzerinde frenleme anındaki basıncın tespit edilebileceği test uçları bulunması durumunda fren verim hesabına ölçülen bu basıncın da dahil edilmesi gerekir. Bu durumda fren verimi;

$$\eta_{\text{servis}} = \frac{(F_1 \times \dot{I}_1) + (F_2 \times \dot{I}_2) + \dots + (F_n \times \dot{I}_n)}{AYA} \times 100 \quad (6.3)$$

biçiminde yazılabilir.

Aynı aks üzerindeki tekerleklerle etki eden fren basınçlarıyla hesaplanan ve (6.3) numaralı formülde kullanılan interpolasyon katsayıları (6.4)'de verilen formül ile hesaplanır. Bu formülde hesaplama basıncı olarak adlandırılan (P_n) değeri, frenlemeden sonra düşen sistem basıncını tolere etmek için aracın kompresörünün devreye girdiği andaki basınç değeridir.

$$\dot{I} = \frac{P_n - 0,4}{P_x - 0,4} \quad (6.4)$$

Çizelge 6.2. Servis ve park fren verim değerleri alt sınır tablosu [31]

Taşıt sınıfı	Taşıt sınıfının açıklaması	Servis freni verim değeri	Park freni verim değeri
1	Yolcu taşımak için kullanılan ve sürücü koltuğu haricinde 8’den fazla koltuğu olan motorlu taşıtlar	% 50	%16
		ABS ile donatılmamış sınıf 1 araçlar ve tip onayı 01.10.1991’den önce onaylanan taşıtlar için % 48	
2	Yük taşımak için kullanılan ve azami müsaade edilebilir ağırlığı 3500 kilogramdan fazla olan motorlu taşıtlar	% 43	% 16
		1988 yılından sonra tescil edilmiş taşıtlar için % 45	
3	Azami müsaade edilebilir ağırlığı 3500 kilogramdan fazla olan römorklar ve yarı römorklar	% 40	% 16
		1988 tarihinden sonra tescil edilmiş yarı römorklar ve çekme çubuklu römorklar için % 43	Çekici ile birlikte olursa % 12
4	Taksiler ve ambulanslar	% 50	% 16
5	Normal olarak karayolunda yük taşımak için kullanılan ve azami müsaade edilebilir ağırlığı 3500 kilogramdan az olan tarım ve orman traktörleri haricindeki en az dört tekerlekli motorlu ve motorsuz taşıtlar	% 45	% 16
		1988 tarihinden sonra tescil edilmiş sınıf 5 taşıtlar için % 50	
6	Yolcu taşımak için kullanılan ve sürücü koltuğu haricinde 8’den az koltuğu olan en az dört tekerlekli motorlu taşıtlar	% 50	% 16

Deney araçlarında yapılan ölçümlerde elde edilen verim oranları Çizelge 6.3’de verilmiştir.

Çizelge 6.3. Deney araçlarında tespit edilen fren verim değerleri

Deney aracı	Aks durumu	Fren test cihazından ele edilen veriler					
		Sol tekerlek fren kuvveti (dN)	Sağ tekerlek fren kuvveti (dN)	Blokaj	Basınç sensörü ile ölçülen basınç değerleri (bar)	Ölçülen Hesaplam a basıncı (bar)	Hesaplanan verim (%)
Deney aracı – 1	1.aks	1750	1588	Var	4,3	8	77
Deney aracı – 1	2. aks	1236	1301	Var	3,0		
Deney aracı – 1	3. aks	-	-	-	-		
Deney aracı – 1	1. aks el freni	1526	1191	Var	-	-	27
Deney aracı – 1	2. aks el freni	1124	1177	Var	-		
Deney aracı – 2	1.aks	1123	1039	Var	1,9	6,5	84
Deney aracı – 2	2. aks	2060	2019	Var	4,5		
Deney aracı – 2	3. aks	-	-	-	-		
Deney aracı – 2	1. aks el freni	757	952	Var	-	-	27,8
Deney aracı – 2	2. aks el freni	1858	1389	Var	-		
Deney aracı – 3	1.aks	1415	1500	Var	3,8	7	65,3
Deney aracı – 3	2. aks	1194	1116	Var	2,9		
Deney aracı – 3	3. aks	-	-	-	-		
Deney aracı – 3	1. aks el freni	1112	967	Var	-	-	11,55
Deney aracı – 3	2. aks el freni	-	-	-	-		
Deney aracı – 4	1.aks	1402	1130	Var	2,5	8	75,5
Deney aracı – 4	2. aks	565	607	Var	2,5		
Deney aracı – 4	3. aks	440	494	Var	1,7		
Deney aracı – 4	1. aks el freni	522	504	Var	-	-	7,62
Deney aracı – 4	2. aks el freni	396	483	Var	-		
Deney aracı – 5	1.aks	1579	1345	Var	4,2	7,5	48,3
Deney aracı – 5	2. aks	878	905	Var	4,1		
Deney aracı – 5	3. aks	882	975	Var	4,0		
Deney aracı – 5	1. aks el freni	856	761	Var	-	-	12,4
Deney aracı – 5	2. aks el freni	856	752	Var	-		

Çizelge 6.3. (devam) Deney araçlarında tespit edilen fren verim değerleri

Deney aracı	Aks durumu	Fren test cihazından ele edilen veriler					
		Sol tekerlek fren kuvveti (dN)	Sağ tekerlek fren kuvveti (dN)	Blokaj	Basınç sensörü ile ölçülen basınç değerleri (bar)	Ölçülen Hesaplam a basıncı (bar)	Hesaplanan verim (%)
Deney aracı – 6	1.aks	1154	1162	Var	3,8	8,0	69,90
Deney aracı – 6	2. aks	1646	2246	Var	5,4		
Deney aracı – 6	3. aks	914	880	Var	2,8		
Deney aracı – 6	1. aks el freni	1607	1381	Var	-	-	18,42
Deney aracı – 6	2. aks el freni	968	467	Var	-		
Deney aracı – 7	1.aks	1376	1447	Var	2,9	8,0	76,90
Deney aracı – 7	2. aks	787	804	Var	2,7		
Deney aracı – 7	3. aks	-	-	-	-		
Deney aracı – 7	1. aks el freni	-	-	-	-	-	5,32
Deney aracı – 7	2. aks el freni	443	516	Var	-		
Deney aracı – 8	1.aks	857	952	Var	4,0	8,0	63,35
Deney aracı – 8	2. aks	809	884	Var	3,8		
Deney aracı – 8	3. aks	-	-		-		
Deney aracı – 8	1. aks el freni	639	665	Var	-	-	10,86
Deney aracı – 8	2. aks el freni	-	-	Var	-		
Deney aracı – 9	1.aks	256	241	Var	1,6	6,5	36
Deney aracı – 9	2. aks	260	240	Var	1,4		
Deney aracı – 9	3. aks	329	272	Var	1,6		
Deney aracı – 9	1. aks el freni	187	203	Var	-	-	5,5
Deney aracı – 9	2. aks el freni	246	222	Var	-		
Deney aracı – 9	3.aks el freni	268	194	Var	-		
Deney aracı – 10	1.aks	414	440	Var	2,2	6,5	47,30
Deney aracı – 10	2. aks	507	485	Var	2,0		
Deney aracı – 10	3. aks	244	216	Var	1,0		
Deney aracı – 10	1. aks el freni	413	413	Var	-	-	9,0

Deney araçlarının yüksüz olması sebebiyle tekerlekler fren blokajına küçük bir fren kuvvetinde ulaşmaktadır. Bu durum da el freni verim oranlarına olumsuz yansımaktadır. Araçlar yük simülatörü kullanılarak ya da yüklü olarak test edildiğinde verim oranlarının arttığı tespit edilmiştir. Fren verimlerinin istenilen seviyede çıkması için araçlarda yük ayar ventilinin (ALB) mutlaka istenilen değerlerde çalışması gerekmektedir.

6.1.5. Pnömatik ALB testi

Binek araçlarda limitörün yaptığı görevi havalı fren sistemine sahip araçlarda ALB yapar (Resim 6.1). Yüke bağlı olarak arka aksa bulunan fren kuvvetlerini ayarlayan bu parçanın kontrolleri son derece önemlidir. Deney taşıtlarının ALB etiketinden yüksüz ve maksimum yüklü ağırlık servis fren basınç değerleri, süspansiyon körükleri hava basınç değerleri ve sistemin test basınç değeri alınır. ALB'nin kontrol ucuna ayarlı manometre çıkışından bağlantı yapılır. Ayarlı manometre giriş ucuna basınçlı hava kaynağından (kompresörden) bağlantı yapılır. Ön ve arka fren silindirleri test uçlarına manometre bağlanır.

ALB simülasyonu için, ALB etiketinden alınan süspansiyon basınç değerlerinden (yüksüz, yüklü, tam yüklü) sırasıyla ayarlı manometre kullanılarak ALB kontrol ucuna basınçlı hava uygulanır. Buradaki amaç normalde süspansiyon körüklerinden ALB'nin algıladığı basınca bağlı yük durumunu ayarlı manometre ile simülasyonunu sağlamaktır.



Resim 6.1. Pnömatik ALB

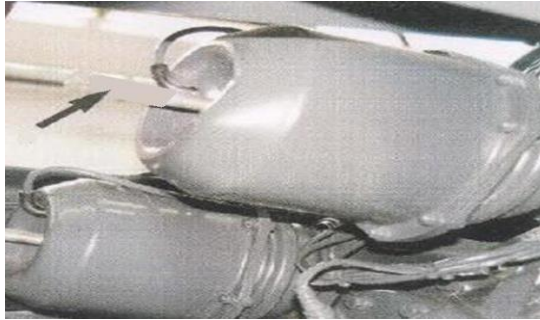
ALB kontrol ucuna ayarlı manometre ile simülasyon basıncı verildikten sonra ALB'nin simüle edilen her basınç değeri için etikette belirtilen ön aks basınç değeri kadar fren pedalına basılarak aynı anda arka aks fren silindiri basınç değeri manometreden okunarak ALB etiketinden okunan değer ile karşılaştırması yapılır. ALB etiketinde belirtilen tolerans değeri dikkate alınarak değerlendirme yapılır. ALB'nin fabrika çıkış etiketinde verilen çalışma değerlerini yakalaması özellikle fren performansı ve güvenliği açısından son derece önemlidir. 2. numaralı deney aracında ALB tespit edilmiştir. Diğer araçlarda ALB'nin görevini EBS'li sistemler yapmaktadır. Deney aracından elde edilen veriler Çizelge 6.4.'de ve deney aracına ait ALB etiketi ise EK-5'de verilmiştir.

Çizelge 6.4. Pnömatik ALB testi sonuç tablosu

Deney aracı	ALB etiketi aks ağırlığı	ALB etiketi giriş basıncı (körük basıncı)	ALB etiketi ön aks fren silindirine uygulanacak basınç	ALB etiketine göre arka akstan alınması gereken basınç	Ölçülen arka aks basınç değeri
Deney aracı 2	2400 kg	0,8 bar	6,5 bar	2,5 bar	2,7 bar
Deney aracı 2	11000 kg	6,3 bar	6,5 bar	6,5 bar	6,4 bar

6.1.6. Römork park fren tertibatı kontrolü

Römork kombi fren silindirlerinin (Resim 6.2) yay kurma tertibatına ait mekanik çözme mekanizmasının kurulmamış ve yay pozisyonları serbest konumda olduğu kontrol edilir.



Resim 6.2. Römork kombi fren silindiri

Römork kombi fren silindirleri römork üzerinde bulunan römork freni çözme (kırmızı) butonu kullanılarak kombi fren silindiri içerisinde yayın önünde bulunan hava tahliye edilir ve römork kombi fren silindirleri yay etkisi ile devreye girer (Resim 6.3).



Resim 6.3. Römork park fren butonu

Römork üzerinde bulunan siyah buton kullanılarak kombi fren silindiri içerisine hava alınarak yay etkisi ile devreye giren römork park freni devreden çıkarılmış olur. Römork üzerinde bulunan bu butonlar aracılığı ile park freni devreye alınıp devreden çıkarılamıyorsa mekanik yay sisteminin çalışmadığı tespit edilmiş olur.

2 adet deney aracında yapılan kontrollerde römork park fren tertibatının çalıştığı gözlemlenmiştir. Römork park freni butonuna basıldığında 3 dingilli olan deney araçlarının 3 dingilinde de fren etkisi oluşmuştur. İlgili regülasyon gereği bu sistemin bulunma zorunluluğu 31.07.2004 tarihinden sonra üretilen römorklarda vardır. Bu tarihten önce üretilen römork ve yarı römork araçlarda özellikle araç park halindeyken büyük bir risk bulunmaktadır.

6.1.7. Kompresörün çalışma basıncı analizi

Havalı fren sisteminin çalışması için gerekli alt çalışma basıncı üretici tarafından belirlenir. Bu basınç mevzuatta belirtilen (4 bar) değerin altında olamaz. Sistemin emniyetli çalışması için gerekli hava her zaman hava tankında hazır bulunmalıdır. Hava tankındaki basınç alt çalışma basıncına düştüğünde kompresör devreye girerek tankı doldurur. Kompresörde arıza olması, kompresörün devreye girmemesi veya fren sisteminde aşırı sızıntı olması gibi sebeplerle tank basıncının emniyetli çalışma seviyesinin altına düşmesi durumunda sürücüye sesli ve görsel ikaz verilir.

