

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OTOMOBİLLERDE FREN SİSTEMLERİ VE İNCELENMESİ**

Mak.Müh. Nilay YAVUZASLAN

**F.B.E.Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Konstrüksiyon Programında**

**Hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Muharrem E. BOĞOÇLU (YTÜ)**

**İSTANBUL-2006**

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ .....	ivv
KISALTMA LİSTESİ .....	v
ŞEKİL LİSTESİ .....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ .....	xi
ÖNSÖZ.....	xii
ÖZET .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
1 GİRİŞ.....	1
2 FREN ÇEŞİTLERİ .....	6
2.1 Tasarımlarına Göre Fren Çeşitleri .....	6
2.1.1 Disk Frenler .....	6
2.1.2 Kampana Frenler .....	7
2.1.3 Disk ve Kampana Frenlerin Karşılaştırılması .....	12
2.2 Fren Gücünü İletim Sistemlerine Göre Fren Çeşitleri.....	14
2.2.1 Hidrolik Frenler .....	14
2.2.2 Mekanik Frenler .....	14
2.2.3 Havalı Frenler .....	14
2.2.4 Elektrikli Frenler.....	15
2.3 İşlevlerine Göre Fren Çeşitleri .....	15
2.3.1 Ayak Freni .....	16
2.3.2 El Freni .....	16
2.3.3 Yardımcı Fren.....	18
3 FREN SİSTEMİ ELEMANLARI .....	18
3.1 Kampana Fren Elemanları .....	18
3.2 Disk Fren Elemanları.....	19
3.3 Fren Ana Merkezi .....	21
3.3.1 Fren Ana Merkezini Oluşturan Parçalar .....	28
3.4 Fren Servosu ( Westinghouse ).....	36
3.4.1 Tek Diyaframlı Fren Servosu .....	38
3.4.2 Çift Diyaframlı Fren Servosu.....	46
3.5 Basınç Oranlama Valfleri .....	49
3.5.1 P-Valf .....	49
3.5.2 P ve BV ( Basınç Oranlama ve By-pass valfi ) .....	53

3.5.3	LSPV ( Yük Hissedicili Basınç Oranlama Valfi ) .....	57
3.5.4	DSPV ( Yavaşlamayı Hisseden Basınç Oranlama Valfi ) .....	60
4	GELİŞMİŞ FREN SİSTEMLERİ .....	64
4.1	ABS Fren Sistemi .....	64
4.1.1	ABS Sisteminin Özellikleri .....	65
4.1.2	ABS Sistemini Oluşturan Parçalar .....	66
4.1.3	ABS Kumanda Grubu .....	72
4.1.4	ABS Sisteminin Çalışması .....	72
4.1.5	ABS Sisteminin Diyagramı .....	76
4.2	ASR ( Anti-Patinaj ) Sistemi .....	77
4.2.1	ASR Fren Kumanda Grubu .....	80
4.2.2	ASR 'nin Çalışması .....	83
4.2.3	ABS ve ASR 'nin ECU'su .....	86
5	OTOMOBİLLERDE FREN ( DURMA) MESAFESİNİN DENEYSEL OLARAK BELİRLENMESİ .....	90
5.1	Fren Sisteminin Performansını Ölçme Deneyleri .....	91
5.1.1	Yol Testleri .....	91
5.1.2	Cihaz Üzerinde Yapılan Testler .....	91
5.2	Platformlu Fren Test Cihazında Yapılan Fren Performans Testi .....	94
5.3	Farklı Marka Otomobillerde, Değişik Yüklerde Yapılan Platformlu Fren Testleri ve Değerlendirilmesi .....	96
5.3.1	Örnek 1 ile Yapılan Fren Testleri .....	97
5.3.2	Örnek 2 ile Yapılan Fren Testleri .....	109
5.3.3	Örnek 3 ile Yapılan Fren Testleri .....	118
6	FREN SİSTEMİNDEKİ TEKNOLOJİK GELİŞMELER .....	128
6.1	Elektro Hidrolik Frenler .....	128
6.2	Elektro Mekanik Frenler .....	129
6.3	VW Firmasının 2006 Model Passat'ta Uyguladığı Gelişmiş Fren Sistemi .....	130
6.3.1	ABS/ESP TRW EBC 440 Anti-Blokaj Sistemi .....	130
6.3.2	Elektrikli Park Fren Sistemi .....	132
7	FREN DONANIMLARI KUVVET HESAPLARI VE ANALİZİ .....	146
8	SONUÇLAR .....	151
	KAYNAKLAR .....	153
	ÖZGEÇMİŞ .....	155

## SİMGE LİSTESİ

$A$	Pedal kenarının hareket miktarı
$A_b$	Fren balatası temas yüzeyi alanı
$a$	Fren pedalının merkezinden destek noktasına olan mesafe
$A_{fs}$	Fren servosu yüzey alanı
$A_{fm}$	Fren merkezi temas yüzey alanı
$A_k$	Fren kaliperi temas yüzey alanı
$A_b$	Fren balatası temas yüzeyi alanı
$B$	İtme çubuğundan destek noktasına olan mesafe
$b$	İtme çubuğunun hareket miktarı
$d_t$	Tekerlek çapı
$d_b$	Balata baskı diski çapı
$F_1$	Pedal kuvveti
$F_2$	İtici çubuk kuvveti ( Fren servosu giriş kuvveti )
$F_3$	Fren servosu çıkış kuvveti
$F_k$	Fren kaliperine uygulanan kuvvettir
$F_b$	Fren balatasına uygulanan kuvvettir
$P_r$	Hidrolik basıncı
$P_w$	Tekerlek silindir basıncı
$P_g$	Fren servosu giriş basıncı ( Atmosfer basıncı )
$P_v$	Fren servosu vakum basıncı
$P_{fm}$	Fren merkezinden ön ve arka tekerleklere iletilen hidrolik basıncı
$P_b$	Fren balatasına uygulanan sürtünme basıncı
$r$	Fren servosu yarıçapı
$r_{fm}$	Fren merkezi yüzey yarıçapı
$r_k$	Kaliper yarıçapı
$v$	Aracın hızı
$\mu_b$	Balata disk yüzey sürtünme katsayısı
$t$	Zaman

## KISALTIMA LİSTESİ

ABS	Anti-Blok Fren Sistemi ( Anti-Lock Brake System )
ASR	Anti-Patinaj Sistemi ( Anti Schlupf Regelung )
ACC	Otomatik Hız Kontrol Sistemi ( Adaptive Cruise Control )
ECU	Elektronik Kontrol Ünitesi ( Elektronik Control Unit )
EDL	Elektronik Diferansiyel Kilit ( Electronic Differantial Lock )
EHB	Elektro Hidrolik Sistem
EMB	Elektro Mekanik Sistem
ESP	Elektronik Denge Sistemi ( Electronic Stability Programme )
ETC,TCS	Electonic Traction Control
ISO	International Organization for Standardization
LED	Light Emitting Diode
OSA	National Organization for Automotive Safety and Victim's aid
SAE	Society of Automotive Engineers ( Otomotiv Mühendisleri Odası )
TRC	Electonic Traction Control
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TRW	Thompson-Ramo-Wooldridge

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1	Otomobillerdeki fren sisteminin genel görünüşü.....	2
Şekil 1.2	Otomobillerdeki fren sisteminin genel görünüşü.....	3
Şekil 1.3	Frenleme süreçleri grafiği .....	5
Şekil 2.1	Nissan Pathfinder araca ait fren diski görünüşü.....	6
Şekil 2.2	Fren diski genel görünüşü .....	7
Şekil 2.3	Kampana fren genel görünüşü.....	8
Şekil 2.4	Nissan Micra araca ait fren kampanası genel görünüşü.....	9
Şekil 2.5	Tek baskı sistemli frenler .....	10
Şekil 2.6	Çift baskı sistemli frenler .....	11
Şekil 2.7	Tek parça tip ve hava kanatçıklı disk .....	13
Şekil 2.8	Fren sisteminin diğer bir görünüşü.....	16
Şekil 2.9	El freni resmi.....	17
Şekil 2.10	El freni çekildiğinde çalışma sistemi.....	17
Şekil 2.11	El freni kolu bırakıldığında çalışma sistemi.....	18
Şekil 3.1	Fren pedalına basıldığında pedalın çalışma prensibi.....	22
Şekil 3.2	Fren ana merkezinde oluşan basınç ve dağılımı.....	23
Şekil 3.3	Nissan Micra marka araca ait fren ana merkezi .....	23
Şekil 3.4	Nissan Micra marka araca ait fren ana merkezi .....	24
Şekil 3.5	Çift kademeli fren ana merkezi .....	24
Şekil 3.6	Frene basılmadığında fren ana merkezi.....	25
Şekil 3.7	Frene basıldığında fren ana merkezi .....	25
Şekil 3.8	Fren pedalı serbest bırakıldığında fren ana merkezi .....	26
Şekil 3.9	Fren pedalı serbest bırakıldığında fren ana merkezi .....	27
Şekil 3.10	Fren ana merkezinin arka tarafında yağ kaçağı durumu .....	27
Şekil 3.11	Yay turucu.....	28
Şekil 3.12	Ayrı rezervuar tankı.....	29
Şekil 3.13	Çıkış çekvalfi.....	30
Şekil 3.14	Çıkış valfi yapısı.....	31
Şekil 3.15	Fren pedalına basıldığında çıkış çekvalfi çalışma prensibi .....	31
Şekil 3.16	Fren pedalı bırakıldığında çıkış çekvalfi çalışma prensibi.....	32
Şekil 3.17	Rezervuar tank kapağı.....	33
Şekil 3.18	Rezervuar tankı yağ seviyesi.....	34
Şekil 3.19	Fren servosu .....	36

Şekil 3.20 Fren servosu yapısı.....	37
Şekil 3.21 Nissan Micra aracın fren servosu.....	38
Şekil 3.22 Frene basılmadığında fren servosu çalışma prensibi.....	39
Şekil 3.23 Frene basıldığında fren servosu çalışma prensibi.....	40
Şekil 3.24 Frene basıldığında fren servosu çalışma prensibi.....	41
Şekil 3.25 Frene yarım basılmış şekilde fren servosu çalışma prensibi.....	42
Şekil 3.26 Fren pedalına tam basıldığında fren servosu çalışma prensibi.....	43
Şekil 3.27 Frenler bırakıldığında fren servosu çalışma prensibi.....	44
Şekil 3.28 Vakumsuz konumda fren servosu çalışma prensibi.....	45
Şekil 3.29 Frene basılmadığında çift diyaframlı fren servosu çalışma prensibi.....	47
Şekil 3.30 Frene basıldığında çift diyaframlı fren servosu çalışma prensibi.....	48
Şekil 3.31 P-valf.....	49
Şekil 3.32 İdeal hidrolik basınç eğrisi.....	50
Şekil 3.33 Fren ana merkez silindir basıncı sıfırken P-valf çalışma prensibi.....	51
Şekil 3.34 Fren ana merkez silindiri basıncı düşük iken P-valf çalışma prensibi.....	51
Şekil 3.35 Fren ana merkez silindir basıncı.....	52
Şekil 3.36 Çiftli P-valf.....	53
Şekil 3.37 P ve By-pass valfi yapısı.....	54
Şekil 3.38 P ve BV valfi çalışması.....	55
Şekil 3.39 P ve BV çalışması.....	56
Şekil 3.40 P ve BV çalışması.....	56
Şekil 3.41 P ve BV çalışması.....	57
Şekil 3.42 LSPV 'nin yapısı.....	58
Şekil 3.43 Basınç eğrileri.....	58
Şekil 3.44 LSPV' nin çalışması.....	59
Şekil 3.45 LSPV' nin çalışması.....	60
Şekil 3.46 DSPV ' nin yapısı.....	61
Şekil 3.47 Araç yüksüz durumda iken DSPV' nin çalışması.....	61
Şekil 3.48 Araç üstünde DSPV' nin çalışması.....	62
Şekil 3.49 Araç üstünde DSPV' nin çalışması.....	63
Şekil 4.1 Nissan Pathfinder araca ait ön tekerlek hız sensörü.....	67
Şekil 4.2 Ön tekerlek hız sensörü yapısı.....	67
Şekil 4.3 Arka tekerlek hız sensörleri.....	68
Şekil 4.4 Tekerlek hız kontrolü diyagramı.....	70
Şekil 4.5 ABS kumanda grubu yapısı.....	72

Şekil 4.6 Normal frenleme sırasında sistemin çalışması .....	73
Şekil 4.7 Basınç düşürme modunda sistemin çalışması .....	74
Şekil 4.8 Tutma modunda sistemin çalışması .....	75
Şekil 4.9 Basınç yükseltme modunda sistemin çalışması.....	76
Şekil 4.10 ABS sistem diyagramı .....	77
Şekil 4.11 ASR/ABS birleşik düzeneği .....	79
Şekil 4.12 ASR' nin sistem diyagramı .....	80
Şekil 4.13 ASR kumanda grubu yapısı.....	81
Şekil 4.14 Fren kumanda grubu .....	82
Şekil 4.15 Normal çalışma modunda sistemin çalışması .....	83
Şekil 4.16 Basınç yükseltme modunda sistemin çalışması.....	84
Şekil 4.17 Tutma modunda sistemin çalışması .....	85
Şekil 4.18 Basınç düşürme modunda sistemin çalışması .....	86
Şekil 4.19 Tekerlek hız kontrolü diyagramı .....	88
Şekil 5.1 Tamburlu fren test cihazı ve parçaları.....	92
Şekil 5.2 Platform fren test cihazı .....	94
Şekil 5.3 Fren performans test cihazı .....	95
Şekil 5.4 Örnek 1 marka otomobil ile 50 kg yüklenerek yapılan fren testi.....	97
Şekil 5.5 Örnek 1 marka otomobil ile 100 kg yüklenerek yapılan fren testi.....	98
Şekil 5.6 Örnek 1 marka otomobil ile 150 kg yüklenerek yapılan fren testi.....	99
Şekil 5.7 Örnek 1 marka otomobilin sağ ön tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık yükler sonucu tüm tekerleklerdeki frenleme kuvvetleri ve değişimleri. ....	100
Şekil 5.8 Örnek 1 marka otomobilin sağ ön tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg' lık yükler sonucu frenleme kuvvetinin, aracın boş durumundaki frenleme kuvvetine göre % değişimi.....	101
Şekil 5.9 Örnek 1 marka otomobilin sağ arka tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık yükler sonucu tüm tekerleklerdeki frenleme kuvvetleri ve değişimleri. ....	102
Şekil 5.10 Örnek 1 marka otomobilin sağ arka tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık yükler sonucu frenleme kuvvetinin, aracın boş durumundaki frenleme kuvvetine göre % değişimi.....	103
Şekil 5.11 Örnek 1 marka otomobilin sol arka tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık yükler sonucu tüm tekerleklerdeki frenleme kuvvetleri ve değişimleri. ....	104
Şekil 5.12 Örnek 1 marka otomobilin sol arka tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık yükler sonucu frenleme kuvvetinin, aracın boş durumundaki frenleme kuvvetine göre % değişimi. ....	105

Şekil 5.13 Örnek 1 için aracın boş ağırlığı, sağ ön,arka ve sol arka tekerleğe 50 kg lık yük uygulanması durumunda ağırlık merkezinin yerleri.....	107
Şekil 5.14 Örnek 1 için aracın boş ağırlığı, sağ ön,arka ve sol arka tekerleğe 100 kg lık yük uygulanması durumunda ağırlık merkezinin yerleri.....	108
Şekil 5.15 Örnek 1 için aracın boş ağırlığı, sağ ön,arka ve sol arka tekerleğe 150 kg lık yük uygulanması durumunda ağırlık merkezinin yerleri.....	109
Şekil 5.16 Örnek 2 marka otomobil ile 50 kg yüklenererek yapılan fren testi.....	110
Şekil 5.17 Örnek 2 marka otomobil ile 100 kg yüklenererek yapılan fren testi.....	111
Şekil 5.18 Örnek 2 marka otomobil ile 150 kg yüklenererek yapılan fren testi.....	112
Şekil 5.19 Örnek 2 marka otomobilin sağ ön tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık yükler sonucu tüm tekerleklerdeki frenleme kuvvetleri ve değişimleri.....	113
Şekil 5.20 Örnek 2 marka otomobilin sağ ön tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg' lık yükler sonucu frenleme kuvvetinin, aracın boş durumundaki frenleme kuvvetine göre % değişimi.....	114
Şekil 5.21 Örnek 2 marka otomobilin sağ arka tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık yükler sonucu tüm tekerleklerdeki frenleme kuvvetleri ve değişimleri.....	115
Şekil 5.22 Örnek 2 marka otomobilin sağ arka tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık yükler sonucu frenleme kuvvetinin, aracın boş durumundaki frenleme kuvvetine göre % değişimi.....	116
Şekil 5.23 Örnek 2 marka otomobilin sol arka tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık yükler sonucu tüm tekerleklerdeki frenleme kuvvetleri ve değişimleri.....	117
Şekil 5.24 Örnek 2 marka otomobilin sol arka tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık yükler sonucu frenleme kuvvetinin, aracın boş durumundaki frenleme kuvvetine göre % değişimi.....	118
Şekil 5.25 Örnek 3 marka otomobil ile 50 kg yüklenererek yapılan fren testi.....	119
Şekil 5.26 Örnek 3 marka otomobil ile 100 kg yüklenererek yapılan fren testi.....	120
Şekil 5.27 Örnek 3 marka otomobil ile 150 kg yüklenererek yapılan fren testi.....	121
Şekil 5.28 Örnek 3 marka otomobilin sağ ön tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık yükler sonucu tüm tekerleklerdeki frenleme kuvvetleri ve değişimleri.....	122
Şekil 5.29 Örnek 3 marka otomobilin sağ ön tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık yükler sonucu frenleme kuvvetinin, aracın boş durumundaki frenleme kuvvetine göre % değişimi.....	123
Şekil 5.30 Örnek 3 marka otomobilin sağ arka tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık yükler sonucu tüm tekerleklerdeki frenleme kuvvetleri ve değişimleri.....	124
Şekil 5.31 Örnek 3 marka otomobilin sağ arka tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık	

yükler sonucu frenleme kuvvetinin, aracın boş durumundaki frenleme kuvvetine göre % değişimi. ....	125
Şekil 5.32 Örnek 3 marka otomobilin sol arka tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık yükler sonucu tüm tekerleklerdeki frenleme kuvvetleri ve değişimleri. ....	126
Şekil 5.33 Örnek 3 marka otomobilin sol arka tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık yükler sonucu frenleme kuvvetinin, aracın boş durumundaki frenleme kuvvetine göre % değişimi. ....	127
Şekil 6.1 Hidrolik ünite ve kontrol ünitesi .....	131
Şekil 6.2 Fren servosu ve fren basıncına etkisi .....	132
Şekil 6.3 Elektrikli park frenini oluşturan parçalar .....	133
Şekil 6.4 Sensörler.....	134
Şekil 6.5 Arka tekerlek dizaynı .....	135
Şekil 6.6 Elektro mekanik sistemin çalışması .....	136
Şekil 6.7 Hidrolik sistemin çalışması .....	137
Şekil 6.8 Elektro mekanik park freni tuşu .....	138
Şekil 6.9 Auto Hold tuşu .....	138
Şekil 6.10 Elektro mekanik park freni kontrol lambası.....	139
Şekil 6.11 Çalışma süreci .....	140
Şekil 6.12 Dinamik kalkış desteği çalışma süreci .....	142
Şekil 6.13 Dinamik acil fren fonksiyonu çalışma süreci .....	143
Şekil 6.14 Çalışma diyagramı.....	145
Şekil 7.1 Fren pedalı görünüşü ve uygulanan kuvvetler .....	146
Şekil 7.2 Fren servosu ve uygulanan kuvvetler.....	147
Şekil 7.3 Fren merkezi ve uygulanan kuvvetler .....	148
Şekil 7.4 Fren kaliperi ve uygulanan kuvvetler.....	149
Şekil 7.5 Fren balatası ve uygulanan kuvvetler.....	149

## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1 Fren hidrolikleri standartları.....	36
-------------------------------------------------	----

## ÖNSÖZ

Fren sistemleri, otomobillerin güvenli bir şekilde durmasını veya duran aracın hareket etmesini engelleyen elemanlardır. Sürekli gelişen teknoloji ile fren sistemleri gün geçtikçe gelişmekte, daha kısa sürelerde güvenli duruş ve araç stabilitesinde emniyet sağlamaktadır.

Çalışmalarım esnasında katkılarından ve yardımlarından dolayı, tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Muharrem Erdem BOĞOÇLU' ya teşekkürlerimi sunarım.

İstanbul, 2006

Nilay YAVUZASLAN

## **FREN SİSTEMLERİ**

Otomobiller, yakıtın yanması ve bu ısı enerjisinin mekanik sistemler yolu ile harekete dönüştürülmesi sayesinde harekete geçirilirler. Bu hızın kontrolü veya azaltılması tekrar ısı enerjisine dönüşmeyi gerektirir ki bu da modern fren sistemleri tarafından yerine getirilir. Son yıllarda taşıt güvenliğine verilen önemin artmasının sonucu olarak, daha etkili frenleme sistemlerinin geliştirilmesi çabaları yoğunlaştırılmıştır.

Fren sistemleri tasarımlarına, fren gücünü iletim sistemlerine ve işlevlerine göre sınıflandırılır. Eskiden yaygın olarak kullanılan kampana frenlerin yanı sıra günümüzde disk fren uygulaması yaygınlaşmış olup genel olarak ön tekerleklerde disk fren arka tekerleklerde kampana fren kullanılmaktadır. Teknolojinin gelişmesi ve otomobillerden beklenen performans yüksekliği, disk frenlerin kullanımını yaygınlaştırmıştır. Disk frenler, kampanalı frenlere göre ısıyı daha iyi iletmede ve suyu daha kolay atmaktadırlar. Fren hidroliği rezervuar tankında depolanır. Frene basıldığında, iletilen kuvvet fren servosu itme çubuğunu harekete geçirir. Servoda oluşan vakum kuvvetinin katkısı ile kuvvet daha da büyür ve fren merkezi itme çubuğunu hareket ettirir, fren merkezinde depolanan hidrolik, uygulanan itme kuvveti ile ön ve arka tekerlek silindirlerine iletilmek üzere fren borularına itilir. Ön tekerlek silindirlerine gelen hidrolik fren kaliperinden içeri girerek pistonu iter ve piston, fren balatası ile tekerleğin sürtünmesini sağlayarak frenleme oluşturur. Arka tekerleklerde ise kampanalara gelen hidrolik yağ ile oluşan basınç tekerlek silindirleri üzerinde oluşur. Oluşan basınç sonrası, hidrolik silindir içindeki pistonları iterek papuçları ayırır ve balataların kampanaya sürtünmesini sağlayarak frenleme kuvveti oluşturur.

Teknolojinin gelişmesi ve araç süratlerinin artması fren sistemlerinin geliştirilmesi ihtiyacı doğurmuştur. Bu nedenle artık birçok otomobilde standart olan ABS ( Antilock Brake System) geliştirilmiştir. ABS frenleme esnasında aracın kayması önleyip, güvenli duruş imkanı tanır.

Bu tez çalışmasında; fren sistemleri elemanlarının tasarımlarının incelenmesi , malzeme özellikleri, fren tasarımının ne şekilde yapıldığı ve teknolojik gelişmelere yer verilmiştir.

## **BRAKE SYSTEM**

Cars are driven by the combustion of the fuel, and the conversion of this heat energy into motion by mechanical systems. Control or reducing of this speed requires conversion back into heat energy, and this is carried out by modern brake systems. As a result of the increase in the importance that is given to vehicle safety, efforts in developing more effective brake systems have been intensified. Brakes are categorized of design, brakes power transmission system and function. As well as drum brakes, which were commonly used in the past, disc brake applications have also become widespread today, usually disc brakes are used in the front wheels, and drum brakes in the rear wheels. Development of technology and the high performance that is expected from the cars have generalized the use of disc brakes. Disc brakes conduct heat better compared to drum brakes and discharge water better. Brake fluid is stored reservoir tank. When the brake is depressed, conducted force activates the brake booster cylinder. Vacuum created by the booster gets bigger with this force and causes the movement of the brake master cylinder and the fluid inside the brake cylinder is transmitted to the front and rear wheels through the holes that are opened. The fluid that comes to front wheel cylinders goes in through the brake caliper, pushes the piston and creates braking effect by ensuring the friction of the brake pad and the wheel. In the rear wheels, the pressure that builds up by the fluid that comes to the drums builds up on the wheel cylinders. After the pressure that has built up, hydraulic cylinder pushes the pistons inside and separates the shoes, and creates braking force by rubbing the pads against the drum.

The development of technology and increase in vehicle speeds led to the necessity of improving the brake systems. Therefore, the ABS (Antilock Brake System), which is now standard in many cars, has been developed. ABS balances the prevents the car of skidding during braking and enables safe stopping.

In this study, brake systems parts design, materials speciality, how to brake systems design and development of technology, inspected details.

## 1. GİRİŞ

Otomobillerde fren sistemlerinin kullanılmasının temel nedeni, hareket halindeki bir aracı çabuk ve emniyetli bir şekilde yavaşlatmak veya durdurmaktır. Diğer taraftan hareketsiz duran aracın, kendi kendine hareket etmesine mani olmaktır.