Emniyetli çalışma basınç seviyesinin testi için, hava tankları dolu durumda, kontak anahtarı açık durumda iken hava tankı boşaltılır. Bu sırada aracın manometrelerinden veya hava tankı test ucuna manometre bağlanarak basınç düşümü izlenir. Tank basıncı emniyetli çalışma basıncının altına düştüğünde araç içerisinde sürücüyü uyaracak görsel ve sesli ikazların çalışıp çalışmadığı kontrol edilir (Şekil 6.27).



Şekil 6.27. Hava tankı düşük basınç uyarı göstergesi

Kompresörün çalışma basınç aralığı tespiti

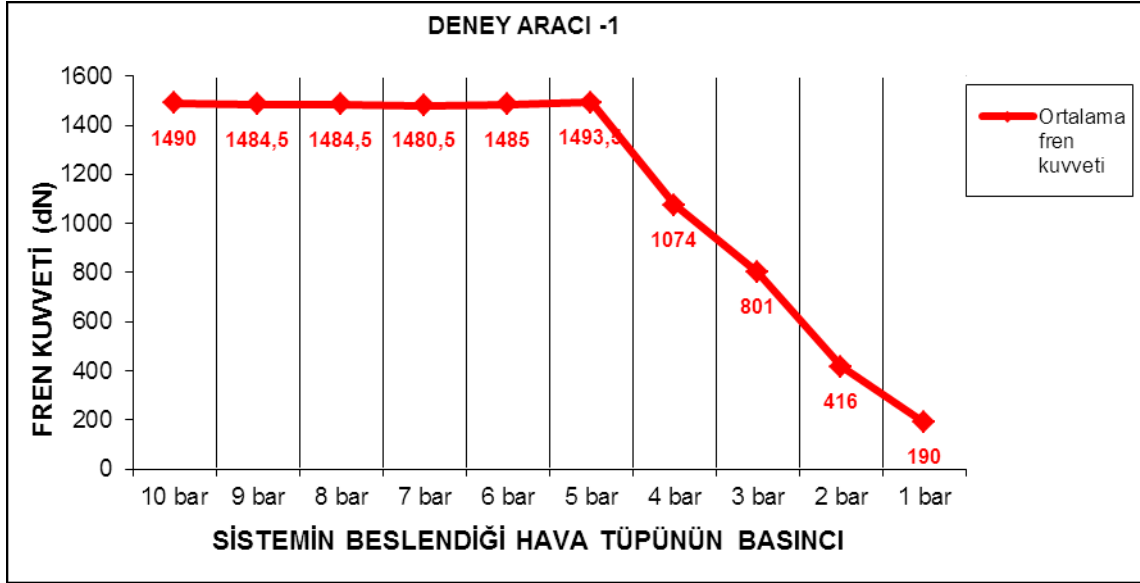
Deney araçlarında yapılan ölçümlerde kompresörün devreye girme ve kesme basınçlarıyla ilgili tespitler yapılmıştır. Yapılan bu deneye ait sonuçlar Çizelge 6.5’de sunulmuştur.

Çizelge 6.5. Deney araçlarında tespit edilen çalışma basınç aralıkları

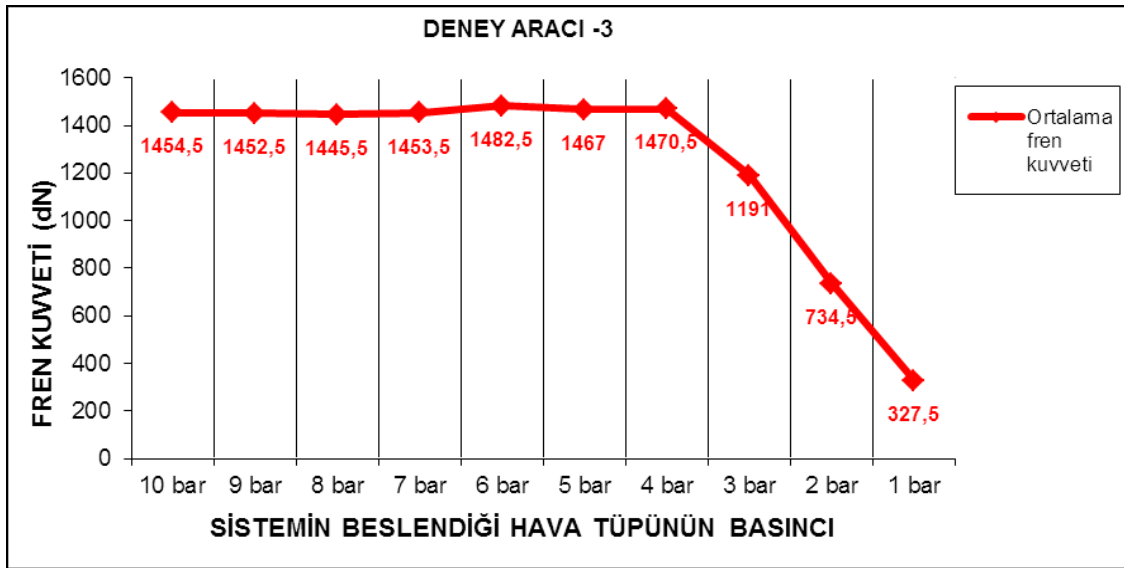
Deney aracı	Fiili olarak yapılan testlerde kompresörün devreye girme ve kesme basınçları tespiti	
	Kompresörün devreye girme basıncı (bar)	Kompresörün devreden çıkma (kesme)basıncı (bar)
Deney aracı – 1	8	11,5
Deney aracı – 2	6,5	8
Deney aracı – 3	7	11
Deney aracı – 4	8	10,5
Deney aracı – 5	7,5	11,5
Deney aracı – 6	8	11,5
Deney aracı – 7	8	10,5
Deney aracı – 8	8	10,5
Deney aracı – 9	Kompresörsüz araç	
Deney aracı – 10	Kompresörsüz araç	

Maksimum fren kuvvetine ulaşmak için ihtiyaç duyulan basınç analizi

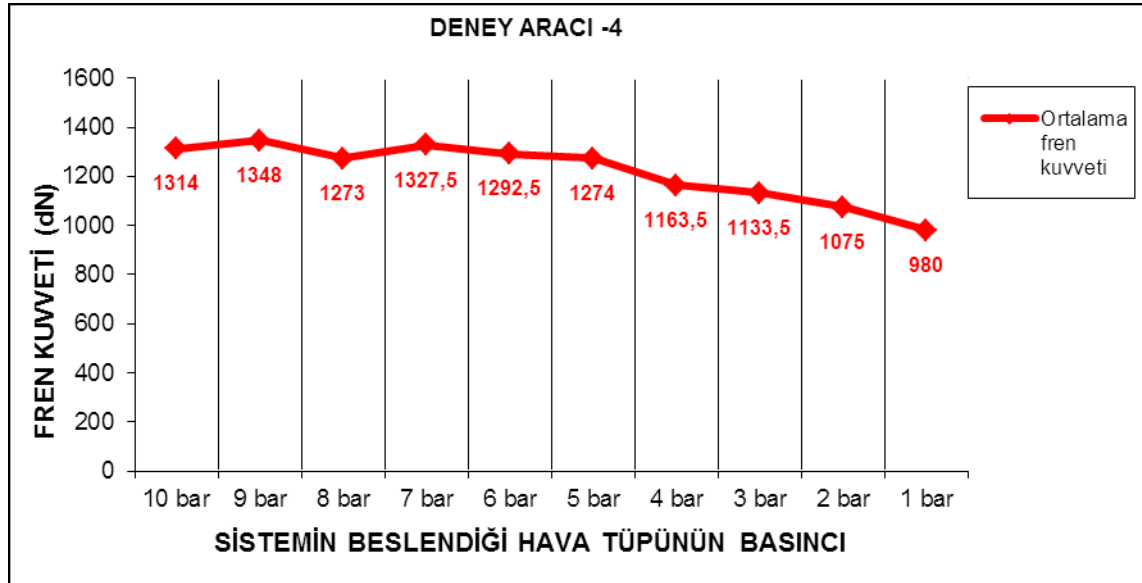
Kompresöre sahip 7 adet deney aracında yapılan analizlerde akslara etki eden fren tüpünde 10 bar basınçtan başlayarak 1’er bar basınç düşümü sağlanarak 1 bar basınca kadar fren kuvvetleri ölçümü yapılmıştır. 2.deney aracının her iki aksında kombi fren silindiri bulunması ve basıncın 4 barın altına düşmesinden sonra kombi fren silindirlerinde yayın tansiyonunun düşmesi sebebi ile otomatik olarak frenleme yapması sonucu bu ölçüm yapılamamıştır. Yapılan ölçümlerde maksimum frenleme kuvvetine ulaşmak için tüpte kaç barlık bir basınç olması gerektiği ve sistemin kaç barlık bir tüp basıncından sonra frenleme kuvvetinde azalma olduğu tespit edilmiştir. EK-4’de verilen deney matrisi hazırlanmış ve deney araçları ile yapılan ölçümlerde Şekil 6.28 – 6.34’de verilen sonuçlara ulaşılmıştır.



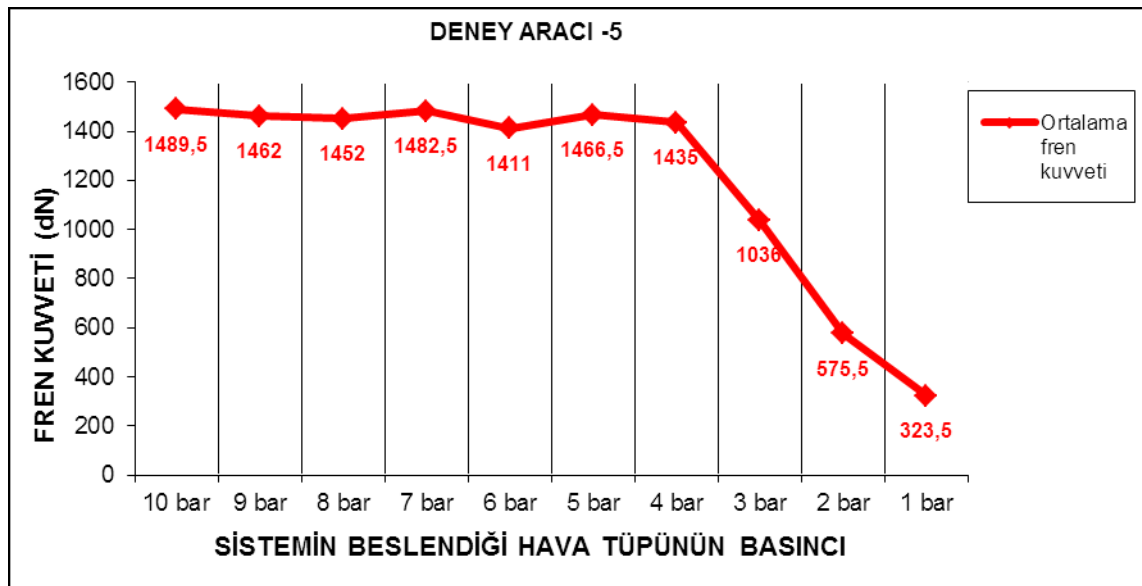
Şekil 6.28. 1. deney aracı tüp basıncına göre fren kuvveti analizi grafiği



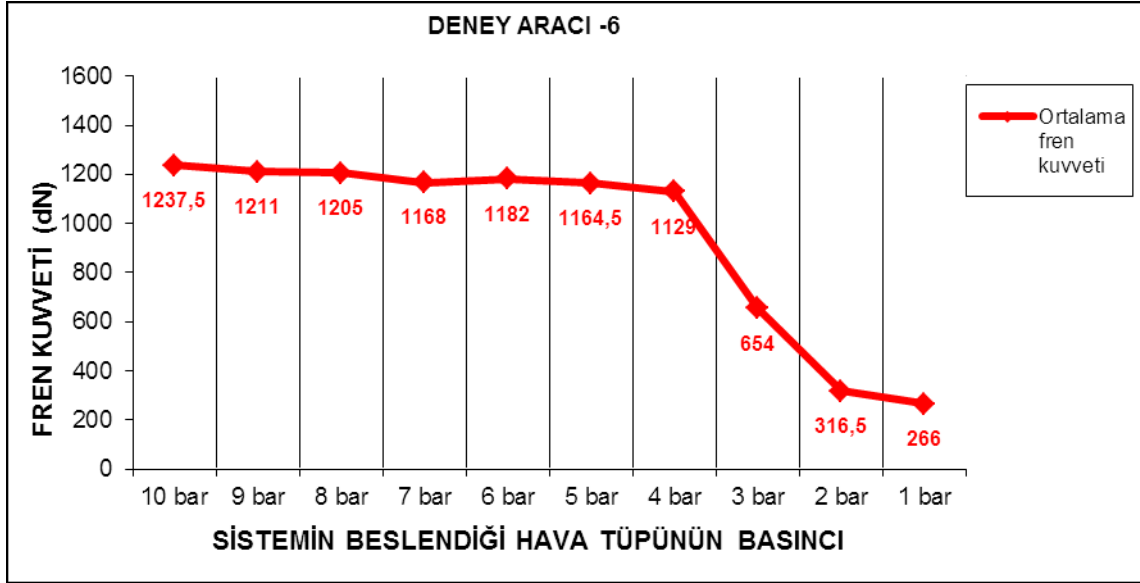
Şekil 6.29. 3. deney aracı tüp basıncına göre fren kuvveti analizi grafiği