Frenler enerji değişim araçlarıdır. Aracın mekanik enerjisini, sürtünme ile ısı enerjisine çevirirler.

Aracın, hareketin ilk safhalarında vasıta hareketini ısıya çevirecek mekanik tertibatlar düşünülmüştür. Bu tertibatlar o dönemdeki vasıtaların çok hafif ve motorlarının düşük güçte olmaları nedeni ile sadece arka tekerleklere yerleştirilmiştir.

Bu tertibat fren kasnağı denenen ve dönen tekerleğe bağlanmış madeni bir döner yüzeyden meydana gelmiştir. Dış fren kasnağının dış kısmına bezle takviyeli bir bant geçirilmiştir. Bir ucu sabit olan bu bandın diğer ucu pimli bir manivelaya tutturulmuştur.

Bu manivelada, çelik tel ve çubuklarda vasıta şoförünün kullandığı bir pedala bağlı olan diğer bir manivelaya bağlanmıştır.

Araç şoförü pedala bastığı zaman bu hareket, manivela ve çubukla dış fren kasnağı etrafındaki metal banda sarılma veya sarma şekli ile iletilmekte idi. Bu hareket sabit olan fren bandı ile dönen, fren kasnağı arasında sürtünme meydana getirir ve bu da vasıtanın kinetik enerjisini emerek tekerleğin yavaşlamasını ve durmasını sağlardı.

Bu fren tertibatında giderek aşamalar kaydedilmiştir. Dış fren kasnağının ve bandın kir, su ve buza karşı dayanıklı olmadığı anlaşılmıştır. Bu dış etkiler mekanizmanın gücünü ve etkisini azaltıyordu.

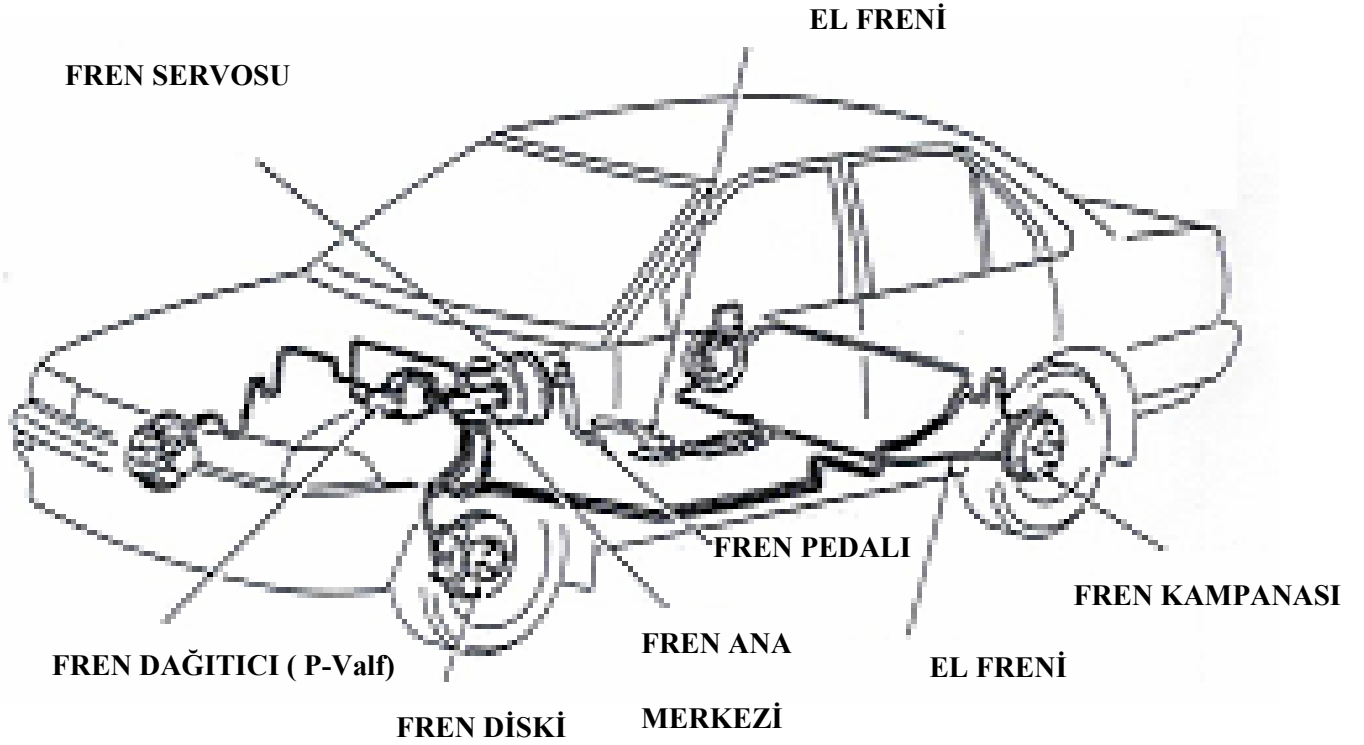
Devamlı artan güç ve hız, artan trafik yoğunluğu 20. yy da artan araç güçlerine karşı uygun fren sistemlerinin tasarlanmasını gündeme getirmiştir.

Ancak elektronik alanındaki gelişmeler acil durumlarda yeterince çabuk tepki verebilen sistemlerin gelişmesine neden olmuştur.

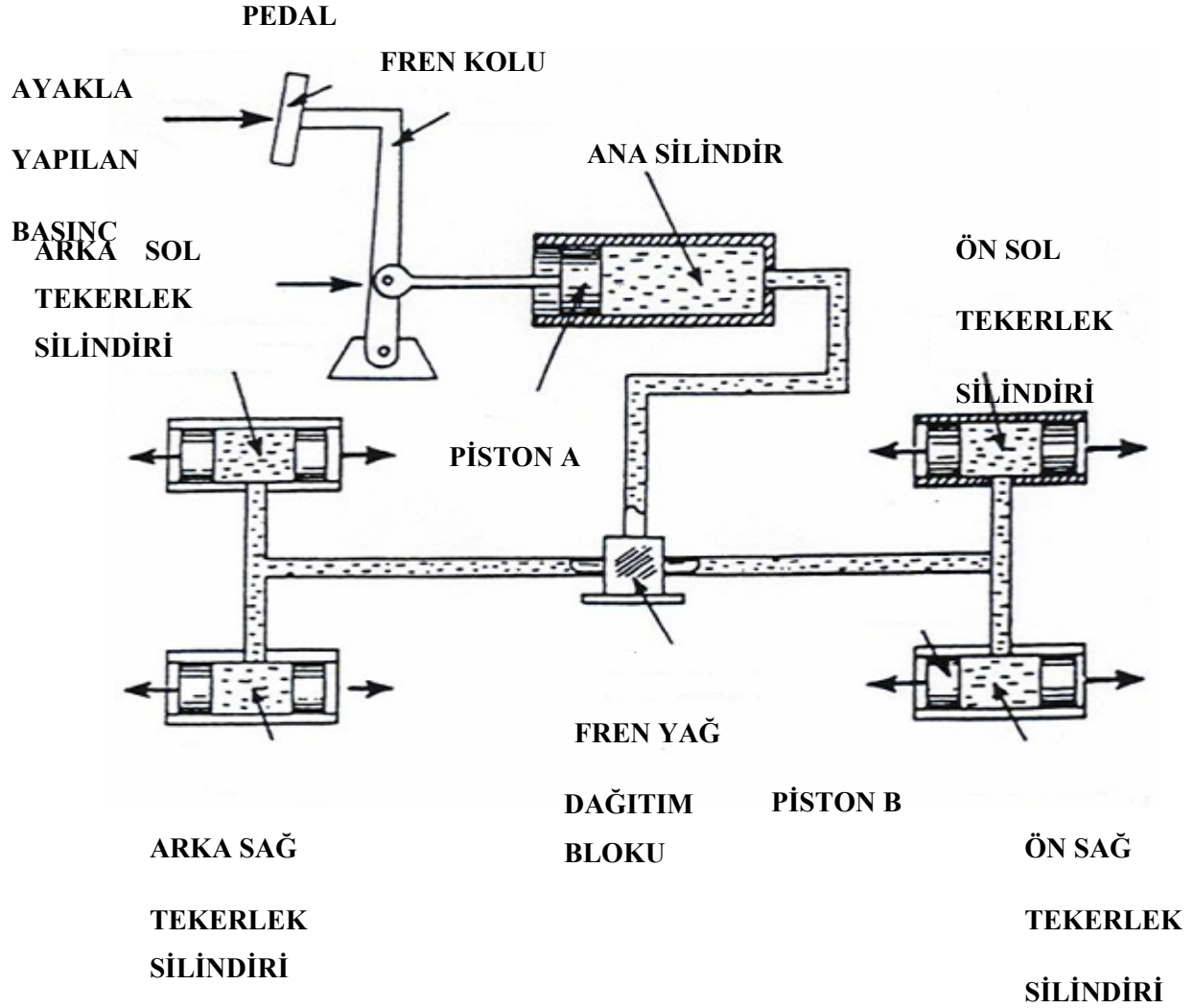
Elektronik frenleme sisteminin atası olan “ ABS ” 1978’de seri olarak pazara giriş yapmış, sürekli yenilenmiş ve ek fonksiyonlarla takviye edilmiştir. Seyir süresince aktif olarak sürüş güvenliğini yükseltir. Şu anda uygulamadaki trend, fren asistanı gibi sürücü destekleme sistemlerinin geliştirilmesidir.

Fren asistanı; sürücüyü, acil bir durumda direksiyon hakimiyetini koruyarak, frenleme etkisini artıracak şekilde destekler. Önde giden bir araç ani frene bastığında; arka araçtaki şoförün algılama ve frene basma işlemine kadar belirli bir süre geçer ki bu reaksiyon süresidir. Bu süre sonrası ise yeteri kadar frene basılmadığında fren mesafesi güvenli duruş için yetmez, fren asistanı bu durumda devreye girer. Fren asistanı, aracın hızından ve fren pedalına uygulanan kuvvetten acil bir durum oluştuğunu algılar. Fren basıncını tekerleklerin bloke olmasını önleyen ABS düzenlemesi oluncaya kadar yükseltir. Bu şekilde erişilebilecek maksimum fren etkisi kullanılarak fren mesafesi açık bir biçimde kısaltılmış olur.

Son yıllarda frenlerin tasarımı büyük değişikliğe uğramıştır. Yıllardır ön frenlerde kullanılan diskler, modern araçlarda arka kampanaların yerini almaya başlamıştır. Bundaki önemli etken basit tasarımları, hafiflikleri ve daha iyi performans sağlamaları olmuştur. Bunun sebebi ise tasarımları gereği kampanalara göre daha çabuk soğumaları ve böylece aşırı ısınma çıkaran zor fren şartlarında çok başarılı olmalarıdır. Çabuk soğumalarının sebebi ise havalandırma kanallarının olmasıdır. Tasarımları gereği suyu hemen savurup atarak daha iyi havalandırma sağlarlar.



Şekil 1.1 Otomobillerde fren sisteminin genel görünüşü.



Şekil 1.2 Otomobillerdeki fren sisteminin genel görünüşü.

Fren sistemi, hem aracın gereksinimleri hem de sistemin içindeki kendine has zorunlulukları referans alınarak tasarlanmıştır.

Araç baz alınarak yapılan tasarımlarda aracın ağırlık merkezi ve frenleme kuvvetlerinin ön ve arka akslardaki dağılımı, lastik ve yol yüzeyi arasında meydana gelen özel tutunma derecesine göre tekerleklerin kilitlenmesi gerçekleşmeden önce uygulanabilecek fren kuvvetinin oranı belirlenir.

Sistem bazlı tasarım, tekerlek frenlerinin boyutuna ve kontrol cihazlarına odaklanır. Yasal

gereksinimler, motor freni torku, yük faktörleri v.b. aracın belli uygulamaları için kullanılan tasarımı oluşturan unsurlardır.

Sistem tasarımı, fren tipi (disk veya kampana), dayanıklılık (aşınma, yük direnci), yeterli montaj yeri v.b. kriterlere dayanır.

Frenlemenin başlangıcından, bitimine kadar geçen süreçler aşağıdaki gibi sınıflandırılır.

Bu standart, kontrol mekanizmasının ilk müdahalesi ve frenlemenin bitirilmesi arasında meydana gelen tüm işlemleriyle ilgili frenleme mekaniklerini kapsar.

Frenleme işlemi, farklı aşamalara bölünebilir .

Frenlemenin başlangıç anı ;

Kontrol mekanizmasını  $t_0$  zamanında aktif hale geçirmek için gücün uygulanmaya başladığı noktadır.

İlk tepki süresi ;

$t_1-t_0$  süresi, kontrol mekanizmasını aktif hale getirmek için gücün uygulanmaya başladığı nokta ile etken fren kuvvetinin uygulandığı nokta arasında geçen periyottur.

Basınç oluşturulma süresi ;

$t_1'-t_1$  süresi, fren kuvvetinin ilk uygulandığı an ile istenilen basınç düzeyinin (fren basıncının %75'ine denk düşer) elde edildiği nokta arasında geçen periyottur.

Toplam frenleme süresi ;

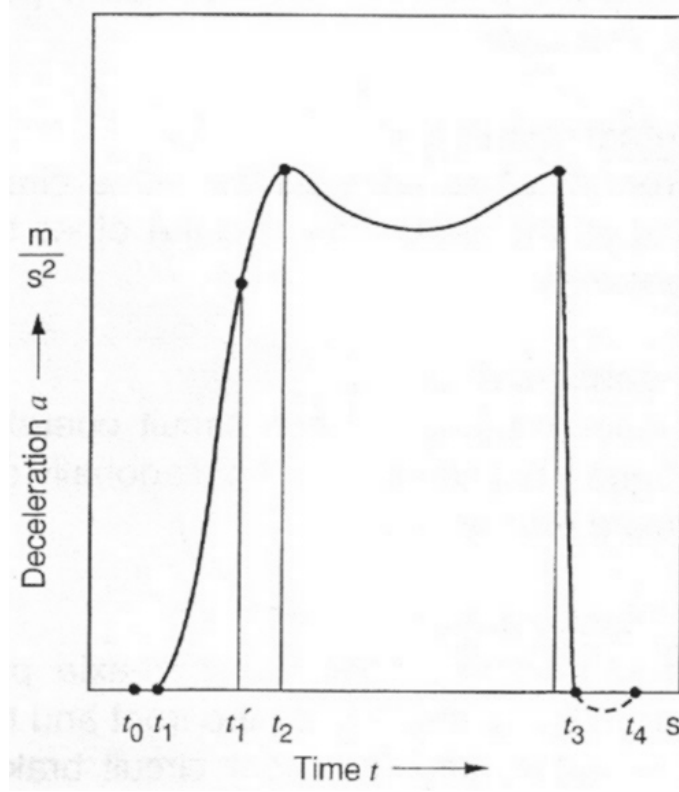
$t_4-t_0$  süresi, kontrol mekanizmasını aktif hale getirmek için gücün uygulanmaya başladığı nokta ile fren kuvvetinin sona erdiği nokta arasında geçen zaman dilimidir. Araç frenleme kuvveti sona ermeden önce durursa toplam frenleme süresi, aracın durduğu noktada biten süre olarak tanımlanır.

Aktif frenleme süresi ;

$t_4-t_1$  süresi, etkili frenleme kuvvetinin ilk uygulandığı nokta ile frenlemenin sona erdiği nokta arasında geçen zaman dilimidir. Araç frenleme kuvveti sona ermeden önce durursa aktif frenleme süresi, aracın durduğu noktada biten süre olarak tanımlanır.

Tam olarak gerekleŒen durma iŒlemi süresi ;

Bu değer, tutunma iŒleminin tam olarak etkin olduğu ( $t_3-t_2$ ) fren tepki eğrisi bölümündeki yavaŒlama eğrisi olarak kabul edilir.



Œekil 1.3 Frenleme sreeleri grafiği.

## 2. FREN ÇEŞİTLERİ

Taşıtlarda kullanılan fren sistemlerini ; tasarımlarına, fren gücünü iletim sistemlerine ve işlevlerine göre sınıflandırmak mümkündür.

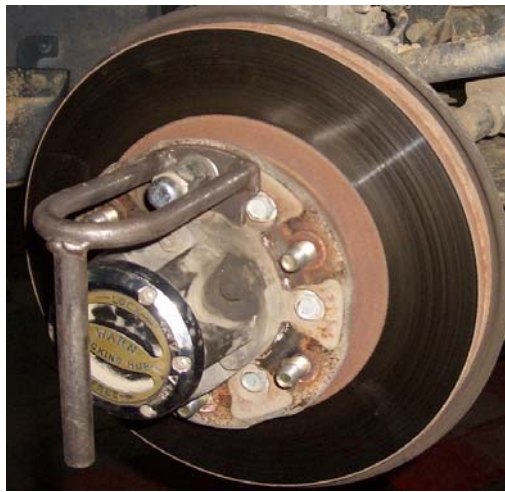
### 2.1 Tasarımlarına Göre Fren Çeşitleri

- Disk Frenler
- Kampana Frenler

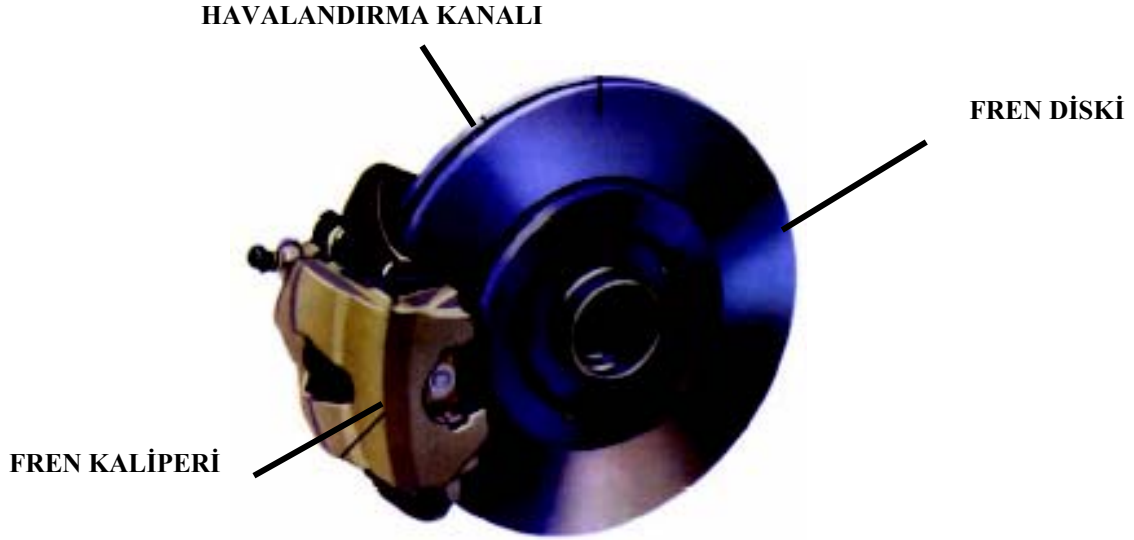
#### 2.1.1 Disk Frenler

Son yıllarda otomobil imalatındaki gelişmeler araçların hız sınırının oldukça artmasını sağlamıştır. Bu gelişmeler, kendini bilhassa seyahat araçları ve spor arabalarda göstermiştir. Fren diski civatalar yardımıyla tekerlek göbeğine bağlıdır ve beraber dönmektedir.

Disk frenler, süspansiyon elemanlarına tutturulmuş “kaliperlere” yerleştirilmiş fren balatalarının diskleri bir kısıkaç ya da mengene gibi sıkıştırması ile bir sürtünme sağlar. Kaliperlerin içinde ise pistonlar merkez silindirinden aldıkları kuvvet ile balatalara basınç sağlarlar, balatalarda fren diskine sürtünerek aracı yavaşlatırlar. Disk frenler suları kampana frenlere göre daha kolay savurduğundan ıslak şartlarda daha iyi bir performans gösterirler. Disk frenlerin üzerinde bulunan kanallar suyu tahliye ederek daha kolay soğurlar ve yüksek sıcaklıklara daha dayanıklıdırlar. Ama bu sudan etkilenmedikleri anlamına gelmemelidir. Eğer bir su birikintisine hızla girip ve de fren yapılırsa, ilk birkaç saniye frenlerin çalışmadığı görülür. Bazı disklerde ise performansı daha da arttırmak için hava kanalları bulunmaktadır.



Şekil 2.1 Nissan Pathfinder araca ait fren diski görünüşü.



Şekil 2.2 Fren diski genel görünüşü

#### Disk Frenlerin Fonksiyonel Yapıları ;

Fren pedalına basılması ile, merkez pompası fren sıvısını, boru ve hortumlar üzerinden pistonlara ulaştırır. Böylece her iki taraftaki fren balataları aynı anda diske eşit kuvvetle basılır. Fren pedalına etki eden kuvvet, balatanın basılma miktarının ve böylece frenleme miktarının büyüklüğünün bir ölçüsü olmaktadır.

Frenin çözülmesi ile fren pedalı yayı ile merkez pompası pistonu geriye başlangıç durumuna gelir. Aynı zamanda fren, boru ve hortumlarda ve tekerlek silindirlerindeki basınç azalarak, sürtünme yüzeylerindeki sürtünme kuvvetleri ile geriye doğru çekilerek fren balataları üzerindeki baskı kuvvetleri kalkmış olur.

Disk frenler kampana frenle, aracın tipine ve büyüklüğüne bağlı olarak çeşitli şekillerde kullanılabilir.

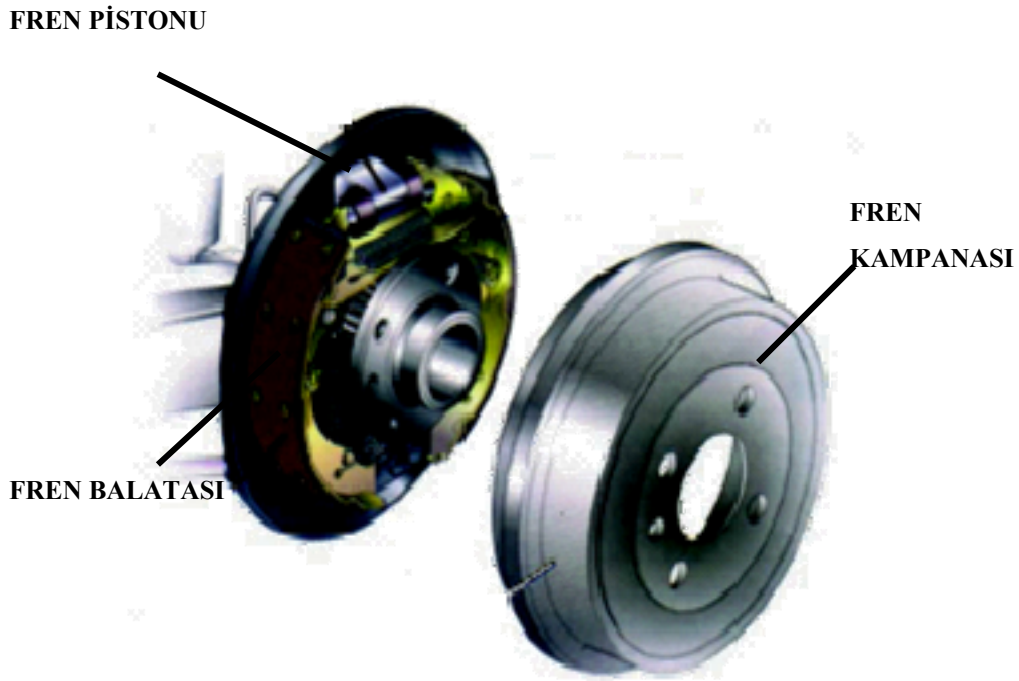
#### 2.1.2 Kampana Frenler

Fren kampanası üstü düz olan bir silindir şeklindedir. Bu sistemde, fren pabuçları, fren tablası üzerine yerleştirilmiştir. Fren silindirlerine etki eden hidrolik basınçla fren pabuçları (balatalar) kampana yüzeyine sıkıştırılarak frenleme yapılır. Fren yapıldığında pabuç balatalar, kampananın iç yüzeyine sürtünerek tekerleklerin dönüşünü yavaşlatırlar.

Frenlemeden sonra geri getirme yaylarının etkisi ile pabuçlar eski konumuna getirilerek frenleme sona erdirilir.

Fren pedalına basıldıktan sonra fren merkez silindirin de oluşan basınçlı hidrolik, tekerlek fren silindirin e iletilir. Basınçlı hidrolik, fren silindirin in içindeki pistonu dışa doğru iterek fren pabuçlarının dışa doğru açılmasını ve kampanaya temas etmesini sağlar. Pabuçlara çakılmış olan balatalar kampana iç yüzeyi arasında bir sürtünme meydana getirir ve frenleme sağlanmış olur.

Frenleme esnasında aracın hareketli oluşundan dolayı meydana gelen kinetik enerji ısı enerjisine dönüşür. Bu ısı kampananın hava ile temasta olan dış yüzeyi tarafından havaya iletilir ve bir kısmı fren pabuçları üzerinde kalır.



Şekil 2.3 Kampana fren genel görünüşü.



Şekil 2.4 Nissan Micra araca ait fren kampanası görünüşü.