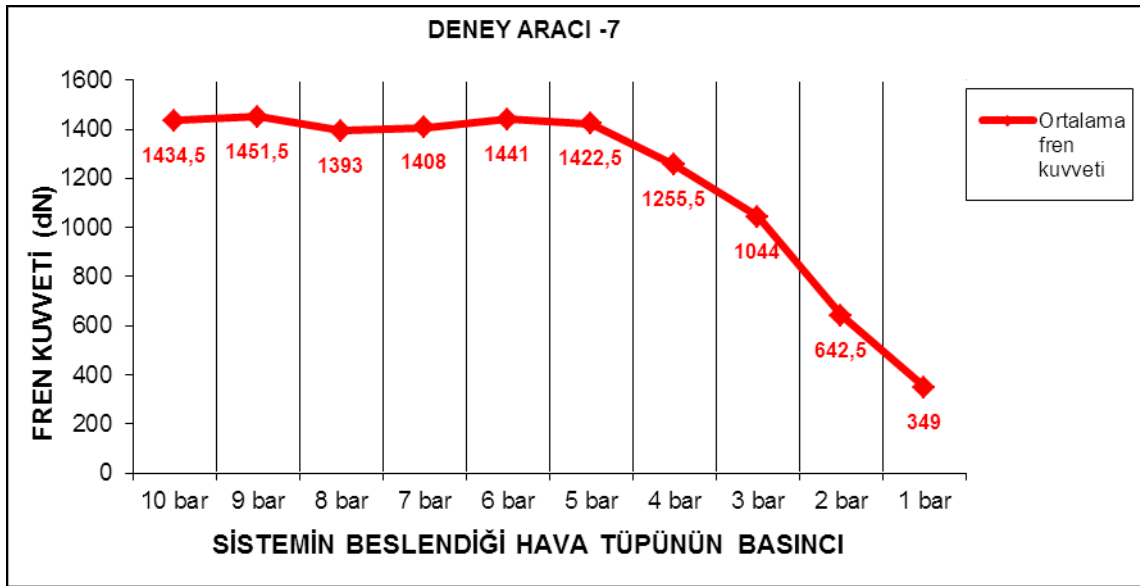
Şekil 6.30. 4. deney aracı tüp basıncına göre fren kuvveti analizi grafiği



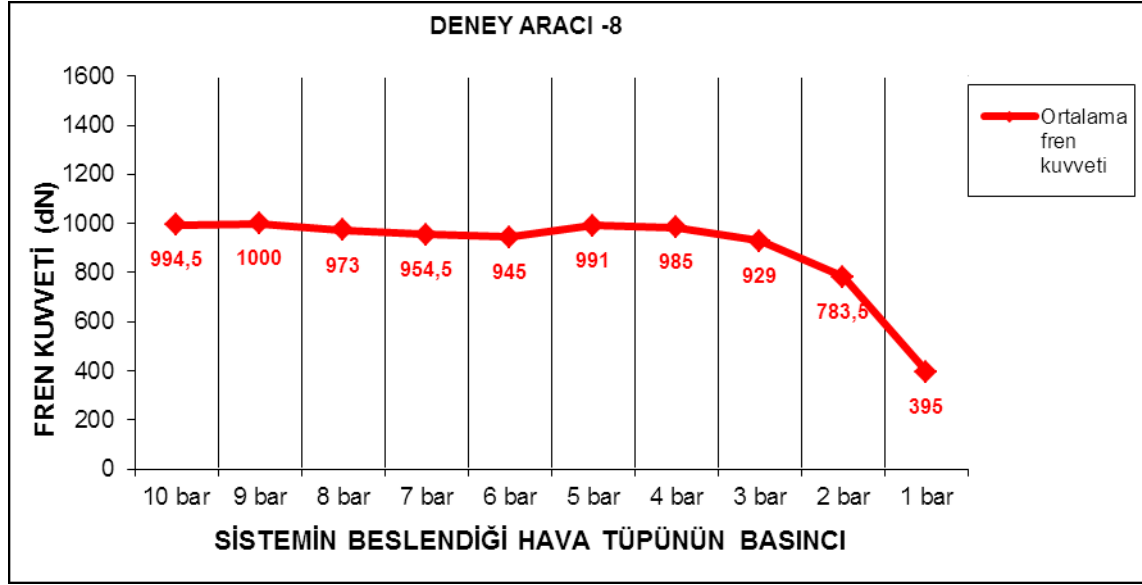
Şekil 6.31. 5. deney aracı tüp basıncına göre fren kuvveti analizi grafiği



Şekil 6.32. 6. deney aracı tüp basıncına göre fren kuvveti analizi grafiği



Şekil 6.33. 7. deney aracı tüp basıncına göre fren kuvveti analizi grafiği



Şekil 6.34. 8. deney aracı tüp basıncına göre fren kuvveti analizi grafiği

Tüp basıncı – fren kuvveti analizinden elde edilen sonuçlar şöyle özetlenebilir.

- ✓ 7 adet deney aracında membran fren silindirlerine sahip olan akslarda yapılan ölçümlerde tüp basıncının ortalama 4 -5 barın altına inmeye başladığında maksimum fren kuvvetlerinin de azaldığı tespit edilmiştir.
- ✓ Tüm deney araçlarında 1 barlık tüp basıncında dahi frenleme etkisi gözlemlenmiştir.
- ✓ Yapılan deneysel ölçümler neticesinde deney araçlarında kompresörün devreye girme basıncının minimum şartları karşıladığı tespit edilmiştir. Tüvtürk araç muayene istasyonunda yapılan analizlerde 7 adet deney aracında kompresörün fiili olarak çalışma basınç aralıkları tespit edilmiştir (Çizelge 6.5). Bu çalışma sonucuna göre minimum 6,5 bar ile maksimum 11,5 bar arasında kompresörün çalışma aralığı kabul edilirse deney araçlarında da minimum ölçülen kompresörün devreye girme basıncı 6,5 bar olduğu için araçların bu konuda güvenlik yönünden zafiyeti olmadığı söylenebilir.
- ✓ Bu test özellikle sistemde herhangi bir devrede basınç kaybı yaşandığında sağlam olan devredeki basıncı minimum 4 bar basınçta tutan 4 yollu emniyet kontrol valfinin bu kritik güvenlik değerini doğrulama imkânı da vermiştir.
- ✓ Maksimum frenleme kuvvetine ulaşmak için ortalama 4-5 bar tüp basıncı gerektiği hususu havalı fren sistemlerinin çeşitli yol testlerinin yapılabilmesi adına ilerleyen çalışma dönemlerinde faydalı bir veri olacaktır.

6.1.8. Havalı fren sistemlerinde kaçak olması durumunda sisteme etkilerinin değerlendirilmesi

Sistemdeki hava kaçağının etkileri, hareket ve park hali olmak üzere iki durum için değerlendirilmiştir.

Hareket halindeki aracın güvenli kaçak basınç düzeyinin tespiti

Uzun bir hatta sahip olan havalı fren sistemleri yüksek basınç altında çalıştığından dolayı zamanla rakorlar, hortumlar, ara eleman bağlantıları vb. üzerinden hava sızdırması olabilmektedir.

Deney araçlarında minimum kompresör kesme basıncının 8 bar, maksimum kompresör kesme basıncının ise 11,5 bar olduğu tespit edilmişti. (Çizelge 6.5) Kompresörün özelliklerine, aracın römorklu ya da römorksuz olmasına bağlı olarak değişkenlik gösterebilecek olan maksimum kesme basıncındaki doldurma süresiyle ilgili olarak deney araçlarında yapılan gözlemlerde, römorklu olarak rölanti devrinde test edilen ve en düşük çalışma hızı çıkan deney aracında saniyede 0,023 bar, römorksuz olarak rölanti devrinde test edilen en iyi şartlarda ise saniyede 0,051 bar basınç gönderen kompresörler izlenmiştir.

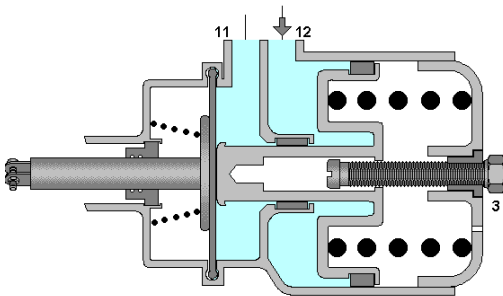
Yukarıdaki tespit edilen çalışma hızları doğrultusunda deney araçlarında yaşanacak hava kaçaklarında kompresörün dakikada maksimum 1,38 bar (römorku olan ve kompresör gücü en düşük deney aracı) – 3,06 barlık (römorku olmayan ve kompresör gücü en yüksek deney aracı) bir hava kaybını tolere edeceği tespit edilmiştir. Bu durum en olumsuz şartlarda aracın güvenli bir şekilde duruş mesafesini sağlaması yönüyle değerlendirilmiştir. Sistemde oluşacak olan bu yüksek kaçak oranlarında mutlaka aracın güvenli bir alana en kısa sürede götürülmesi ve hava kaçağının giderilmesi gerekmektedir.

Park halinde bulunan aracın havalı fren sisteminin sızdırmasının riskleri

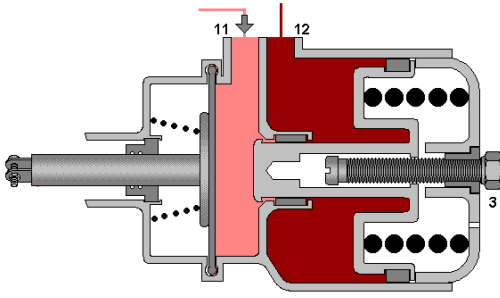
Şekil 6.35, Şekil 6.36 ve Şekil 6.37’de kombi fren silindirlerinin çeşitli park ve servis freni pozisyonlardaki çalışma kesitleri verilmiştir. Şekillerde de görüldüğü gibi güvenlik yönünden araçlarda kombi fren silindiri bulunması çok önemlidir.

1970 yılından sonra üretilerek havalı fren sistemleriyle donatılan kamyon, çekici ve otobüs sınıfı araçlarda mutlaka 1 adet kombi silindir olduğundan dolayı park halinde yaşanan hava kaçağında, kombi silindir içindeki yayın otomatik olarak kurulması ve aracın frensiz kalmaması sağlanmaktadır. Araç park halinde iken sürücü tarafından el freninin çekilmesi sonucunda ise kombi silindirin içindeki yayın önünde bulunan hava tahliye edilecek, sürücü tarafından el freni kolu serbest bırakılarak kombi silindirin içerisine hava girene kadar frenleme etkisi devam edecektir.

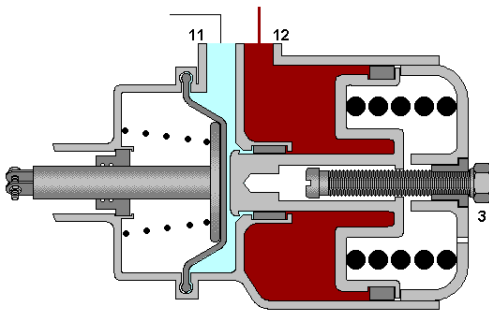
31.07.2004 tarihinden sonra üretilmiş römork ve yarı römork sınıfı araçlarda ise römork freni kurma ve çözme valfi bulunması zorunluluğu gelmiştir. Bu zorunluluk ile birlikte araçlarda mutlaka kombi fren silindiri bulundurulması zorunluluğu da devreye girmiştir. 31.07.2004 tarihinden önce üretilen araçlarda mekanik yay sistemi prensibi ile çalışan park freni sistemleri ya da 1 adet kombi fren silindiri bulunan römork ve yarı römork cinsi araçlar bulunmaktadır. Bu tür araçlarda havalı fren sistemlerinde oluşan hava kaçaklarında fren sisteminin hiç tutmaması ya da yetersiz tutması sonucu güvenlik zafiyeti ortaya çıkmaktadır. Sürücü park frenini çekmesine rağmen araç özellikle eğimli yollarda istem dışı hareket etmekte ya da park halinde bırakılan araç hava kaçağı olması durumunda yine istem dışı hareket etmektedir. Günümüzde bu tür kazalar devam etmektedir. Bu zafiyetin ortadan kaldırılması ve fren güvenliğinin daha etkin sağlanması için Türkiye’de kullanılan tüm römork ve yarı römork araçlarda tüm tekerleklerle etki eden kombi fren silindiri olma zorunluluğu getirilmesiyle sorunun kalıcı olarak çözüleceği düşünülmektedir.



Şekil 6.35. El freni çekili konumda kombi silindir kesiti [47]



Şekil 6.36. El freni bırakılmış servis frenine basılmış konumda kombi silindir kesiti [47]



Şekil 6.37. El freni çekili konumda kombi silindir kesiti [47]

6.2. Test Panosunda Yapılan Deneyler

6.2.1. Dört devreli emniyet valfi kontrolü

Bu çalışma kapsamında geliştirilen havalı fren sistemleri test panosunda dört yollu emniyet valfi testine başlarken hava tankları basınç regülatörü devreye girene kadar tam olarak doldurulmuştur. Daha sonra panonun çekici araç kısmında yer alan ön aks membran silindrine etki eden basıncı besleyen hava tankı boşaltılır. Bu tüp boşaltılırken çekici kısmında bulunan diğer iki tanktaki basınç değişimleri gözlemlenir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, boşaltılan tankla birlikte diğer tüp basınçlarının da düşmesi, ancak boşaltılan tank sıfır bara düştüğünde diğer tankların basıncının maksimum 4 bar seviyesine düşmesidir. Bu seviyenin altına düşmemesi gerekir. Boşaltılan tankta hava tamamen bittiğinde panoda bulunan ayak frenine basılarak ön ve arka aks frenlerinin gözlemlenmesi gerekir. Boşaltılan tank ön aksa ait olduğu için arka servis freni çalışacaktır. İkinci olarak el fren kolu çekilerek el freninin çalıştığı gözlemlenmeli ve el freni bırakıldığında el frenlerinin serbest kaldığı görülmelidir. Bu kontroller yapıldıktan sonra bütün tanklar sistem basıncına ulaşana kadar sisteme yeniden basınçlı hava verilir. Tankların

doldurulması sırasında tank üzerindeki manometrelerden ve diğer manometrelerden basınç ibreleri izlenir. Bu süreçte sistemin önce dolu olan yani 4 bar seviyesine kadar düşen diğer tankları doldurması gerekmektedir. Bu tanklar bir miktar dolduktan sonra tamamen boşaltılmış olan tankın sistem tarafından doldurulmaya başlaması ve diğer tanklarla eşit seviyeye gelene kadar doldurulması gerekir. Bütün tanklardaki basınç eşit seviyeye geldikten sonra, sistemin bütün tankları birlikte doldurmaya devam etmesi ve sistem basıncına ulaştırması gerekmektedir. Bütün tanklar sistem basıncına ulaştığında basınç regülatörü yardımıyla sisteme basınçlı hava girmesi engellenir.

Daha sonra arka aks membran silindiri besleyen tank boşaltılır. İlk tankta olduğu gibi manometrelerde basınç düşümü izlenir. Boşaltılmış olan tank sıfır bara düştüğünde diğer tanklar maksimum 4 bara düşmeli daha fazla düşmemelidir. Fren pedalına basılarak frenler izlenir. Boşaltılmış olan tank arka aksa ait olduğu için arka aksta herhangi bir hareket olmamalı ama ön aks frenleri çalışmalıdır. El freni çekildiğinde el freninin çalıştığı gözlemlenmeli ve el freni bırakıldığında el freninin serbest kaldığı görülmelidir. Bu aşamada tekrar sisteme basınçlı hava verilerek bütün tanklar sistem basıncına ulaşana kadar doldurulur. Doldurma sırasında manometreler izlenir ve ilk aşamada anlatılan sıralamada tankların dolup dolmadığı kontrol edilir. Tanklar sistem basıncına ulaştığında basınç regülatörü yardımıyla sisteme basınçlı hava girmesi engellenmelidir.

Üçüncü aşamada yardımcı sistemleri ve el freni kombi silindirini besleyen tank boşaltılır. Boşaltılan tankın basıncı sıfır bara düştüğünde diğer tanklardaki basıncın maksimum 4 bar seviyesine kadar düşmesi ve daha fazla düşmemesi gerekir. Fren pedalına basarken frenleme etkileri izlenir. Boşaltılan tank el frenine ait olduğu için fren pedalına basıldığında ön ve arka servis frenlerinin mutlaka çalıştığı görülmelidir. El fren kolu çekildiğinde el freninin devreye girdiği görülmelidir. El fren kolu bırakıldığında herhangi bir hareket olmamalı el freninin devrede kalmaya devam ettiği görülmelidir. Eğer el fren sisteminde check-valf yok ise durum biraz farklı olur. Tankı boşaltırken tankın boşaldığı oranda yani el fren tankındaki basıncın düştüğü oranda el freninin yavaş yavaş devreye girdiği görülmelidir. El fren tankındaki basınç sıfır bara düştüğünde el freni tamamen devreye girmiş durumda olacaktır. El fren kolu çekildiğinde herhangi bir hareket olmamalıdır. Çünkü el freni tankı boşaltıldığı için devreye girmiş durumdadır. El fren kolu serbest bırakılsa dahi herhangi bir hareket olmamalı el freni devrede kalmaya devam

etmelidir. Tanklar yeniden sistem basıncına ulaşınca kadar doldurulur. Bu sırada manometreler izlenir ve anlatılan sırayla tüplerin dolup dolmadığı kontrol edilir.

Ağır vasıtalarda mutlaka kontrol edilmesi gereken dört yollu emniyet valfi kontrolünün ana teması yukarıdaki şekildedir. Ön servis, arka servis ve el freni düşünüldüğünde sadece bir tanesi devre dışı kaldığında diğer ikisi çalışır durumda olmalıdır. Aynı anda birden fazlası devre dışı kalmamalıdır eğer kalırsa el freni mutlaka devreye girmelidir. Bu şekilde dört yollu emniyet valfinin 3 yolu kontrol edilir. Geri kalan bir yol varsa ilave sistemler için kullanılır. Bunlar havalı kapı, havalı korna, havalı koltuk, havalı süspansiyon vb. içindir. Bu ilave donanımlar için kesinlikle servis frenine ait hava tankları kullanılmamalıdır. Araç römork takıyorsa, römork genellikle çekicinin el fren tankına bağlı veya bu anlatılan tankların dışında dördüncü bir tanka bağlı olabilir.

6.2.2. Check-valf kontrolü

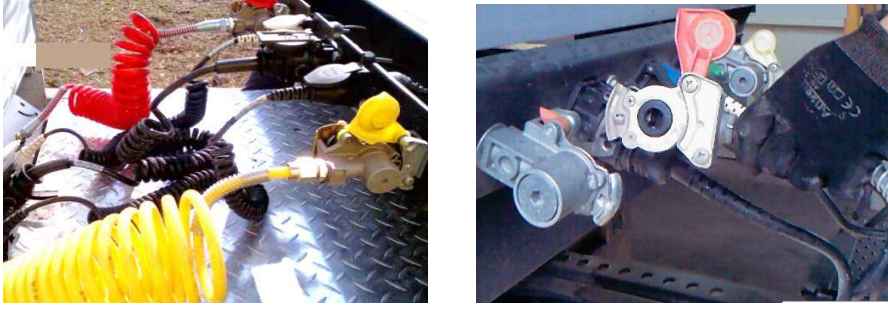
Tez kapsamında geliştirilen havalı fren sistemleri test panosunda park frenine ait hava tankı boşaltıldığında kombi fren sistemi devreye girmez çünkü check-valf kombi fren silindiri içerisindeki el frenlemesini sağlayan yayın önündeki havayı tutar. Park freni hava tankı tamamen boşaltıldıktan sonra el freni çekilerek, check valfin yayın önünde tuttuğu hava tahliye edildiğinde kombi fren silindirlerinin devreye girmesi gerekir. Ancak bu işlem sadece bir seferliktir. Yani check-valfin yayın önünde tuttuğu hava el fren kolu çekilerek tahliye edildiğinde el freni devreye girer. El fren kolu serbest bırakılsa dahi el freni devreden çıkmaz. Sisteme yeniden hava verilerek el frenine ait olan hava tankını doldurduktan sonra el freninin devreden çıktığı görülmelidir. Araçlarda check-valf zorunluluğu ilgili yönetmelik gereği bulunmadığından bu test sadece check-valf bulunan araçlarda uygulanabilir.

6.2.3. Kırmızı kaplin fonksiyon testi

Kırmızı kaplin fonksiyon testinde basınç regülatörü devreye girene kadar sistem basıncı yükseltilir. Kırmızı kaplin çekici römork bağlantısı ayrılır (Resim6.4). Bu sırada römorktaki fren silindirlerinde fren sisteminin yapısına göre şu iki etkiden biri görülür:

a) Treylerdeki tüm membran fren silindirleri devreye girer.

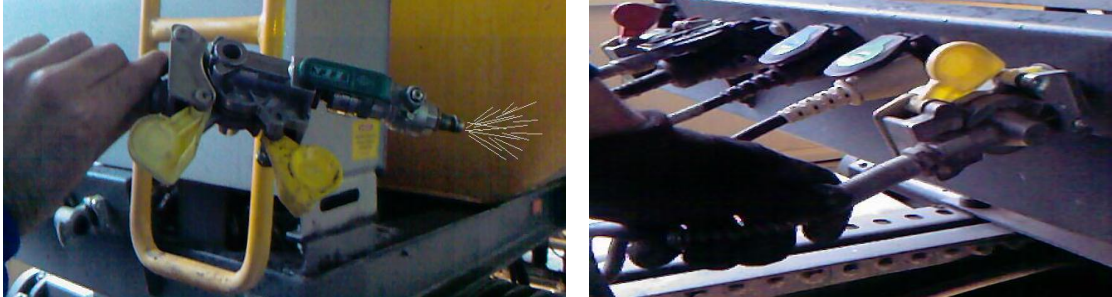
b) Treylerdeki tüm kombi silindirler devreye girer.



Resim 6.4. Kırmızı kaplin bağlantısı

6.2.4. Sarı kaplin fonksiyon testi

Sarı kaplin fonksiyon testinde, basınç regülatörü devreye girene kadar hava tankı basıncı yükseltilir. Kırmızı kapline bir manometre bağlanır. Sarı kapline hava tahliye aparatı bağlanarak fren pedalına tam olarak basılır ve hava tahliye edilir (Resim6.5).



Resim 6.5. Sarı kaplin bağlantısı

Sarı kaplindeki hava tahliye edilirken kırmızı kaplindeki basınç iki saniye gibi kısa bir zamanda sıfır bar seviyesine düşmelidir. Bu sırada kırmızı kaplindeki basıncın düştüğü görülmelidir. Kırmızı kaplindeki basınç düşme miktarı römork kontrol valfinin devreye girerek römorkun frenlemesini sağlayacak kadar hızlı ve yeterli seviyede olmalıdır.

6.2.5. Sızdırmazlık testi

Hava tankları sistem basıncına ulaşana kadar doldurulur. Fren pedalı sabitleme zinciri ile servis fren pedalına sistem basıncının yarısı kadar basınç oluşacak şekilde kuvvet uygulanıp pedal sabitlenir. Yaklaşık bir dakika kadar basıncın tüm sisteme eşit dağılması

6.3. Fren Devrelerinde Basıncın Düşmesine Neden Olan Etkenlerin Araştırılması ve Çözüm Önerileri

Günümüzde tüm yapılan kontrollere rağmen havalı fren sistemlerinde yaşanan devrelerdeki basıncın 0 bara düşerek frenin hiç tutmaması ya da yeterli seviyede tutmaması (halk diliyle fren patlaması) durumu devam etmektedir. Son 5 yıllık süreçte havalı fren sistemi boşalması manşetiyle basına yansıyan 14 adet kaza yaşanmıştır [42].

Havalı fren sistemlerinde meydana gelebilecek bir veya iki arıza durumunda bile aracı güvenli bir şekilde durdurabilecek en az bir yedek sistem mevcuttur. 71 / 320 / AT direktifinin devreye girdiği 1970 yılından itibaren üretilen araçlarda iki devreli ana fren sistemi ve acil durumlarda aracı yavaşlatabilen kademelendirilebilir tip el freni bulunma zorunluluğu vardır [12].

Ana fren sistemlerinden bir tanesinin devre dışı kalması durumunda sürücü sesli ve görsel olarak ikaz edilir ve sağlam kalan diğer fren devresi ile fren pedalına basarak araç güvenli bir şekilde durdurabilir. Çok düşük bir ihtimal olmasına rağmen her iki fren devresinin de devre dışı kalması durumunda araç park freni ile durdurulabilir. En kötü varsayımlarda bile halk diliyle fren patlaması olarak bilinen fren devrelerindeki basıncın 0 bara düşmesi durumu yaşanmayacaktır. Ancak, özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde yeterli bilgi seviyesinin olmaması sebebiyle, aşağıdaki altı alt bölümde özetlenen kusurlardan kaynaklanan kazalar kaçınılmaz olmaktadır.

6.3.1. Yardımcı fren sistemlerinin kullanılması

Frenleme performansını arttırmak ve fren zayıflamasını minimize etmek için frenleme anında oluşabilecek yüksek sıcaklığın hızlı bir şekilde azaltılması ile ilgili yapılan çalışmalar incelenmiş, bu incelemelerin ışığında yapılabilecek çözüm önerileri araştırılmıştır. Özellikle ağır ticari ve uzun yol taşıtlarının (değişen yol ve hava şartlarına bağlı olarak uzun süreli, tekrarlı ve ani frenleme durumların da) disk ve balata yüzeylerinde yüksek sıcaklıklardan dolayı oluşan ısıl gerilmelerin önüne geçmek gerekmektedir. Bunun için fren zayıflamasını minimize etmenin yolu ise diskin soğumasını hızlandırmaktır. Sürekli frenlemelerde kritik kayma hızının aşılması da önemli bir termik parametredir. Kritik kayma hızı aşıldığında disklerde kızgın noktalar ve kızgın bantlar oluşabilmektedir. Frenleme esnasında oluşan ısının hızlı bir şekilde ortamdan

uzaklaştırılması için frenlerin yerleştirildiği bölgenin kapalı olmaması hem tekrarlı frenlemelerde hem de uzun süreli çalışmalar sonundaki yüksek verimlilik için önemlidir. Fren disklerinin soğutulması için farklı konstrüksiyon yapısına sahip delikli, kanatçıklı ve hava kanallı diskler ile seramik ve kompozit yapıları birçok disk malzemesi çözüm için kullanılabilecek alternatiflerdendir. Bunun yanında, frenlerin soğutulmasına yönelik hava yolu uygulaması, havalandırma kanatçıklı ve su soğutmalı semer uygulamaları ile daha etkin bir soğutma sağlamak, uygulanan diğer yöntemlerdendir. Sonuç olarak, diskin teknik özellikleri ile uygun bir disk çapının birlikteliği optimum frenleme performansını artıracaktır. Frenleme performansı sadece semer sayısına, disk çapına ve malzemesine bağlı değildir. Bu özelliklerin yanı sıra aynı zamanda baskı gücüne ve birlikte çalışan mekanik, hidrolik, havalı ve elektronik fren sistemlerinin gelişimine ve bu sistemlerle ne oranda bir uyum içinde olduklarına bağlı olarak da değişmektedir [48].