Kampana Frenlerin Sınıflandırılması ;

Pabuçların yerleşim sistemine göre sınıflandırma ;

1. Tabanı sabit mafsallı fren (mafsallı fren)
2. Kayar tabanlı fren

Mafsallı frenlerde fren tablası üzerinde bağlı bulunan ve üzerinde sürtünme yüzeyini taşıyan pabuçların tabanları sabit bir mafsal noktasına dayanmakta olup, pabuçlar bir mafsal eksenini etrafında dönme serbestisine sahiptirler.

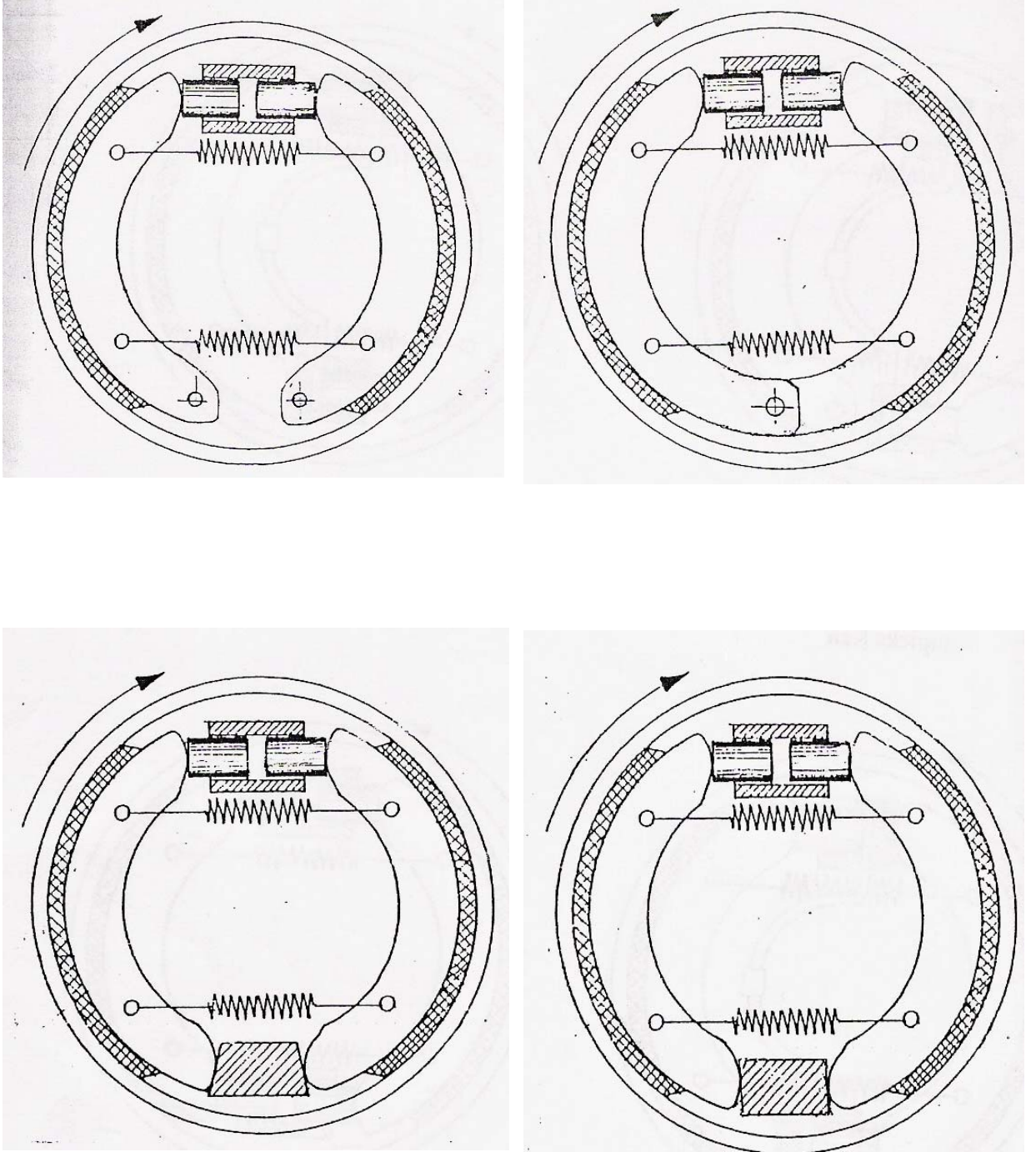
Kayar tabanlı frenlerde ise, fren pabucu tabanı sabit bir yüzeye dayanmaktadır. Bu düzendeki pabuç dayandığı yüzey doğrultusunda iki yönde kayma serbestisine sahiptir. Bu özellik pabuçların frenleme olayı sırasında kendi kendilerine merkezleyebilmelerine ve böylece uygun bir dayanma yüzeyi ile balata yüzeyinde daha düzgün dağılan bir basınç dağılımına imkan sağlamaktadır. Kampana frenler bu genel sınıflandırmanın yanı sıra pabuçların baskı sisteminin konstrüksiyonuna göre de sınıflandırılabilirler.

Baskı sistemlerine göre sınıflandırma ;

Tek Baskı Sistemli (Simplex) Frenler ;

Pabuç baskı sistemi ortak olup, frenleme işlemi sırasında hidrolik yağ basıncı ile pabuçların açılmasını sağlayan tekerlek silindiri çift pistonludur. Böylece ortak bir mekanizma aracılığıyla sağlanan pabuç baskı kuvveti ile pabuçların birbirlerinden bağımsız olarak

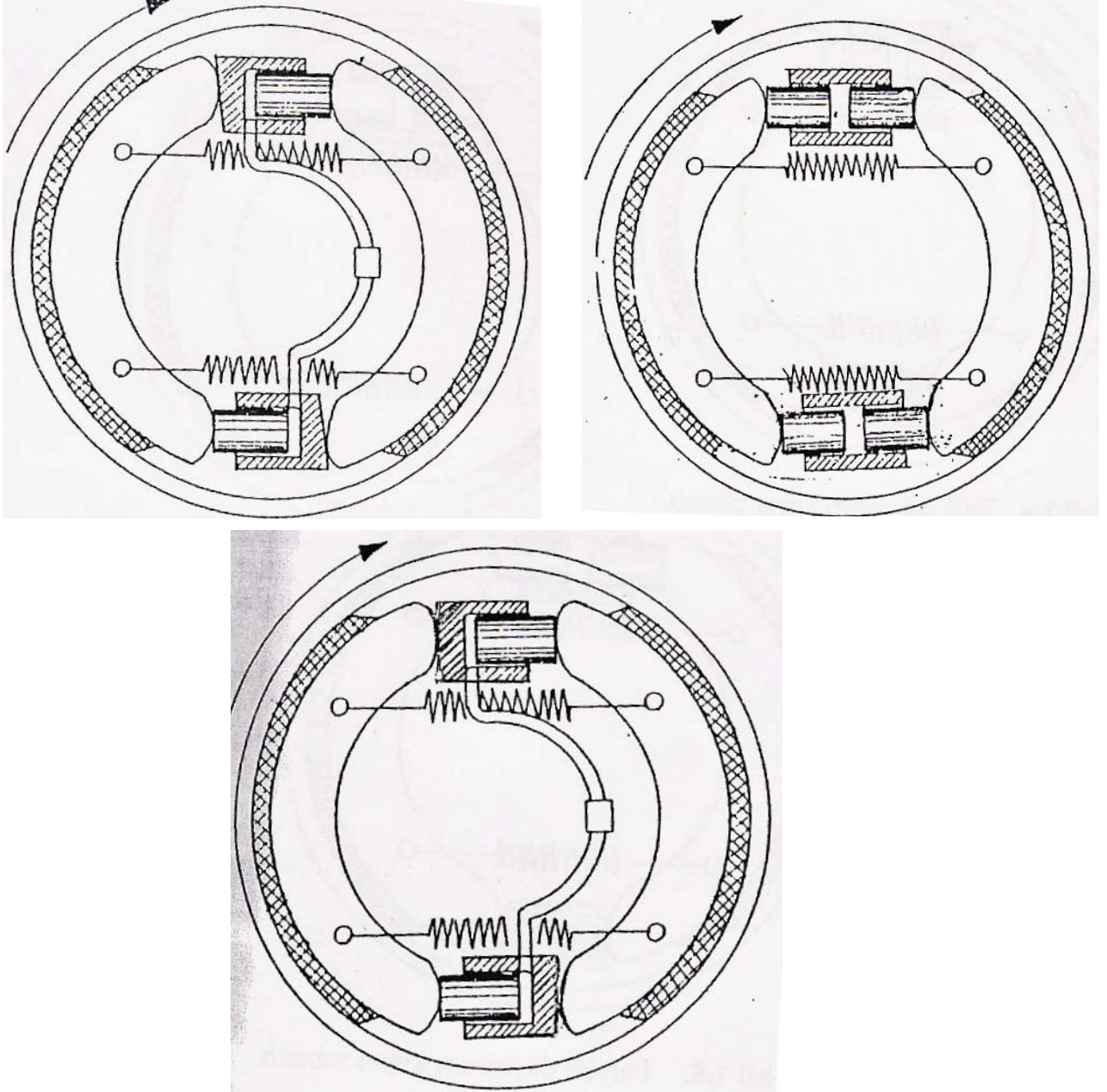
alışması sağlanır. Aşağıdaki şekillerde ortak pabuç baskı sistemli kampana fren tipleri verilmiştir.



şekil 2.5 Tek baskı sistemli frenler.

## Çift Baskı Sistemli (Dublex) Frenler ;

Bu düzenlemede tek yönde etkili olan ve ayrıca pabuçlara dayanma yataklığı yapan iki tekerlek silindiri karşılıklı olarak kullanılmaktadır. Bu sistemde her iki pabuçta öncü olacak şekilde düzenleme imkanına sahiptir. Pabuç baskı sisteminin çift olduğu bu tip konstrüksiyonda her iki dönüş yönü için ayrı ayrı pabuç baskı mekanizması ve pabuç dayama yerinin kullanıldığı ve duo-duplex adı verilen tip de mevcuttur.



Şekil 2.6 Çift baskı sistemli frenler.

Kampana Frenlerin Fonksiyonel Yapıları ;

Frenlere Basılmadığı Zaman ;

Tekerlek silindirinin iç tarafındaki pistonlar, geri getirme yayı ve fren pabuçu yolu ile arka tarafa itilirler ve fren pabuç ayar circırına temas edene kadar hareket ederler.

Tekerlek silindirindeki baskı yayı kurulmuştur. Böylece pistonlar ve pabuçlar her zaman birbirleriyle temas edeceklerdir. Bu frenlerde alışılmamış gürültüyü önleyecektir.

Frenlere Basıldığı Zaman ;

Fren pedalına basıldığı zaman, fren ana merkez iç tarafındaki hidrolik basınç tekerlek silindirleri üzerinde oluşur. Oluşan bu kuvvetler pabuçları ayırır, böylece balatalar kampanalara sürtünerek aracı durdururlar.

### **2.1.3 Disk ve Kampana Frenlerin Karşılaştırılması**

Kampana Frenlerin Avantajları :

- Kampanalı frenlerde baskı kuvveti, disk frenlerdekine oranla daha düşüktür. Bu kampanalı frenin elemanlarına dağılan tüm yüklerin daha küçük olduğunu gösterir. O nedenle kampanalı frenler daha zayıf ve dolayısıyla daha ucuza imal edilirler.
- Balata basıncının düşük olması aşınmaları azaltmaktadır. Bu husus özellikle yılda kat edilen yol miktarı yüksek olan ağır taşıtlarda disk fren kullanılmamasının ana nedenlerinden biridir. Aşınmanın fazla olması, balataların sık sık değiştirilmesine yol açmakta, maliyeti artırmaktadır.
- Kampana frenlere gelen baskı kuvvetinin düşük olması nedeni ile, disk frenlere göre daha az ısınmaktadırlar.