Diskli frenler kampanalı frenlere göre çok daha kararlı, güçlü ve soğutulması kolay olan bir frendir. Bakımı da kampanalı frene göre daha basit ve ucuzdur. Ancak diskli freninin de bir sınırı vardır. Soğutulmasının iyi olmasından dolayı kampanalı frene alışmış kullanıcılar tarafından aşırı ısıtılmakta, disk ve balata aşınması sorunu ortaya çıkmaktadır. Diskli frenin aşırı ısıtılmaması gerekmektedir. Bu durumun sağlanabilmesi için de güçlü ve sürekli fren sistemlerinin desteklenmesi gereklidir [41]. Fren balatalarında ya da kampanalarında en iyi çalışma sıcaklığı 250°C'dir (Şekil 6.38). Bu çalışma sıcaklığı 425°C'ye kadar normal kabul edilir. 425 °C'yi geçen her türlü sıcaklığın fren performansına ve fren güvenliğine olumsuz etkileri bulunmaktadır [45].



Şekil. 6.38. Kampana sıcaklıkları [39]

Günümüz araçlarında yaygın olarak kullanılan ve yukarıdaki kapsama giren en önemli sistem retarderdir. Diğer sistemler (motor freni, egzoz freni) günümüz şartlarında geçerliliğini kaybetmiş ve kullanımı güvenli olmayan sistemlerdir. Retarder ticari taşıtlarda özellikle eğimli yollarda aracın güvenli ilerleyebilmesi için son derece önemlidir. Sürekli fren sistemlerinin kullanılmasının fren sistemlerinin aşırı ısınması sonucu ortaya çıkan fren devrelerindeki basıncın 0 bar'a düşerek aracın frensiz kalmasına da son derece olumlu katkısı vardır.

6.3.2. Periyodik muayene ve bakımların yapılması

Türkiye'de periyodik muayene konusunda tek yetkili şirket olan Tüvtürk araç muayene istasyonlarında ağır vasıta havalı fren sistemleri testleri günümüz şartlarında yer alan ilgili yönetmelikler gereği yapılmaktadır. Ancak eksik unsurlardan birisi de Türkiye'de kullanılan ağır vasıtaların araç muayenesi yaptıracığı zamanlarda hazırlıklarını bu yönde tamamlayarak muayeneye gitmeleridir.

İki muayene süresi arasında geçen bir yıllık süre içerisinde havalı fren sistemlerinin gereklilikleri karşılayıp karşılayamadığı yapılacak periyodik bakımlarda tespit edilmelidir. Periyodik bakımda araçların bakımları yapıldıktan sonra özellikle geliştirilen panoda yapılabilen testlerin tamamının yapılması, aracın tamburlu fren test cihazında verim ve sapma değerlerinin mutlaka kontrol edilmesi ve aracın trafiğe o şekilde çıkartılması gerekmektedir.

6.3.3. Ağır vasıtalarda fabrika değerlerinden fazla oranda yük taşınması

Türkiye'de 5 yıl öncesine kadar araçların kütle ölçümlerinin yapılmaması sonucunda aracın frenleme anında ihtiyaç duyduğu basıncın artması ve balata – kampana ya da disk-balata arasındaki sıcaklığın yükselmesine bağlı olarak fren sisteminde yaşanan olumsuz gelişmeler güvenli frenleme mesafesini artırmakta ve devrelerdeki basıncın istenilen seviyede tutulamayarak frenlerin yeterli tutmaması ya da hiç tutmamasına sebebiyet vermektedir.

Son yıllarda ana güzergâhta bulunan yollarda yapılan kütle ölçümü sayesinde bu kazalarda oransal azalmalar görülse de şehir içi yollar ve kütle ölçümünün yapılmadığı ilçe yolları bu konuda riskleri devam ettirmektedir.

6.3.4. Orijinal parça dışında parça kullanılması

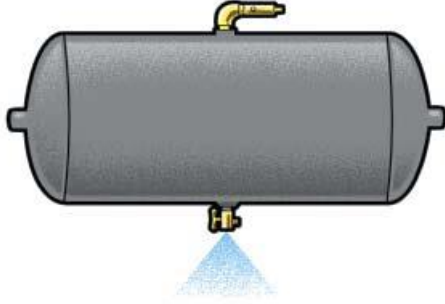
Almanya’da ticari araçlara yönelik olarak uygulanan ve SP (Sicherheits Prüfungen) olarak adlandırılan bir muayene sistemi mevcuttur. Bu muayene sistemi Almanya’da periyodik muayene dışında gerçekleştirilen ve sökme-takma prensibine dayanan bir süreçtir. Bu muayene sürecinde aracın tip onay testi almış olduğu parçaların halen araç üzerinde olup olmadığı tespit edilir [42]. Türkiye’de de bu şekilde bir muayene sistemine ihtiyaç bulunmaktadır. Yapılan analizlerde özellikle ağır vasıtalarda servis dışında fren tamirati yapılan işletmelerde fren güvenliğinden daha çok müşteri istekleri ön planda tutulmaktadır. Örneğin herhangi bir fren devresinde meydana gelen arıza neticesinde diğer devreyi besleyecek ve belli bir basınç düşmesinden sonra devreden çıkartacak olan dört yollu emniyet kontrol valfinin bazı işletmelerde amacından farklı işlemlerle işlevini yerine getiremez hale getirildiği tespit edilmiştir. Araç kullanıcılarının kompresörün eski olması ya da yeterli sürede yeterli basıncı üretememesinden kaynaklanan hava tüplerinin geç dolması şikâyetinden sonra fren tamir ve bakım birimlerinde dört yollu emniyet valfinin devre dışı bırakılması sonucunda ön ve arka aksa etki eden tüplerin aynı anda hızlı bir şekilde dolması sağlanmaktadır. Bu durum havalı fren sisteminin en etkin güvenlik sistemi olan dört yollu emniyet kontrol valfinin devre dışı kaldığı anlamına gelmektedir. Bu durumda devrelerden birinde yaşanacak ani bir basınç kaybında sistem kompresörün sistemi besleyebildiği kadar basınç ile fren kuvveti oluşturacaktır. Bu çalışmada yapılan deneysel analizlerde de bu riskler değerlendirilmiştir. Günümüz kazalarında bu durumun 1. derecede etken olabileceği düşünülmektedir.

Fren sistemlerinde yapılan her türlü tadilat, TSE tarafından yayınlanan ilgili tamim gereği, uygunluğu yetkili teknik servisler tarafından test edilip raporlandırılacaktır [44]. Fren sistemlerinde yukarıdaki paragrafta anlatılan örnekte olduğu gibi yapılan uygunsuz tadilatların denetlenmesi, araç muayenesi öncesinde kiralık parça kullanımı gibi uygunsuz tadilatların cezai yaptırımlarının arttırılması ve aracın bu tür bir uygunsuz tadilat ile karayolunda gezip gezmediğinin yol kenarı denetim istasyonları vb. ile kontrol edilmesi hayati önem taşımaktadır.

6.3.5. Hava tüplerinin günlük kontrol edilmesi

Havanın içinde barındırdığı nem, havalı fren sisteminin kurutucu ünitesinin çalışmaması durumunda sisteme sızar. İlk etapta basınçlı hava tanklarında su birikir. Tankın altında bulunan tahliye valfinden su gelip gelmediği günlük olarak mutlaka kontrol edilmelidir (Şekil 6.39) [43].

Tankın altında bulunan tahliye valfinden yağ gelmesi durumunda kompresörün yağ kaçırdığından şüphelenilerek, gerekli bakım ve onarım işleri zaman kaybetmeksizin yapılmalıdır.



Şekil 6.39. Basınç tankı ve boşaltma vanası [39].

Bu işlemlerin yapılmaması durumunda sistem içerisinde bulunan birçok ünite görevini yerine getiremez hale gelir ve sistem güvenliği tehlikeye girer.

6.3.6. Sistemin sızdırmazlığının fabrika değerlerinde tutulması

İlgili regülasyonlarda belirtildiği üzere havalı fren sistemlerinde izin verilebilen 10 dakikada 0,1 barlık basınç kaybı bile sistemin güvenliği açısından tehlike yaratmaktadır. Sistemdeki sızıntı, hava tanklarındaki havanın çabuk tükenmesine, dolayısıyla kompresörün daha uzun süre çalışmasına sebep olmaktadır. Bu durum fren sisteminin güvenliğinin azalması yanında taşıt motorunun güç kaybına ve kompresör ömrünün azalmasına da sebep olmaktadır.

Araç park halinde iken sistemde yaşanan sızıntı, tüplerin tamamen boşalmasına sebebiyet verecek ve araç çalıştırıldığında uzun süre tüplerin doldurulması için sürücünün beklemesi gerekecektir. Bu durumların yaşanmaması için araç sahipleri ya da filo araçları için teknik bakım ekibi tarafından sistemin sızdırmazlığını etkileyen rakorlar, kelepçeler ya da

hortumlar kontrol edilerek kaçakların minimum seviyeye çekilmesi yol güvenliği açısından da olumlu katkılar sağlayacaktır. Sistemin sızdırması şu olumsuz durumları yaratmaktadır:

- Kompresörün aşırı çalışması sonucu yakıt tüketimi artmaktadır.
- Sürücünün sabırsız hareketleri sonucu hava tüplerinin yeterli basınca ulaşmadan aracın hareket ettirilmesi sonucu tehlikeli davranışlar oluşmaktadır.
- Kullanıcı şikâyetleri sonucunda diğer fren sistemi parçalarında uygunsuz tamiratlar yapılarak fren güvenliği olumsuz etkilenmektedir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu deneysel araştırmada, havalı fren sistemlerinin sağlaması gerekli olan minimum koşullar yönetmelik bazında incelenmiş ve sistemde bulunan tüm elemanların çalışmaları analiz edilmiştir.

Havalı fren sistemlerinin güvenlik ve performans yönünden incelenmesi sonucunda, sistemin normal şartlar altında ve olağan dışı şartlarda verdiği tepkilerin analiz edilmesi ihtiyacı doğmuştur. Bu analizlerin yapılabilmesi için 2 farklı deney düzeneği oluşturulmuştur. İlk olarak sistemin genel çalışma mantığının kavranması ve ne tür güvenlik testleri yapılabileceğinin tespiti için fren test panosu geliştirilmiştir. Çekici ve römork kısmı simüle edilerek oluşturulmuş bu materyal üzerinde havalı fren sistemlerinde güvenlik yönünden kritik öneme sahip olan dört yollu emniyet kontrol valfi, çekici kumanda valfi, römork kumanda valfi, mekanik yük ayar valfi ve check valf parçalarının test edilmesi sağlanmıştır. Geliştirilen bu pano aynı zamanda eğitim materyali olarak da kullanılabilecektir.

Havalı fren sisteminin ağır yükler altında çalıştıktan sonra verdiği tepkilerde son derece önemlidir. Sistemin belirli bir süre kullanılmasından sonra performans ve güvenliğinin bundan nasıl etkilendiğinin tespit edilebilmesi için de farklı bir deney prosedürü oluşturulmuştur. Bu deney prosedüründe, çekici, kamyon, otobüs ve yarı römork sınıfı araçların fren sistemlerinin yeterlilikleri araç muayene istasyonu ekipmanları kullanılarak güvenlik ve performans yönünden çeşitli kriterlerle test edilmiştir.

10 adet deney aracı üzerinde yapılan deneysel analizlerde fren pedal kuvveti çeşitli basınç aralıklarına getirilerek sistemin verdiği fren kuvveti test edilmiştir. Oluşan bu kuvvetler neticesinde olumsuz durum tespit edilen 2 deney aracında fren odasında basınç kayıplarının olduğu tespit edilmiştir. Havalı fren sisteminin yönetmeliklerde 10 dakikada 0,1 bar gibi bir basınç kaybı tolere edilebilir bir kayıp olarak görülmektedir. Ancak, basınç kaybının fren odasında yaşanması durumunda fren performansına olumsuz etkileri olduğu görülmüştür. Hava kaçağı olan deney araçlarının 1 tanesinde ayrıca fren körüğünün görevini tam olarak yerine getiremediği ve hava tüplerinin boşaltılması esnasında sistemde yağ olduğu tespit edilmiştir. Fren sistemlerinde biriken bu yağın, fren kuvvetlerinde yaşanan dengesiz fren kuvvetlerine sebep olduğu düşünülmektedir.

Fren pedal kuvvetinin belli bir basınçta sabit tutulmasıyla fren kuvvetlerinin değişimi analiz edilmiştir. 10 adet deney aracının 4 tanesinin tekerleklerinde etkili olan fren kuvvetlerinin sabit pedal kuvvetinde sabit bir değerde olmadığı ve kuvvetlerde dalgalanma olduğu tespit edilmiştir. Geri planda onarım süreci takip edildiğinde deney araçlarında bu duruma neden olan unsurların balata-disk ya da balata-kampana sürtünmesinde yaşanan olumsuzluklardan kaynaklandığı, onarım sürecinde disk ile kampana yüzeylerinde ovallık olduğu ve tornalama metodu ile yüzey bozukluklarının giderildiği tespit edilmiştir. Fren disk ya da kampanalarında oluşan bu ovallık sorununun yüksek sıcaklık sebebiyle malzeme dayanımının azalmasından kaynaklandığı ve bu sorunun özellikle sürücülerin eğitilerek retarder gibi yardımcı fren sistemlerinin daha sık kullanılması ile azalacağı düşünülmektedir. Günümüz araçlarında yaygın olarak kullanılan ve yukarıdaki kapsama giren en önemli sistem retarderdir. Diğer sistemler (motor freni, egzoz freni) günümüz şartlarında geçerliliğini kaybetmiş ve kullanımı güvenli olmayan sistemlerdir. Retarder ticari taşıtlarda özellikle eğimli yollarda aracın güvenli ilerleyebilmesi için son derece önemlidir. Retarderin, fren sistemlerinin aşırı ısınması sonucu ortaya çıkacak aşırı devre basıncını da düşürerek aracın frensiz kalmasını önlemeye son derece olumlu katkısı vardır.

Havalı fren sistemlerinde performansın en önemli göstergesi fren verimidir. 10 adet deney aracının fren verim testleri yapılmıştır. Yapılan testlerde servis fren verim değerleri 1 deney aracında düşük çıkmıştır. (6.2) numaralı formüle göre hesaplama yapıldığında el freni verim değerlerinin 7 deney aracında yasal sınırın altında kaldığı görülmüştür. Araçlar yüksüz olarak park freni testine tabi tutulduğu zaman küçük bir fren kuvvetinde fren blokaj değerine ulaştığı tespit edilmiştir. Bu durumda el freni verim oranlarına olumsuz yansımaktadır. Araçlar yük simülatörü kullanılarak ya da yüklü olarak test edildiğinde verim oranlarının arttığı tespit edilmiştir. Fren verimlerinin istenilen seviyede çıkması için araçlarda ALB'nin (yük ayar ventilinin) mutlaka istenilen değerlerde çalışması gerekmektedir.

Taşıtlarda maksimum frenleme anında, bir başka deyişle aracın fren kuvvetinin tekerleği kilitlediği anda, oluşan fren kuvvetlerinin aynı aksta bulunan tekerleklerde birbirine yakın çıkması yol tutuşu açısından kritik öneme sahiptir. Fren test cihazlarında sapma değeri yasal sınırın üzerinde tespit edilen araçların alınan aksiyonlarında ilk olarak aynı aksta bulunan disk ve kampana ölçülerinin aynı standarda getirilerek sorunun çözüldüğü belirlenmiştir. Diskli frenlerde kaliper ve kaliper kızaklarının düzgün çalışmaması, disk ve

balataların tek tekerlekte ya da iki tekerlekte birden ömrünü tamamlamış olması, hava hortumlarında yağ birikintisi sebebiyle tıkanıklık olması ve özellikle frenlemenin etkisini gösterdiği fren odası bölgesinde kaçak olmasının, fren kuvvetlerinde sapma değerlerinde artışa sebep olduğu değerlendirilmektedir.

Araçların özellikte aynı aksta bulunan balata, disk ya da kampanalarının yine aynı zamanda değiştirilmesi gereklidir. Aynı ölçülerde olmayan disk, kampana ya da balatalar zamanla sapma değerlerini artırmaktadır. Fren kuvvetlerinde sapma oluşumuna sebep olan etkenlerin tespit edilmesi aşamasında bundan sonraki süreçte sapma değeri 0 ya da yasal sınırların altında çıkan araçlarda, aynı aksta bulunan kampana ya da disk ölçüleri ölçülerek değerlerin birbirleriyle ne kadar uyumlu olduğu tespit edilebilir.

1970 yılından sonra üretilen havalı fren sistemine ait kamyon, çekici ve otobüs sınıfı araçlarda mutlaka 1 adet kombi silindir olduğundan dolayı, park halinde yaşanan hava kaçağında, kombi silindir içindeki yay otomatik olarak kurarak aracı frensiz bırakmamaktadır. Araç park halinde iken sürücü tarafından el freninin çekilmesi sonucunda ise kombi silindirin içindeki yayın önünde bulunan havayı tahliye etmekte ve sürücü tarafından el freni kolu serbest bırakılarak kombi silindirin içerisine hava girene kadar frenleme etkisi devam etmektedir.

Havalı fren sistemine sahip römork sınıfı araçlarda, römork park edildikten sonra kombi fren silindirlerin devreye sokularak aracın bulunduğu bölgede güvenli bir şekilde sabitlenmesi istenir. 2 adet deney aracında yapılan kontrollerde römork park freni (römork fren kurma ve çözme valfi) tertibatının çalıştığı gözlemlenmiştir. Römork park freni butonuna basıldığında 3 dingilli olan deney araçlarının 3 dingilinde de fren etkisi oluşmuştur.

Römork ve yarı römork sınıfı araçlarda 31.07.2004 tarihinden sonra üretilmiş olanlarında römork freni kurma ve çözme valfi bulunması zorunluluğu gelmiştir. Bu zorunluluk ile birlikte araçlarda mutlaka kombi fren silindiri bulundurulması zorunluluğu da devreye girmiştir. 31.07.2004 tarihinden önce üretilen araçlarda mekanik yay sistemi prensibi ile çalışan park freni sistemleri ya da 1 adet kombi fren silindiri bulunan römork ve yarı römork cinsi araçlar bulunmaktadır. Bu tür araçlarda havalı fren sistemlerinde oluşan hava kaçaklarında fren sisteminin hiç tutması ya da yetersiz tutması sonucu güvenlik zafiyeti

ortaya çıkmaktadır. Sürücü, park frenini çekmesine rağmen araç özellikle eğimli yollarda istem dışı hareket etmekte ya da park halinde bırakılan araç hava kaçağı olması durumunda yine istem dışı hareket etmektedir. Günümüzde bu tür kazalar devam etmektedir. Bu zafiyetin ortadan kaldırılması ve fren güvenliğinin daha etkin sağlanması için Türkiye’de kullanılan tüm römork ve yarı römork araçlarda tüm tekerleklerle etki eden kombi fren silindiri ilave etme zorunluluğunun getirilmesiyle sorunun kalıcı olarak çözüleceği düşünülmektedir.

Havalı fren sistemlerinde maksimum frenleme kuvvetine ulaşmak için sistemin ihtiyaç duyduğu basıncın tespiti önemlidir. 7 adet deney aracında membran fren silindirlerine sahip olan akslarda yapılan ölçümlerde tüp basıncının maksimum fren kuvvetine ulaşmak için minimum basınç miktarı hesaplanmış ve yapılan analizlerde 4-5 barlık bir kritik basınç düzeyi tespit edilmiştir. Tüm deney araçlarında 1 barlık tüp basıncında dahi frenleme etkisi gözlemlenmiştir. Ayrıca kurulan deney prosedüründe kompresör ile ilgili devreye girme analizi yapabilme imkânı ortaya çıkmıştır. Deney araçlarında ölçülen kompresörün devreye girme basıncı en az 6,5 bar olduğu için, araçların bu konuda güvenlik yönünden zafiyeti olmadığı değerlendirilmiştir. Bu test özellikle sistemde herhangi bir devrede basınç kaybı yaşandığında sağlam olan devredeki basıncı minimum 4 bar basınçta tutan 4 yollu emniyet kontrol valfinin bu kritik güvenlik değerini doğrulama imkânı da vermiştir. Maksimum frenleme kuvvetine ulaşmak için ortalama 4-5 bar tüp basıncı gerektiği hususu, havalı fren sistemlerinin çeşitli yol testlerinin yapılabilmesi adına ilerleyen çalışma dönemlerinde faydalı bir veri olacaktır.

Havalı fren sistemlerinde kompresörün çalışma hızının tespiti sistemde yaşanan sızıntıların ya da sistemde gelişen acil durumların telafî edilmesi açısından önemlidir. Deney araçlarında yapılan tespitlerde kompresörün çalışma hızında en verimli ve en verimsiz durumlar analiz edilmiştir. Tespit edilen çalışma hızları doğrultusunda deney araçlarında yaşanacak hava kaçaklarında kompresörün dakikada maksimum 1,38 bar (römorku olan ve kompresör gücü en düşük deney aracı) – 3,06 barlık (römorku olmayan ve kompresör gücü en yüksek deney aracı) bir hava kaybını tolere edebileceği değerlendirilmektedir.

Türkiye’de havalı fren sistemleri kaynaklı kazalarda istatistiksel verilere ulaşılamamış, ancak basında çıkan haberler vasıtasıyla yaşanan kazaların birçoğunda fren patlaması manşeti olduğu görülmüştür. Halk arasında fren patlaması olarak bilinen frenin hiç

tutmaması ya da yeterli seviyede tutmaması sorununun çözümü ile ilgili deney sonuçları da baz alınarak araştırmalar yapılmıştır.

Havalı fren sistemlerinde meydana gelebilecek bir veya iki arıza durumunda bile aracı güvenli bir şekilde durdurabilecek en az bir yedek sistem mevcuttur. 71 / 320 / AT direktifinin devreye girdiği 1970 yılından itibaren üretilen araçlarda iki devreli ana fren sistemi ve acil durumlarda aracı yavaşlatabilen kademelendirilebilir tip el freni bulunma zorunluluğu vardır. Ana fren sistemlerinden 1 tanesinin devre dışı kalması durumunda sürücü sesli ve görsel olarak ikaz edilir ve sağlam kalan diğer fren devresi ile fren pedalına basarak araç güvenli bir şekilde durdurabilir. Çok düşük bir ihtimal olmasına rağmen her iki fren devresinin de devre dışı kalması durumunda araç park freni ile durdurulabilir. En kötü varsayımlarda bile halk diliyle fren patlaması olarak bilinen fren devrelerindeki basıncın 0 bara düşmesi durumu yaşanmayacaktır. Ancak olumsuz durumların insan faktörüyle birleşmesi ve özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde yeterli bilgi seviyesinin olmaması sebebiyle bazı kazalar kaçınılmaz olmaktadır.

Ticari taşıtlarda özellikle eğimli yollarda aracın güvenli ilerleyebilmesi ve fren sistemlerinin aşırı ısınması sonucu ortaya çıkan frenin hiç tutmaması ya da fren devrelerindeki basıncın düşerek aracın frensiz kalması sorununa önemli etkisi olan yardımcı fren sistemlerinin kullanımı konusunda sürücüler bilinçlendirilmeli ve bu sistemlerin kontrol ile bakımları yapılmalıdır.

Türkiye’de periyodik araç muayene sürecinde ağır vasıta havalı fren sistemleri testleri günümüz şartlarında yer alan ilgili yönetmelikler gereği yapılmaktadır. Yapılan güvenlik ve performans kontrolleri kazaların önlenmesine yönelik olumlu katkılar sunmaktadır. Ancak, sadece periyodik muayene zamanında ağır ticari araçların kontrolü yeterli değildir. Ticari amaçla kullanılan ve 1 yılda km olarak oldukça fazla yol kat eden araçlar için farklı bir kontrol mekanizması geliştirilebilir. Türkiye’de yapılan araştırmalarda fren sistemlerinde muayene öncesinde kiralık parça kullanılması, orijinal olmayan ve sistem güvenliğini tehdit eden parçalar ile araçların muayeneye hazırlıklı götürüldüğü bilinmektedir. Yapılan analizlerde özellikle ağır vasıtalarda servis dışında fren tamirati yapılan işletmelerde fren güvenliğinden daha çok, müşteri istekleri ön planda tutulmaktadır. Örneğin; herhangi bir fren devresinde meydana gelen arıza neticesinde diğer

devreyi besleyecek ve belli bir basınç düşmesinden sonra devreden çıkartacak olan dört yollu emniyet kontrol valfinin bazı işletmelerde amacından farklı işlemlerle işlevini yerine getiremez hale getirildiği tespit edilmiştir. Araç kullanıcıları tarafından kompresörün eski olması ya da yeterli sürede yeterli basıncı üretememesinden kaynaklanan hava tüplerinin geç dolması şikâyetinden sonra fren tamir ve bakım birimlerinde dört yollu emniyet valfinin devre dışı bırakılması sonucunda ön ve arka aksa etki eden tüplerin aynı anda hızlı bir şekilde dolması sağlanmaktadır. Bu durumda devrelerden birinde yaşanacak ani bir basınç kaybında sistem kompresörünün sistemi besleyebildiği kadar basınç ile fren kuvveti oluşturacak ve sistemde başka bir güvenlik olmayacaktır. Bu çalışmada yapılan deneysel analizlerde de bu riskler değerlendirilmiştir. Günümüz kazalarında bu durumun 1. derecede etken olabileceği düşünülmektedir. Bu durumun önüne geçebilmek adına fren onarımı yapılan işletmelerle ilgili denetim ve cezai yaptırımlar artırılmalı ve özellikle trafikte seyir esnasında yapılacak kontrollerle, araçların gerekli güvenlik donanımlarını karşılayıp karşılamadığı incelenmeli, fren sistemi performansları test edilmeli ve fren sistemi performansı yeterli olmayan araçlar trafikten alıkonulmalıdır.