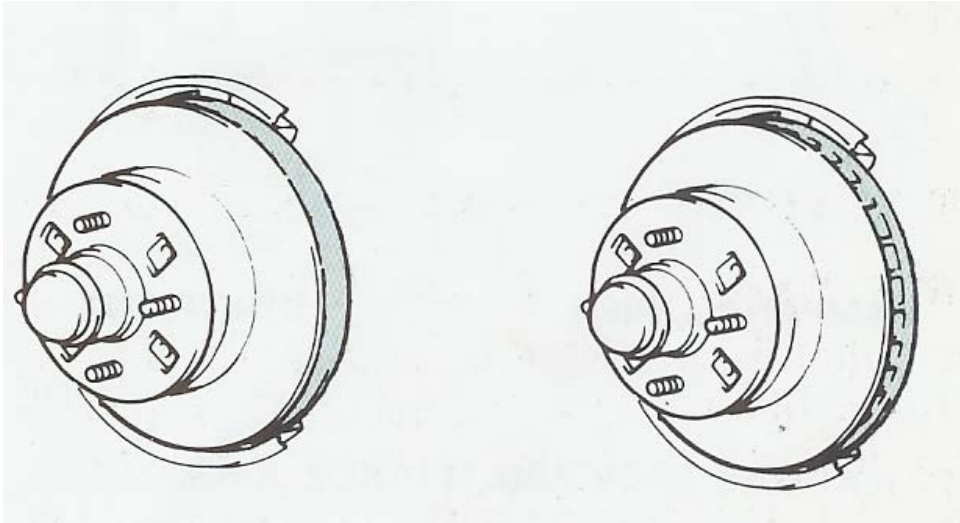
Disk Frenlerin Dezavantajları :

- Bu frenlerde kullanılan disk ısı tesiri ile aksenal olarak kendine has bir özellikte şekil değiştirmektedir. Disk yapılışı bakımından tekerleğe ve aracın içine bakan yüzeyleri aynı olmadığından frenleme esnasında ısınan diskte meydana gelen şekil değiştirme ile diskin soğuması esnasında meydana gelen şekil değiştirme aynı değildir. Bu şekil değiştirme özellikle yüksek hızlarda kendini oldukça hissettirmekte ve balatalarda eşit olmayan aşınma durumlarını ortaya çıkarmaktadır.

- Disk frenlerde meydana gelen ısı, kampana frenlere nazaran havaya daha çabuk iletilmekle beraber, son zamanlarda artan otomobil hızları dolu olarak yapılan disklerdeki ısı seviyesinin 650-700° kadar yükseltilmesine sebep olmuştur. Bu artan sıcaklık balataların daha çabuk aşınmasına neden olmaktadır. Bu sıcaklığı indirmek için kanallı diskler kullanılmaya başlanmıştır.
- Yüksek yüzey basıncı fren balatalarının ömrünün kısılmasına sebep olmaktadır.

#### Disk Frenlerin Avantajları :

- Disk frenin en büyük faydalı tarafı zayıf iç fren faktörlü bir fren olmasıdır. Bu frenin balata sürtünme katsayısının değişimine karşı sabit bir iç fren faktörüne sahip olması, tambur frenlerde meydana gelen ; yüksek sıcaklıklarda kuvvetli Fading ( yüksek sıcaklıklarda frenleme etkisinin azalması ) etkisini azaltmaktadır.
- Tek parça disk genellikle ısıyı çok iyi iletmekle beraber, ısı iletimi hava kanatçıklı disk ile çok daha etkilidir.



Şekil 2.7 Tek parça tip ve hava kanatçıklı disk.

Bir çok disk, hava ile temasta olduğundan, frenleme anında ortaya çıkan ısı kolayca azalabilir. Bu sayede frenlemede zayıflama meydana gelmez ve yüksek hızlarda iyi bir frenleme performansı elde edilir.

Zayıflama; Uzun bir yokuştan inerken fren uygulandığında, sürtünme nedeni ile fren balatalarında aşırı ısınma ortaya çıkar. Bu ısı fren pedalına daha büyük kuvvetle basılmasına rağmen balatanın sürtünme verimini ve frenleme kuvvetini düşürür.

## **2.2 Fren Gücünü İletim Sistemlerine Göre Fren Çeşitleri**

- Hidrolik Frenler
- Mekanik Frenler
- Havalı Frenler
- Elektrikli Frenler

### **2.2.1 Hidrolik Frenler**

Günümüz otomobillerinin çoğunda hidrolik fren sistemi kullanılmaktadır. Fren gücünün iletiminde sistemde depolanan hidrolikten yararlanılır. Pedala uygulanan mekanik kuvvet, sistemde depolanan hidroliğin, tekerlek silindirlerine iletilerek frenleme yapılmasını sağlamaktadır.

### **2.2.2 Mekanik Frenler**

Bu tür frenlemede şoförün ayak kuvveti mekanik bağlantılarla tekerleklere iletilerek araç durdurulur. Özellikle araçların durdukları yerde sabitlenmesini sağlayan el freni mekanizmaları ve bisiklet gibi hafif araçlarda kullanılmaktadırlar.

### **2.2.3 Havalı Frenler**

Havalı frenlerde basınçlı hava kullanmak sureti ile frenleme sağlanmaktadır. Araç hızlarının gün geçtikçe artması ağır hizmet tipi araçlarda büyük frenleme kuvvetlerine ihtiyaç duyulmasına neden olmuştur. Bu frenler, az bir kuvvet uygulanması ile en iyi frenlemeyi sağlamak üzere düzenlenmişlerdir.

Sistem için gerekli olan hava, hava kompresöründen temin edilir. Regülatör, hava basıncını kontrol altında tutar ve basınçlı havaya yön verir. Hava depoları, kompresör tarafından gönderilen basınçlı havanın depolanmasını sağlar. Kullanılan araca göre 2 veya 4 adet olabilmektedir.

Fren kontrol supabı, Fren pedalına basılma miktarına göre fren hücrelerine giden hava miktarını kontrol altında tutmaktadır.

Fren hava odaları, Basınçlı havanın itme kuvvetinden faydalanarak fren pabuçlarının kampanaya doğru açılmasını ve frenleme yapılmasını sağlar.

Çabuk boşaltma supapları, Fren pedalı bırakıldıktan sonra havayı hızlı bir şekilde boşaltarak

fren tekerlek mekanizmasının serbest haline gelmesini sağlar. Böylece sistem tekrar frenleme yapılmasına hazır hale gelir.

Fren boşluk ayarlayıcılar, Fren balatalarında meydana gelebilecek aşınmalar sonucu meydana gelen boşluğun ayarlanmasını sağlar. Bir kol şeklindedir ve aynı anda frenlemenin meydana gelmesinde de görev yapar.

Motorun çalışması ile birlikte havalı fren sisteminin hava depolarına kompresör tarafından hava basılır. Depolardaki havanın basıncı, basınç ayar supabı ve kompresör regülatörünün çalışması ile kontrol altında tutulur.

Aracın frenine basıldığı zaman pedalın altında bulunan fren supabı çalışır. Basınçlı havanın ön ve arka fren odalarına gitmesine müsaade eder. Basınçlı havanın itme kuvvetinden faydalanarak fren pabuçlarının kampanaya doğru açılmasını ve frenleme yapılmasını sağlar. Frenleme sona erdiğinde, hava hızlı bir şekilde boşalarak fren tekerlek mekanizmasının serbest hale geçmesini sağlar. Böylece sistem tekrar frenleme yapılmasına müsaade eder.

#### **2.2.4 Elektrikli Frenler**

Günümüzde gelişmiş otomobillerde kullanılmaya başlanmıştır. Elektrikli frenlerde, fren pedalına uygulanan kuvvet, pedal hareketini algılayan bir sensör sayesinde gözlemlenecek ve buradaki değişiklik elektronik beyin ünitesine iletilecektir. Bu sistemde fren ayak pedalına uygulanan kuvvet, sadece fren yapılması gerektiğini sisteme haber veren bir ön uyarı şeklinde olacaktır.

Elektronik beyine ulaşan bu frenleme bilgisi, araç içerisindeki bir elektro-motorun, beyinden gelen mesajla devreye girmesini, aracın durdurulabilmesi için fren gücünü üretmesini ve yine fren hidroliği vasıtası ile aktarılan güç sayesinde aracın durdurulmasını sağlayacaktır.

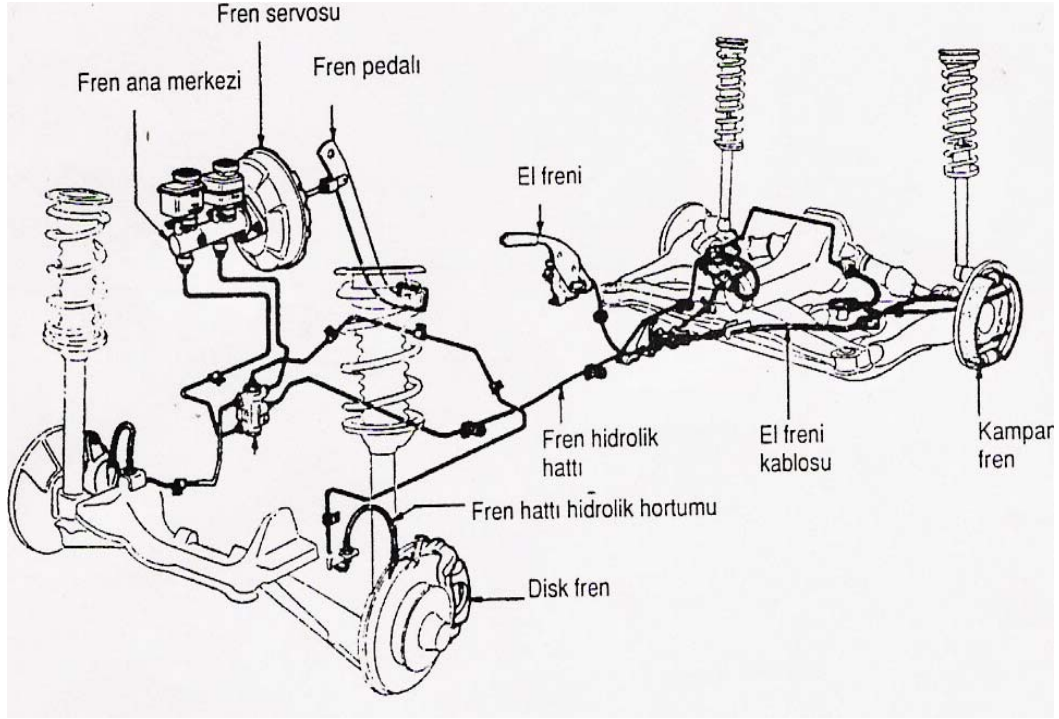
Sistem 6. bölümde detaylı olarak açıklanmıştır.

#### **2.3 İşlevlerine Göre Fren Çeşitleri**

- Ayak Freni
- El Freni
- Yardımcı Fren ( Motor Freni gibi )

Aracın hareket halinde iken yavaşlamasını veya aracın durmasını sağlayan ayak (servis) freni, aracın park edildiği zaman sabit durmasını sağlayan el (park) frenidir. Ayak freni, fren pedalı tarafından ve el freni ise el fren kolu ile kumanda edilir.

Ayak freni hidrolik iken el freni mekaniktir.



Şekil 2.8 Fren sisteminin diğer bir görünüşü.

### 2.3.1 Ayak Freni

Ayak freninde, tekerleğin iç tarafına bir fren kampanası veya bir fren diskisi takılmıştır. Kampana veya disk, tekerlek ile birlikte dönmektedir.

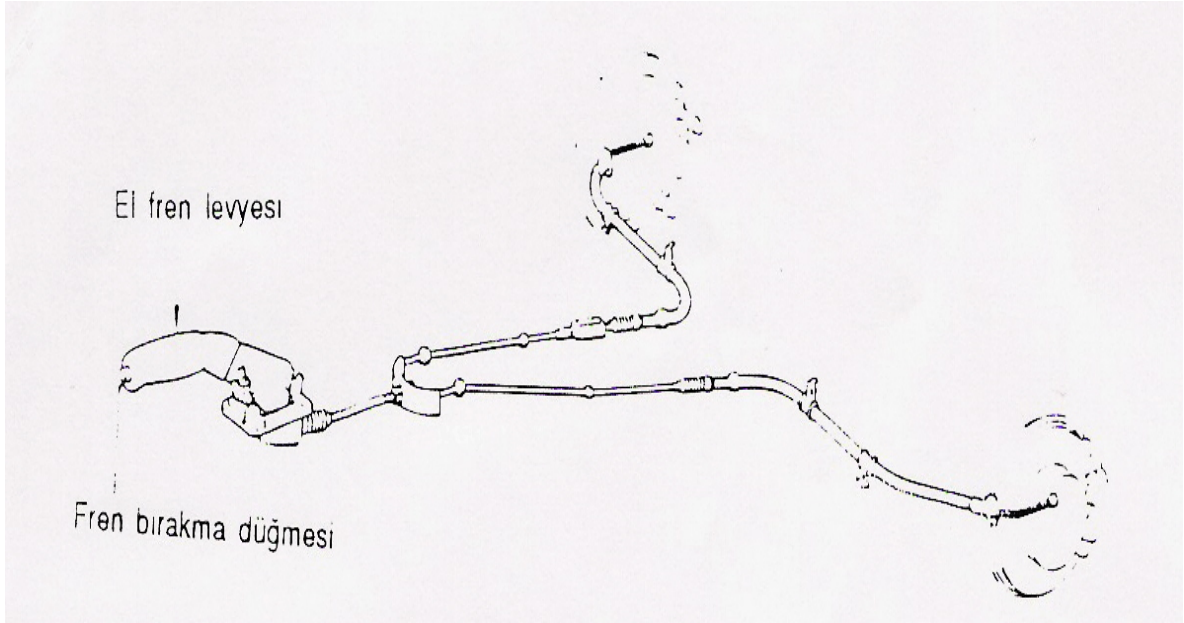
Kampana veya diskin dönüşünü sürtünme yolu ile durdurmak için bunlar ile birlikte çalışan fren balataları vardır. Aracın durdurulması için sürtünme kuvvetinden faydalanılmaktadır. Dört tekerleğe birden fren pedalından frenleme kuvveti gönderilmektedir.