Fren sistemlerinde yapılan her türlü tadilat, TSE tarafından yayınlanan ilgili tamim gereği uygunluğu yetkili teknik servisler tarafından test edilip raporlandırılmak zorundadır. Fren sistemlerinde orijinal parça kullanılmasının sistem güvenliği açısından büyük önemi vardır. Almanya’da uygulanan SP muayene sistemi, periyodik muayene dışında gerçekleştirilen ve sökme-takma prensibine dayanan bir muayene sürecidir. Bu muayene sürecinde aracın tip onay testi almış olduğu parçaların halen araç üzerinde olup olmadığı tespit edilir. Türkiye’de de bu şekilde bir muayene sistemine ihtiyaç bulunmaktadır.

Türkiye’de ana yol güzergâhında kullanılan kütle ölçümleri sayesinde özellikle şehirlerarası seyahat eden ağır vasıtalarda azami yüklü ağırlıktan fazla yük taşınmasının önüne geçilmiş ve bu süreç disipline edilmiştir. Frenlerin aşırı ısınması sonucu devre basınç kayıplarına sebep olan istiap haddinden fazla yük taşınması sorununun şehir merkezlerinde de benzer sistemin geliştirilmesi ile çözülmesi gerektiği düşünülmektedir.

Sistem güvenliği açısından tehlike yaratabilecek sızıntıya dayalı basınç kayıplarının önlenmesi, olumsuz durumların yaşanmaması için araç sahipleri ya da filo araçları için teknik bakım ekibi tarafından sistemin sızdırmazlığını etkileyen rakorlar, kelepçeler ya da hortumların sık sık kontrol edilerek kaçakların minimum seviyeye çekilmesi de yol

güvenliği açısından olumlu katkıları sağlayacaktır. Sistemin sızdırması, kompresörün gereksiz çalışması sonucu yakıt tüketiminin artmasına, sürücünün sabırsız hareketleri sonucu hava tüplerinin yeterli basınca ulaşmadan aracın hareket ettirilmesine, kullanıcı şikâyetleri sonucunda diğeri fren sistemi parçalarında uygunsuz tamiratlar yapılarak fren güvenliğinin olumsuz etkilenmesi gibi istenilmeyen sonuçlara yol açmaktadır.

Bu çalışmanın devamı olarak, hazırlanacak deney araçlarında bu tezin EK-6'da verilen çizelge ile metotlardan da faydalanılarak yüklü ve yüksüz çeşitli performans ve güvenlik testleri yapılabilir. Yapılacak olan bu çalışma sonucunda hız ve yük koşullarının bir araya getirilmesiyle en kötü şartlar simüle edilerek sistemin performansının test edilmesi ve çıkan sonuçların analiz edilmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Gündoğdu, G. (2010). *Coğrafi bilgi teknolojileri kullanılarak trafik kaza analizi: Adana örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri, Adana, 1-123.
2. Demir, A. (2011). *Frenler Genel Ders notu*, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, İstanbul, 1-30.
3. Ulaştırma, Denizcilik, Haberleşme Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü. (2013). *Trafik Kazaları Özeti 2012*, Trafik Güvenliği Dairesi Başkanlığı, Ankara 1-16.
4. Erdem, M. (2007). *Motorlu Taşıtlarda Yavaşlatıcı Etkilerinin Deneysel Analizi Ve Yapay Sinir Ağları İle Modellenmesi*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri, Ankara, 1-8.
5. Türkiye İstatistik Kurumu. (2011). *Trafik Kaza İstatistikleri*, Ankara: Türkiye İstatistik Kurumu Matbaası, 1-120.
6. Türkiye İstatistik Kurumu. (2011). *Ulaştırma İstatistikleri Özeti*, Ankara: Türkiye İstatistik Kurumu Matbaası, 14-53.
7. European Road Statistics. (2011). *Ulaştırma İstatistikleri Özeti*, Belgium: European Union Road Federation Place Stéphanie, 14-92.
8. Temel, F., Özcebe, H. (2006). *Türkiye’de Karayollarında Trafik Kazaları*, Sürekli Tıp Eğitim Dergisi, Ankara, 197-197.
9. Internet: History of Air Braking. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.europeanbrakingsystems.co.uk%2Fhistory&date=2014-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2014.
10. Tuna, Ş. (2006). *Ağır vasıta fren sistemleri, TÜVTÜRK eğitim dokümanları öğrenci ders dökümü*, İstanbul, 1-65.
11. Tenşi, İ. (2013). *Ağır vasıta fren sistemleri ve standard testleri*, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri, Kocaeli, 11-55.
12. Internet: Lök, A., Fren patlar mı ? URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.frenteknik.com%2Ficerik.asp%3Fid%3D16+%26konu%3Dkutuphane&date=2014-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2014.

13. Bowlin, C. L. (2005). *A pressure control scheme for air brakes in commercial vehicles*, Yüksek Lisans Tezi, Texas University Submitted to the Office of Graduate Studies of Texas University in partial fulfillment of the requirements for the degree of, Texas, 9-54.
14. Moody, D. (2009). *Application pressure for an electronic brake system*, Uppsala University, Sweden, 1650-8319.
15. Ramarathnam, S. (2008). *A Mathematical Model For Air Brake Systems In The Presence Of Leaks*, Yüksek Lisans Tezi, Texas University Submitted to the Office of Graduate Studies of Texas University in partial fulfillment of the requirements for the degree of, Texas, 1-54.
16. Murphy, R.W., Limpert, R., Segel, L. (Editörler). (1971). *Bus, Truck, Tractor- Trailer Braking System Performance*, Michigan:Highway Safety Research Institute, 1-136.
17. Artus, S., Cocquempot, V., Hayat, S., Staroswiecki, M., Lraminat, D., Covo, C. (2005). *CHV's brake discs temperature estimation: results in open road tests*, 2004 Proceedins of the 8th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Vienna, 220-225.
18. Arpat, S.K. (2001). *Minimization of the pad wear on both drum and disc brakes by thermal analysis*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri, İzmir, 1-50.
19. Düzgün, M. (2002). *Motorlu Taşıtlarda Fren Deney Yöntemleri ve Performans Kriterlerinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-131.
20. Bayrakçeken, H. (2002). *Motorlu taşıtlarda fren performans analizi ve geliştirilen test cihazında uygulaması*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 128-133.
21. Çataltepe V. (2008). *Ticari Araçlar İçin Fren Faktörünün Deneysel ve Teorik Sonuçlarının Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze, 1-117.
22. Avunç, T. (2007). *Ağır Ticari Taşıtları Fren Sistemleri Tasarımı*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1-117.
23. Yılmaz, M. (2008). *Kara taşıtlarında fren sistemi*, Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü, Ankara, 5.
24. MEGEP (Editörler). (2013). *Motorlu Araçlar Teknolojisi Fren Sistemleri*, Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı, 121-140.

25. Altıparmak, D. (2010). *Fren Sistemleri*, Dizayn Matbaacılık, Ankara, 117-127
26. Mensing, W. W. (2008). *Fren sistemi eğitimi Powerpoint sunusu*, İstanbul, 17-41.
27. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı. (2008). *Araçların imal, tadil ve montajı hakkındaki yönetmelik*, Ankara: Resmi Gazete, 1-119.
28. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı. (2002). *71 / 320 / AT Belirli Motorlu Araç Sınıflarının ve Römorklarının Frenleme Düzenekleri İle İlgili Tip Onayı Yönetmeliği*, Ankara: Resmi Gazete, 6-141.
29. United Nations Economic Commission for Europa. (2000). *Uniform Provisions Concerning The Approval Of Vehicles Of Categories M, N and O With Regard To Braking*, United Nations: United Nations Economic Commission for Europa, 8-261.
30. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı. (2002). *2007/46/AT Motorlu araçlar ve römorkları tip onayı yönetmeliği*, Ankara: Resmi Gazete, 1-166
31. Ulaştırma Bakanlığı. (2004). *Araç muayene istasyonlarının açılması, işletilmesi ve araç muayenesi hakkındaki yönetmelik*, Ankara: Resmi Gazete, 10-21
32. Gökten, A.G., Güney, A., Ereke, M. (Editörler). (1995). *Taşıt frenleri*, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi, 58-63.
33. CITA International Motor Vehicle Inspection Committee. (2005). *Recommendation no. 8 Brake testing of heavy vehicles and cars*, Belgium, 1-14.
34. MAHA Maschinenbau Haldenwang. (Editörler). (2007). *IW 7 Lon Competence Rulo Fren Test Kullanım Kitabı*, Haldenwang :CITA International Motor Vehicle Inspection Committee, 6-14.
35. MAHA Maschinenbau Haldenwang. (Editörler). (2007). *Ağırlık simülatörü standart işletim prosedürleri ve kullanım kılavuzu*, Haldenwang :CITA International Motor Vehicle Inspection Committee, 5-19.
36. Mensing, W. W. (2007). *Wabco Treyler ABS Eğitimi Powerpoint sunusu*, 6-63.
37. Soydan A. (2007). *Frenleme sistemleri, testleri ve test sonuçlarının değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri, Ankara, 1-14.

38. Bayrakçeken, H., Altıparmak, D. (2007). Fren test cihazı tasarımı ve frenleme kuvveti ölçüm ve modellemesi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(1), 21-26.
39. Internet: Air brake manual be safe, ISBN 1-55396-034-3, URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww2.gnb.ca%2520%2Fcontent%2Fgnb%2Fen%2Fdepartments%2Fpublic+safety.html&date=2014-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2014.
40. TÜVTÜRK eğitim dokümanı. (2013). *SD 16800 ALB Testi Powerpoint sunusu*, İstanbul, 5-24.
41. Lök, A. (2003). *Çekici fren sistemlerinde yenilikler ve Retarder'in artan önemi*, İstanbul, 25-33.
42. Internet: Lök, A., Kütüphane, URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.frenteknik.com%2Ficerik.asp%3Fid%3D16+%26konu%3Dkutuphane&date=2014-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2014.
43. Internet: Commercial Driver's Licence Manual Section 5 Air Brakes. URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fdmv.ny.gov%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Flegacy_files%2Fbroch%2Fcdl%2Fcdl10sec05.pdf+%&date=2014-05-16, Son Erişim Tarihi: 16.05.2014.
44. Türk Standartları Enstitüsü. (2011). *Araç proje uygulama usul ve esasları*, Ankara: TSE Ürün belgelendirme merkezi başkanlığı, 13.
45. Internet: Yukon Air Brake Manual, Brakes and Braking. URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.hpw.gov.yk.+ca%2Fpdf%2Fairbrake_manual_english.pdf+%&date=2014-05-16, Son Erişim Tarihi: 16.05.2014.
46. Internet: The Air Brake Handbook, Bendix. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.suspensionspecialists+.com%2Ftechinfo%2FBendix+Brake+Handbook+2009.pdf+%&date=2014-05-16>, Son Erişim Tarihi: 16.05.2014.
47. MAN. (2012). *Man Fren Temel Eğitimi*. Ankara: Man, 1-69.
48. Demir, A., Çavdar, A., Kılıçaslan, İ. (2008, 1-4 Haziran). *Frenlemede zayıflama sınırının tespiti ve iyileştirme çalışmaları*. 4.Otomotiv teknolojileri kongresi, Bursa.

EKLER

EK-1. Deney Sonuçları 1

Çizelge 1.1. Fren kuvvetindeki değişimlerin izlenmesi için hazırlanan deney matrisi

Deney aracı	Aks durumu	1 bar fren pedal kuvveti uygulandığında		1,5 bar fren pedal kuvveti uygulandığında		2 bar fren pedal kuvveti uygulandığında		2,5 bar fren pedal kuvveti uygulandığında	
		Sol tekerlek fren kuvveti dN	Sağ tekerlek fren kuvveti dN	Sol tekerlek fren kuvveti dN	Sağ tekerlek fren kuvveti dN	Sol tekerlek fren kuvveti dN	Sağ tekerlek fren kuvveti dN	Sol tekerlek fren kuvveti dN	Sağ tekerlek fren kuvveti dN
Deney aracı – 1	1.aks	406	323	646	550	835	723	1069	961
Deney aracı – 1	2.aks	351	342	608	614	832	833	1044	1090
Deney aracı – 2	1.aks	423	339	635	521	810	739	1110*	1039*
Deney aracı – 2	2.aks	413	480	714	778	978	1006	1178	1289
Deney aracı – 3	1.aks	273	310	502	557	690	760	871	964
Deney aracı – 3	2.aks	368	314	579	551	803	723	1070	968
Deney aracı – 4	1.aks	523	339	849	606	1114	910	1403	1130
Deney aracı – 4	2.aks	160	186	311	322	490	518	564	571
Deney aracı – 5	1.aks	286	292	497	510	723	730	1128	985
Deney aracı – 5	2.aks	221	228	451	450	581	597	715	721
Deney aracı – 6	1.aks	346	345	530	520	646	659	808	829
Deney aracı – 6	2.aks	318	485	508	671	685	1010	997	1347
Deney aracı – 7	1.aks	460	521	800	721	975	1043	1231	1340
Deney aracı – 7	2.aks	253	236	439	464	588	606	706	704
Deney aracı – 8	1.aks	514	347	785	504	810	745	845*	891*
Deney aracı – 8	2.aks	480	542	878	897	1064*	964*	_*	_*
Deney aracı – 9	1.aks	187	187	240	231	_*	_*	_*	_*
Deney aracı – 9	2.aks	154	141	_*	_*	_*	_*	_*	_*
Deney aracı – 10	1.aks	230	237	300	314	410	424	_*	_*
Deney aracı – 10	2.aks	294	301	451	428	507*	485*	_*	_*

*Fren değerleri blokaj sınırına ulaşmıştır.

EK-2. Deney Sonuçları 2

Çizelge 2.1. Sabit bir pedal kuvveti uygulandığında fren kuvvetlerindeki dalgalanma durumu analizi için hazırlanan deney matrisi

Deney aracı	Aks durumu	3 bar fren pedal kuvveti uygulandığında		Fren kuvveti dalgalanma durumu	Frenleme anında kuvvetlerde değişkenliğe neden olan etken
		Sol tekerlek fren kuvveti (dN)	Sağ tekerlek fren kuvveti (dN)		
Deney aracı – 1	1.aks	1271	1165	Yok	
Deney aracı – 1	2.aks	1228	1296	Yok	
Deney aracı – 2	1.aks	1123	1039	Var	
Deney aracı – 2	2.aks	1450	1454	Yok	
Deney aracı – 3	1.aks	1155	1194	Yok	
Deney aracı – 3	2.aks	1195	1088	Yok	
Deney aracı – 4	1.aks	1565	1241	Yok	
Deney aracı – 4	2.aks	565	607	Yok	
Deney aracı – 5	1.aks	1418	1272	Yok	
Deney aracı – 5	2.aks	801	819	Yok	
Deney aracı – 6	1.aks	996	1021	Yok	
Deney aracı – 6	2.aks	1194	1603	Var	
Deney aracı – 7	1.aks	1375	1448	Yok	
Deney aracı – 7	2.aks	774	767	Yok	
Deney aracı – 8	1.aks	785*	504*	Yok	
Deney aracı – 8	2.aks	878*	897*	Yok	
Deney aracı – 9	1.aks	187*	187*	Yok	
Deney aracı – 9	2.aks	154*	141*	Var	
Deney aracı – 10	1.aks	410	424	Yok	
Deney aracı – 10	2.aks	507	485	Var	
*Fren değerleri blokaj sınırına erken ulaştığı için 3 bardan daha küçük bir pedal kuvvetinde ölçüm yapılmıştır.					

EK-3. Deney Sonuçları 3

Çizelge 3.1. Aks üzerindeki tekerleklere etki eden fren kuvvetlerindeki sapma deneyleri tespiti için hazırlanan deney matrisi

Deney aracı	Aks durumu	Fren test cihazında maksimum frenleme kuvvetine ulaşıldığındaki oluşan sapma değerleri		
		Sol tekerlek fren kuvveti (dN)	Sağ tekerlek fren kuvveti (dN)	Sapma değeri % olarak
Deney aracı – 1	1.aks servis freni	1750	1588	9
Deney aracı – 1	2.aks servis freni	1236	1301	5
Deney aracı – 1	1.aks park freni	1526	1191	22
Deney aracı – 2	1.aks servis freni	1123	1039	7
Deney aracı – 2	2.aks servis freni	2060	2019	2
Deney aracı – 2	1.aks park freni	757	952	20
Deney aracı – 3	1.aks servis freni	1415	1500	6
Deney aracı – 3	2.aks servis freni	1194	1116	7
Deney aracı – 3	1.aks park freni	1112	967	13
Deney aracı – 4	1.aks servis freni	1402	1130	19
Deney aracı – 4	2.aks servis freni	565	607	7
Deney aracı – 4	1.aks park freni	522	504	3
Deney aracı – 5	1.aks servis freni	1579	1345	15
Deney aracı – 5	2.aks servis freni	878	905	3
Deney aracı – 5	1.aks park freni	856	761	11
Deney aracı – 6	1.aks servis freni	1154	1162	1
Deney aracı – 6	2.aks servis freni	1646	2246	27
Deney aracı – 6	1.aks park freni	967	467	52
Deney aracı – 7	1.aks servis freni	1376	1447	5
Deney aracı – 7	2.aks servis freni	787	804	2
Deney aracı – 7	1.aks park freni	443	516	14
Deney aracı – 8	1.aks servis freni	857	952	10
Deney aracı – 8	2.aks servis freni	809	884	8
Deney aracı – 8	1.aks park freni	639	665	4
Deney aracı – 9	1.aks servis freni	256	241	6
Deney aracı – 9	2.aks servis freni	260	240	8
Deney aracı – 9	1.aks park freni	187	203	8
Deney aracı – 10	1.aks servis freni	414	440	6
Deney aracı – 10	2.aks servis freni	507	485	4
Deney aracı – 10	1.aks park freni	413	413	0

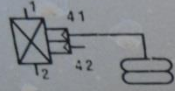
EK-4. Deney Sonuçları 4

Çizelge 4.1. Maksimum frenlemeye ulaşmak için ihtiyaç duyulan basınç analizini ölçmede kullanılacak matrisi

Sistem basıncı değerleri	Fren test cihazında tekerleklerin bloke olduğu frenleme kuvvetine ulaşmak için ihtiyaç duyulan basınç analizi															
	Deney aracı 1		Deney aracı 2		Deney aracı 3		Deney aracı 4		Deney aracı 5		Deney aracı 6		Deney aracı 7		Deney aracı 8	
	FREN KUVVETLERİ (dN)															
	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ
10 bar	1498	1482	-	-	1415	1494	1474	1154	1601	1378	1221	1254	1399	1470	985	1004
9 bar	1487	1471	-	-	1414	1491	1495	1201	1579	1345	1198	1224	1421	1482	991	1009
8 bar	1492	1477	-	-	1404	1487	1421	1125	1550	1354	1201	1209	1385	1401	965	981
7 bar	1488	1473	-	-	1411	1496	1501	1154	1591	1374	1151	1185	1376	1440	945	964
6 bar	1491	1479	-	-	1441	1524	1454	1131	1521	1301	1172	1192	1401	1481	921	969
5 bar	1501	1486	-	-	1423	1511	1414	1134	1579	1354	1158	1171	1391	1454	981	1001
4 bar	1089	1059	-	-	1446	1495	1198	1129	1477	1393	1118	1140	1250	1261	965	1005
3 bar	809	793	-	-	1177	1205	1173	1094	1065	1007	653	655	1038	1050	919*	939*
2 bar	441	391	-	-	715	754	1159	991	599	552	338	295	615	670	809	758
1 bar	212	168	-	-	325	330	1147	813	350	297	298	234	327	371	381	409

* 1. deney aracının her 2 dingilinde kombi fren silindiri bulunduğu için bu araçtan değer alınamamıştır. Bu araç yerine muadil bir araçtan verilerek alınarak tabloya işlenmiştir.

EK-5. Deney araçları ALB etiketleri

		AIR SUSPENSION HAVALI SÜSPANSİYON	
Rear axle (s)		Arka aks(lar)	
		Input pressure Giriş basıncı 6.5 bar	
Valve No. Valf Numarası		475 711 101 1	
Axle load Aks yükü kg	Bag pressure Körük basıncı bar	Output pressure Çıkış basıncı bar	
2400	0.8 ± 0.2	2,5 ± 0,5	
11000	6,3 ± 0,2	6,5 ± 0,5	

Resim 5.1. 2. Deney aracı ALB etiketi

EK-6. Deney matrisi

Çizelge 6.1. Kompresörün devreye girme basıncının tespiti, yüklü ve yüksüz iken sistem performansının değerlendirilmesi için yol testlerinde kullanılan deney matrisi

Ölçüm	Frenleme başladığında araç hızı (km/h)	Deney sonuçları					Deney şartları		
		Deneye başlamadan önce ölçülen sistem basıncı	Deneyden sonra ölçülen sistem basıncı	Güvenli duruş mesafesinde fren pedalına kaç kez basılıp bırakıldığı	Aracın güvenli durma mesafesi	Deney aracında 1 kere basılıştan pedala uygulanmış basınç değeri	Frenleme ve yol koşulları	Aracın yük durumu	Kompresörün çalışma durumu
1.ölçüm	90						Araca güvenli duruş mesafelerinde, tekerleklerinde kızaklama olmadan ve normal sürücü davranışlarında frenleme yaptırılmıştır. Trafığe kapalı, Düz, Kuru, Asfalt, Havaalanı pisti	Yüksüz	Devre dışı
1.ölçüm	70								
1.ölçüm	50								
2.ölçüm	90								
2.ölçüm	70								
2.ölçüm	50								
3.ölçüm	90								
3.ölçüm	70								
3.ölçüm	50								
1.ölçüm	90						Araca güvenli duruş mesafelerinde, tekerleklerinde kızaklama olmadan ve normal sürücü davranışlarında frenleme yaptırılmıştır. Trafığe kapalı, Düz, Kuru, Asfalt, Havaalanı pisti	Azami yüklü konumda	Devre dışı
1.ölçüm	70								
1.ölçüm	50								
2.ölçüm	90								
2.ölçüm	70								
2.ölçüm	50								
3.ölçüm	90								
3.ölçüm	70								
3.ölçüm	50								

EK-6. (devam) Deney Matrisi

Havalı fren sistemlerinin durur vaziyette yapılan güvenlik kontrolleri kadar sistemin taşıtın yürür vaziyette iken güvenlik kontrollerinin yapılması da önemlidir. Aşağıdaki deney prosedürleri oluşturulur.

- ✓ Deney aracında kompresörün devreye girme basıncı tespit edilir.
- ✓ Sistem basıncı kompresörün kesme basıncı değerine getirilir.
- ✓ Deney aracı kompresörü devre dışı bırakılır.
- ✓ Deney taşıtlarının azami yüklü ağırlıkta yapılacak olan testleri için yük materyali hazırlanır ve azami yüklü ağırlığa ulaştığı deney aracının kantar'da ölçümü ile tespit edilir.
- ✓ Güvenli duruş mesafesinin sağlanması için pedala kaç bar kuvvet uygulanacağı ve kaç kez uygulanacağını deney tecrübesi ile tespit edilmesi gerekir. Bu durum için pedal kuvveti sabitleyici aparat geliştirilmesi gerekir.
- ✓ Aracın güvenli durma mesafesinin tespiti için GPS cihazları kullanılabilir.

EK-6'da verilen deney matrisi ve yukarıda sunulan deney ekipmanları kullanılarak sistem ile ilgili aşağıdaki güvenlik kontrolleri yapılabilir.

- ✓ Deneye başlamadan önce alınan sistem basıncı değerleri ile aracın yüksüz konumda iken (yürür vaziyetteki kütlesi) çeşitli hızlarda güvenli frenlemesi yapılarak sistemin kaybettiği basınçlar hesaplanır.
- ✓ Deneye başlamadan önce alınan sistem basıncı değerleri ile aracın yüklü konumda iken (azami yüklü ağırlıkta) çeşitli hızlarda güvenli frenlemesi yapılarak sistemin kaybettiği basınçlar hesaplanır.
- ✓ Aracın güvenli durma mesafesinde, yüksüz konumda kaç barlık fren kuvveti ile kaç kez fren kuvveti uygulandığı tespit edilir.
- ✓ Aracın güvenli durma mesafesinde, azami yüklü konumda kaç barlık fren kuvveti ile kaç kez fren kuvveti uygulandığı tespit edilir.

Bu analizler fiili olarak sistem performansının daha net değerlendirilmesine, kompresörün devreye girme basıncı ile ilgili daha detaylı fikir sunulacağına ve aracın güvenli duruş mesafesinde kaybettiği basınç değerlerinin tespit edilerek kritik basınç çalışma aralığının belirlenmesine katkı sağlayacaktır.

EK-6. (devam) Deney Matrisi

71/320/AT yönetmeliğinin Enerji depoları ve enerji kaynakları bölümünde yapılması gereken deney ile ilgili aşağıdaki ifadeler yer almaktadır.

- Motorlu araçların depoları, ana fren kumandasının 8 kez tam basılıp bırakılmasından sonra, depoda/depoları kalan basınç, belirlenmiş ikincil fren performansını verebilecek basınç değerin altına düşmeyecek şekilde olmalıdır. Deney boyunca, aşağıda belirtilen şartlar yerine getirilmelidir.
- Deponun başlangıç enerji seviyesi imalatçı tarafından belirlenmelidir. Bu başlangıç enerji seviyesi önceden verilmiş ana fren sisteminin performansını sağlayabilecek durumda olmalıdır.
- Depo/depolar beslenmemeli; ayrıca yardımcı donanımlar için olan depo/depolar ayrılmalıdır.

Bu deneysel araştırmadan esinlenerek kurulacak olan deney prosedürü sayesinde aşağıda sunulan analizler yapılarak güvenlik kontrolleri detaylı incelenebilir.

- Yönetmelikte 8 kez fren kumandasına tam basılıp bırakılmasının sebebinin aracın frenleme güvenliği açısından en olumsuz durumda verdiği tepkiyi simüle etmek olduğu anlamı çıkartılabilir.
- Sistemin 8 kez tam frenleme sonucunda kaç bar basınç kaybettiği hesaplanarak kompresörün devreye girme basınç aralığı ile farklı analizler yapılabilir.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı :KAPLAN, Serkan
 Uyruğu :T.C.
 Doğum tarihi ve yeri :03.11.1983, Eskişehir
 Medeni hali :Evli
 Telefon :0(532) 401 04 30
 Faks :0(222) 338 16 27
 E-mail :serkankaplan26@hotmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enst.	Devam Ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi/T.E.F. Otomotiv Öğr.	2006
Lise	Eskişehir Motor Anadolu Teknik Lisesi	2001

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2006-2007	Önaysan Ltd. Şti.	Vardiya amiri
2008 -	TÜVTÜRK Eskişehir Araç Muayene İst.	İstasyon amiri

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Binicilik, futbol, gezi



GAZİ GELECEKTİR..