### 2.3.2 El Freni

El fren kolu çekildiğinde arka tekerlekler üzerinde yer alan fren sistemi çalıştırılmış olur. Çelik bir tel yardımı ile arka teker frenlerinin kumanda edilmesi sağlanır. El freni çekildiğinde çelik kablo, fren balata ya da pabuçlarının disk ya da kampanalara sıkıca yapışıp tutunmasını sağlar.

El freni kendiliğinden ayarlamalıdır. Pabuçlar aşındıkça otomatik ayarlayıcı aradaki farkı karşılar ve yine aynı kuvvetle tutunmayı gerçekleştirir. Sadece pabuçlar değiştiğinde el fren ayarının servis tarafından manuel yapılması gerekmektedir.

El freni yapısı ayak freni yapısından farklıdır. Ayak freninin arızalı olması durumunda da kullanılabilmesi için hidrolik etkili değildir. Bu nedenle de frenleme gücü ayak frenine göre daha zayıftır.



Şekil 2.9 El freni resmi.

### 2.3.3 Yardımcı Fren

Ayak freninin arızalanması durumunda bu frenin fonksiyonları gerçekleştirebilecek ve sadece düşük frenleme kuvveti sağlayacak olsa bile yardımcı bir fren sistemi olmalıdır.

Yardımcı fren sistemi, kendi kontrol mekanizması olan ayrı üçüncü bir sistem olmak zorunda değildir (ayak ve el frenini destekleyen); bu sistem, çift-devreli ayak freni tasarımı olarak entegre bir devre veya el freninin kademeli olarak devreye girdiği bir tasarım olabilir. Motor freni de bir çeşit yardımcı frendir.

Araç hareket halinde iken debriyaja basmadan ayağın gaz pedalından çekilmesi ile ortaya çıkan yavaşlamaya motor fren etkisi denir. Bu metot, araç hızının azaltılabilmesi için, motorun dönmeye karşı oluşturduğu direncinin kullanılmasıdır. Ayak gaz pedalından çekildiğinde motor devri düşme eğilimi gösterir. Motor devrinin düşmesi ile birlikte de aracın hızında meydana gelen azalmaya motor freni etkisi denir.

### **3. FREN SİSTEMİ ELEMANLARI**

#### **3.1 Kampana Fren Elemanları**

Frenleme olayı gerçekleşmeden önce tekerlek ile birlikte dönmekte olan kampana, frenleme ile birlikte kampanaya içten sürtünerek frenlemeyi sağlayan bir çift pabuç, pabuçların dışarıya doğru açılarak kampanaya bastırılmasını sağlayan hidrolik sistem temel elemanlarıdır. Ayrıca pabuçlar üzerine yapıştırılarak veya perçinlenerek yerleştirilen ve balata olarak adlandırılan sürtünme yüzeyi ile pabuç ayar mekanizması bulunmaktadır.

- **Fren Tablası ve Tekerlek Silindiri**

Fren tablası, presde basılmış çelik sacdan yapılmıştır. Tekerlek silindirlerini ve fren pabuçlarını üzerinde taşımaktadır. Tekerlek silindiri, fren ana merkezinden sevk edilen hidrolik yağ basıncını, balatalara hareket ettirecek kuvvete dönüştürmektedir. Dökme demirden bir gövde ile içinde alüminyumdan yapılmış bir veya iki piston vardır. Pistonların önünde bulunan lastik segman, basınçlı hidroliğin dışarıya sızmasını önler.

- **Fren Pabucu ve Balatası**

Fren pabuçları, kampanalar ile aynı ölçüde prese edilmiş kıvrılmış çelik sacdan yapılmıştır ve üzerlerine frenlemeyi sağlayacak balatalar yerleştirilmiştir. Pabuçların birer ucu tespit pimine dayandırılır veya uçları serbest bırakılabilir.

Balata, kampana ile sürtünerek frenlemeyi gerçekleştirdiğinden ortaya çıkan yüksek sıcaklığa ve aşınmaya dayanıklı olmalıdır. Sürtünme aracı olarak kullanılan balatalar ısı değişimlerine dayanıklı asbest-reçine esaslı olarak yapılarak ısıl işleminden geçirilerek kuvvetlendirilmektedir. Asbest lifleri öğütülür ve kalıplara dökülerek imal edilirler.

Balatadan, yüksek bir sürtünme katsayısı, üzerine uygulanan frenleme kuvvetlerine karşı dayanıklılık ve kampana yüzeyine iyi oturması istenilen özelliklerdendir.

- **Fren Kampanası ve Ayar Levyesi**

Dökme demirden yapılmaktadır. Balata ile kampana arasında çok az açıklık mevcuttur. Kampana tekerlekle birlikte döner ve içeriden balatanın sürtünmesiyle tekerlekleri durdurur. Tekerleklere civatalarla bağlıdır ve teker ile aks arasındadır. Ayar levyesi el freninin çekilmesiyle arka fren balataları ile kampana arasındaki mesafeyi otomatik olarak ayarlar.

### 3.2 Disk Fren Elemanları

- **Disk Aynası**

Dökme demirden yapılmış yuvarlak bir parça olup tekerlek ile birlikte döner. İki tip disk aynası vardır. Tek parçalı tip ve hava kanatçıklı tip. Tek parçalı tip yekpare bir diskten oluşur. Hava kanatçıklı tipte disk aynasının içi boşaltılarak delikler oluşturulmuştur. İyi ısı iletimi sayesinde balatanın aşınması azaltılmıştır.

Fren gücü yüksek olan araçlarda ayrıca seramik fren diskleri de kullanılmaktadır. Normal fren balatalarına göre çok daha iyi bir fren performansı sağlamaktadır. Yaklaşık 1700 ° C 'de güçlü bir vakum altında işlenen silikatlı karbon liflerinden oluşan disklerin üzerinde delikler bulunmakta ve içten soğutulmaktadırlar. Normal disklerle göre % 50 daha hafiftir. Aşınmada normal disklerle göre son derece düşük ve her bir seramik diskin hizmet süresi yaklaşık 300 bin km olabilmektedir.

- **Kaliperler**

Kaliper ana merkezin sevk ettiği hidrolik basınç ile kendi pistonlarını kullanarak balataları disk yüzeyine bastırır. Çift ( sabit kaliper ) ve tek ( yüzer kaliper ) pistonlu olarak ikiye ayrılır. Çift pistonlu kaliper çok yer kapladığından, genellikle tek pistonlu kaliper kullanılmaktadır.

Kaliperler pistonu balatayı disk yüzeyine ittiğinde bu kuvvet kaliperin hareket ederek diğer balatayı da sıkıştırmasıyla sonuçlanır.

- **Fren Balataları**

Fren balataları disk yüzeyine sürtünerek frenlemeyi sağlarlar. Disk frenlerde balata daha dar bir yüzeye sahiptir. Bu bakımdan üzerine gelen büyük frenleme kuvvetlerinin miktarı fazladır. Bu nedenle diskli fren balatalarının daha yüksek bir sürtünme katsayısına ve dayanımına sahip olması gerekmektedir.

Balatalar genellikle asbest ve bazı organik malzemelerden yapılmaktadır. Diskli fren balatası daha yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır. Balatanın değişmesi gerektiği, çeşitli uyarı şekilleri ile anlaşılır. Örneğin yarıklı balata kullanıldığında, balatanın ortasında kanal şeklinde bir yarık bulunmaktadır. Yarık balatanın aşınma miktarını göstermektedir. Kanal aşınma ile kaybolduğunda balata değiştirilmelidir.

Fren balataları aşındığında yağ deposunda seviye düşer. Bu normal bir olaydır. Balataların

aşınma miktarı için bir diğer uyarı sistemidir. Balata uyarı sistemi, disk balatası üzerine yerleştirilen ince metallere oluşur. Balata aşındığından bu metaller diske sürterek ince ve tiz bir ses çıkarır. Böylece sürücü uyarılmış olur.

Balata uyarı sacı diske değmeye başladığında diski hemen aşındırmaz. Ancak uzun süre bu şekilde kullanılırsa balatanın metal kısmı diske sürtünmeye başlar ve diski aşındırır. Bu nedenle balata uyarı sesi duyulduğunda balatalar derhal değiştirilmelidir.

Yaklaşık 25 yıl öncesine kadar, frenlerde balata malzemesi olarak kullanılan asbestin frenleme için gerekli optimum koşulları sağlamasına karşın frenleme esnasında oluşturduğu tozların havaya karışarak canlıların akciğerlerinde kanser oluşturması sebebiyle Avrupa'da kullanımı yasaklanmıştır. Asbeste alternatif olarak geliştirilen ve sağlık açısından bir problem teşkil etmeyen polimer esaslı fren balataları farklı çalışma koşulları altında güvenlik sınırlarını aşmadan çalışabilmelerinin yanı sıra, kararlı bir sürtünme katsayısına ve düşük aşınma oranlarına sahip olmaları nedeni ile günümüzde en çok tercih edilen malzemeler olmaktadır. Polimer esaslı fren balata malzemesi genellikle seramik partikülleri ve lifleri, mineraller, metalik lifler, katı yağlayıcılar, elastomerler ve hepsini bağlayan fenolik reçine gibi çok sayıda farklı komponent içerir. Bu fren balatalarının dışında metal içermeyen balata malzemeleri de günümüzde kullanılan diğer bir balata türüdür.

Uçak sanayinde ve teknolojisi yüksek bazı otomobillerde de seramik fren balataları da en son geliştirilen balata malzemeleridir.

Fren balataları istenen sürtünme kararlılığı, çalışma ömrü , minimum gürültü ve vibrasyonu karşılamak üzere tasarlanmıştır. Sürtünme kararlılığı fren balatasında, sıcak, soğuk , ıslak ve kuru çevre koşullar altındaki ve farklı frenleme hızlarındaki performansını ifade eder.

Metalik balatalar, genellikle çok ağır frenleme şartlarında ve yüksek sıcaklıklarda kararlı sürtünme katsayısına sahip olma özelliklerinin yanında daha fazla ısı iletirler. Ancak metalik balataların gürültü ve vibrasyona eğilimli olması, diske hasar vermesi gibi dezavantajları vardır. Büyük taşıtlarda ve kamyonlarda bu sebepten dolayı genellikle metalik balatalar tercih edilir. Daha yüksek konforun tercih edildiği binek tipi hafif taşıtlarda ise genellikle daha az vibrasyon ve gürültü oluşturduğundan düşük metalik veya organik balatalar tercih edilir. Ancak organik balataların da çalışma ömürleri kısadır ve yüksek sıcaklıklardan büyük oranda etkilenirler. Her iki tip balataların avantajlarından

faydalanıp, dezavantajlarını en düşük seviyede tutabilmek amacıyla yarı metalik balatalar geliştirilmiştir. Bu balatalar metalik ve organik balataların olumlu özelliklerinin taşınmasının yanı sıra, seramik balatalar ile karşılaştırıldığında daha ucuz ve kolay üretilirler. Ancak seramik balatalar kadar yüksek sıcaklıklara dayanımları iyi değildir. Asbestli balatalar ile karşılaştırıldığında ise çevre ve insan sağlığını tehdit etmeden uygun bir kompozisyon tasarımı ile daha yüksek performans sağlayabilmektedirler. Ancak en önemli dezavantajı içerdiği reçine , lastik tozu kauçuk gibi malzemelerden dolayı yüksek sıcaklıklardaki dayanımının düşük olması ve sıcaklık artışına bağlı olarak yapısının değişmesidir.

### **3.3 Fren Ana Merkezi**

Fren ana merkezi hidrolik basıncını fren sistemine uygulayan parçadır. Ana merkez aynı zamanda fren hidroliğinin saklandığı yerdir. Gerçekte bir pedal tarafından harekete geçirilen iki alt-sistemi kontrol eder. Böyle olmasının sebebi, sistemlerden birinde herhangi bir hidrolik kaçağı olursa diğerinin iş görebilmesidir.

Fren merkezi dökme demirden yapılmıştır.

Her iki sistemde ayrı ayrı beslenebildiği gibi, aynı kaptaki hidroliği de kullanabilirler. Fren pedalına basınca, pedala bağlı bir itici çubuk ana merkezin içindeki “ birini pistonu” ileri doğru iter. Birinci piston iki alt sistemden birini harekete geçirir ve birinci piston yayının kuvveti, ikinci pistonu hareketlendirir. Böylece meydana gelen hidrolik basıncı artar ve tekerlek silindrine aktarılır.

Ana merkezdeki elektronik uyarıcılar depodaki hidrolik seviyesini kontrol edip, iki alt sistemde bir basınç dengesizliği olduğunda sürücüyü uyarırlar. Eğer fren ikaz ışığı yanmışsa, mutlaka hidrolik seviyesi kontrol edilmelidir. Sıvı azalmışsa gerekli ekleme yapıp kaçak araştırılmalıdır.

Fren pedalına basıldığı zaman, fren ana merkezi bu kuvveti hidrolik basınca çevirir. Fren pedalı kaldıraç prensibine göre çalışır ve pedala uygulanan küçük bir kuvvet fren merkezine büyük bir kuvvet olarak iletilir.

Pascal kanununa göre, fren ana merkezi içinde oluşan hidrolik kuvvet fren hattı yoluyla tekerlek silindirlerin her birine ulaşarak, fren balatasında bir frenleme kuvveti oluşturur.

- Kaldıraç Prensipleri

Kaldıraç prensipleri aşağıda gösterildiği gibi fren pedalı ile uygulanır.

Çalışma kuvveti;

$$F_1 * A = F_2 * B \text{ ise } F_2 = F_1 * A/B \quad (3.1)$$

$F_1$  : Pedal kuvveti

$F_2$  : İtici çubuk kuvveti

A : Fren pedalının merkezinden destek noktasına olan mesafe

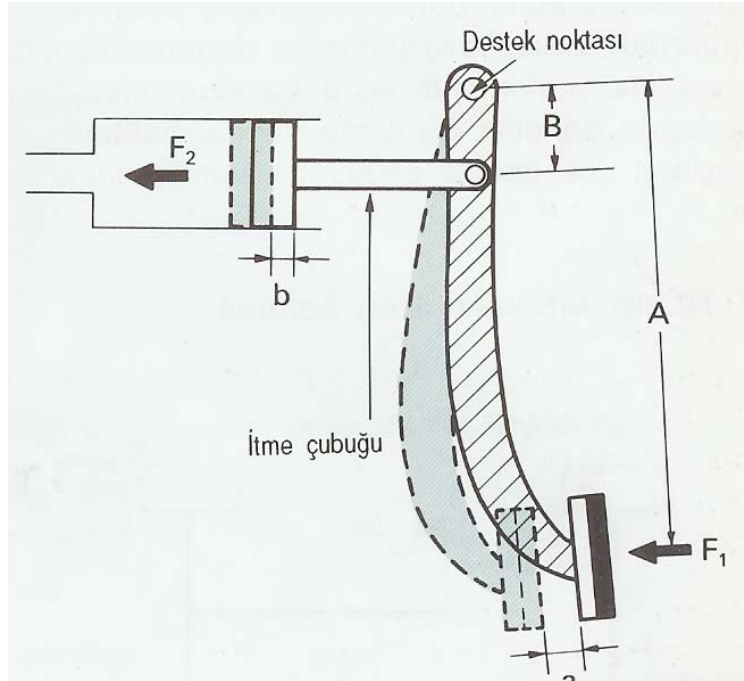
B : İtme çubuğundan destek noktasına olan mesafe

Hareketin miktarı ;

$$b/a = B/A \text{ ise } a = b*A/B \quad b = a*B/A \quad (3.2)$$

a : Pedal kenarının hareket miktarı

b : İtme çubuğunun hareket miktarı



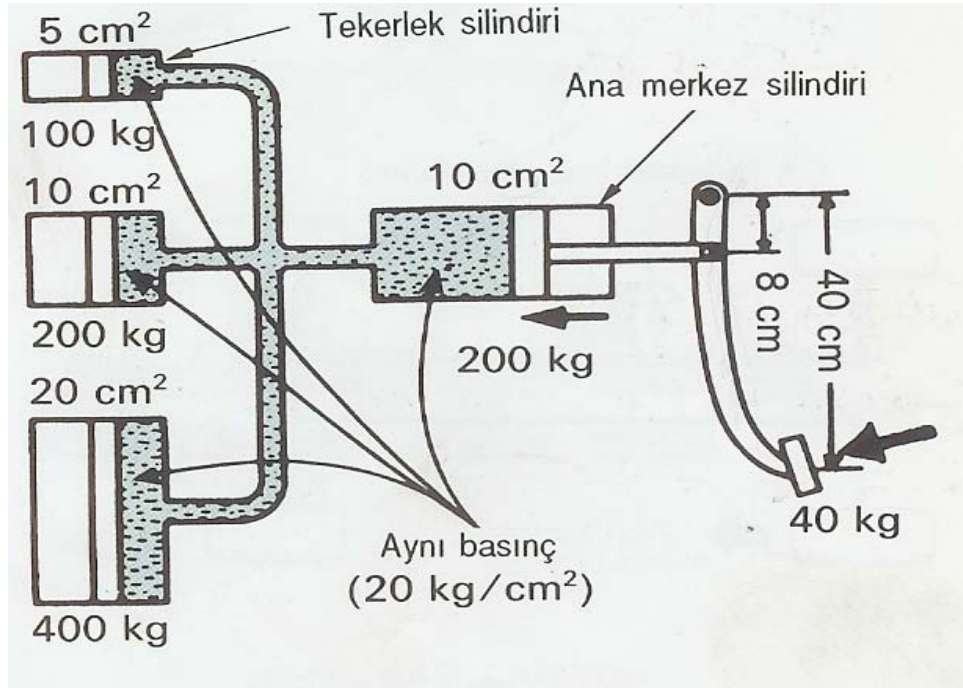
Şekil 3.1 Fren pedalına basıldığında pedalın çalışma prensibi.

- Pascal Kanunu

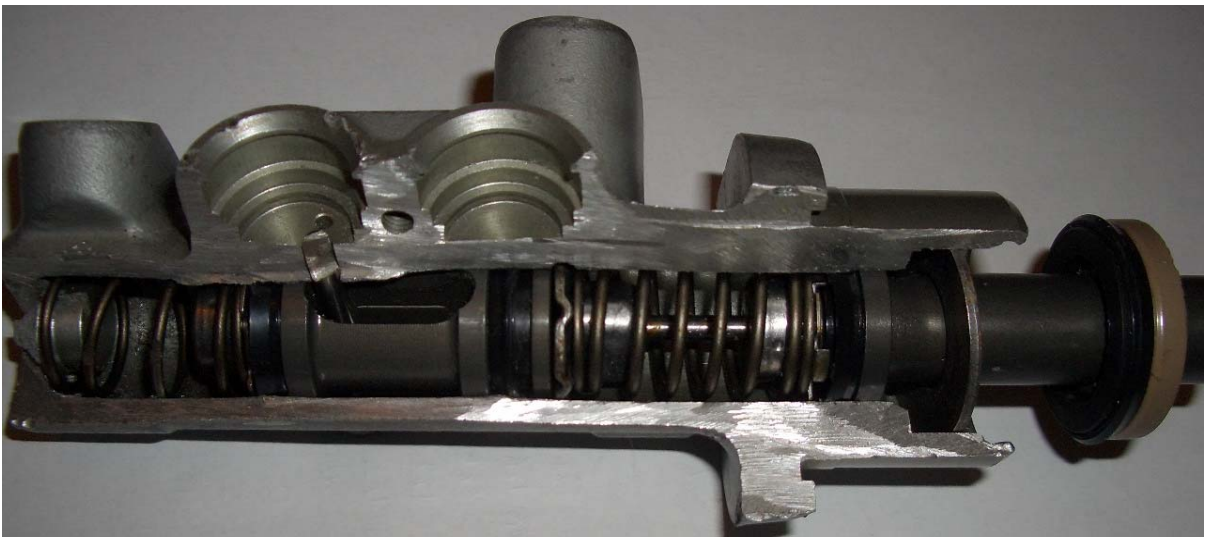
Pascal kanununa göre, harici bir kuvvetle hidrolik yağın üzerine uygulanan basınç bütün

yönlerine düzgün olarak aktarılır. Fren sisteminin içinde hidrolik bir bağlantıda bu prensipleri uygular, fren ana merkezde hasıl olan bu basınç (  $\text{kg}/\text{cm}^2$  veya psi ) tekerlek silindirlerin hepsine eşit miktarlarda aktarılır.

Frenleme kuvveti aşağıda gösterildiği gibi tekerlek silindirlerinin çaplarına bağlı olarak değişecektir. Eğer aracın ön tekerleklerinde frenleme kuvvetini fazla istiyorsak, ön silindir normalinden büyük olacaktır.



Şekil 3.2 Fren ana merkezinde oluşan basınç dağılımı.

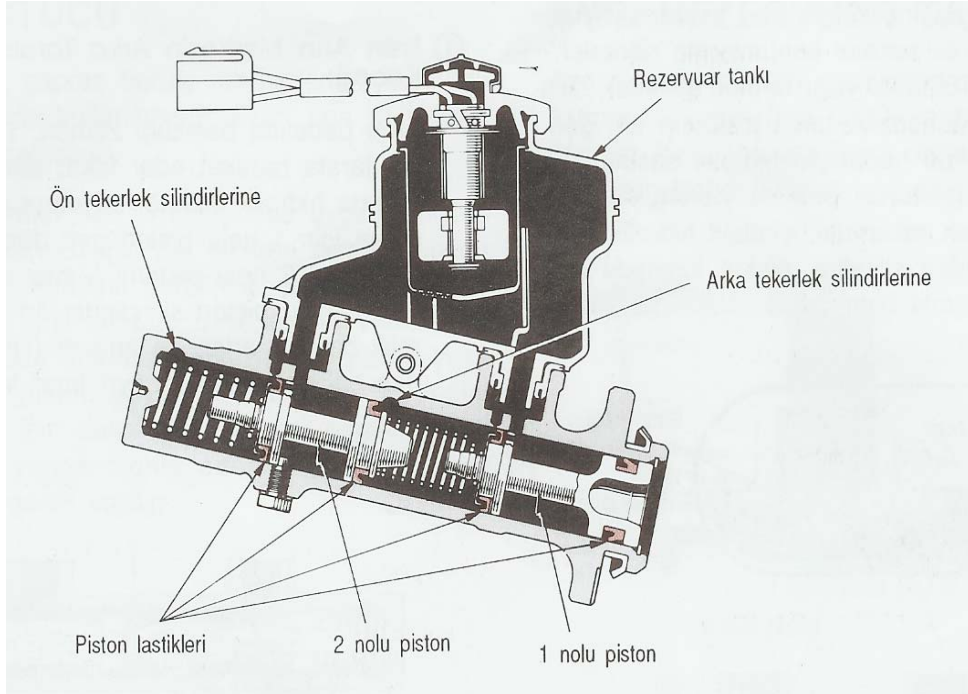


Şekil 3.3 Nissan Micra marka araca ait fren ana merkezi.



Şekil 3.4 Nissan Micra araca ait fren ana merkezi.

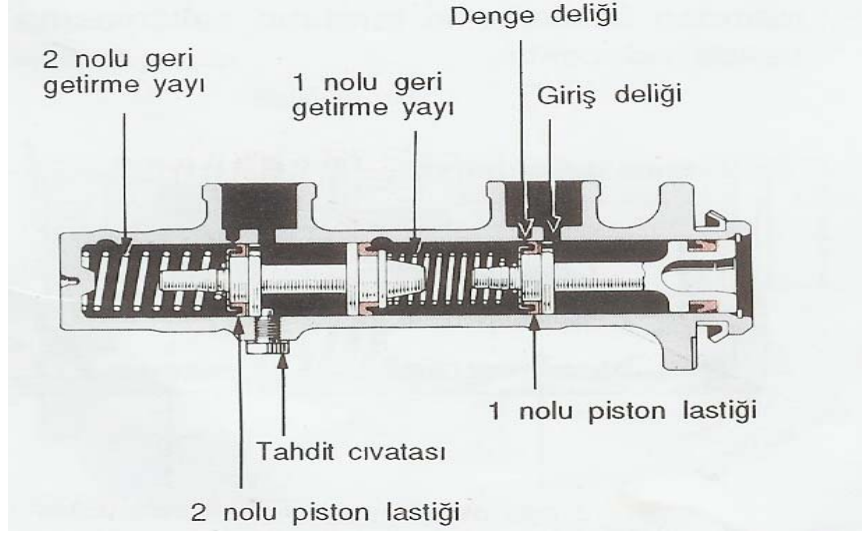
Çift kademeli fren ana merkezinin çalışması hidrolik sistemin bölünmesi veya ayrılmasıdır. Hatlardan birinin arızalanması durumunda diğer devre etkilenmemekte ve daha uzun mesafe ve zamanda da olsa frenleme yapılabilmektedir. Bu araçların çok önemli emniyet sistemlerinden biridir.



Şekil 3.5 Çift kademeli fren ana merkezi.

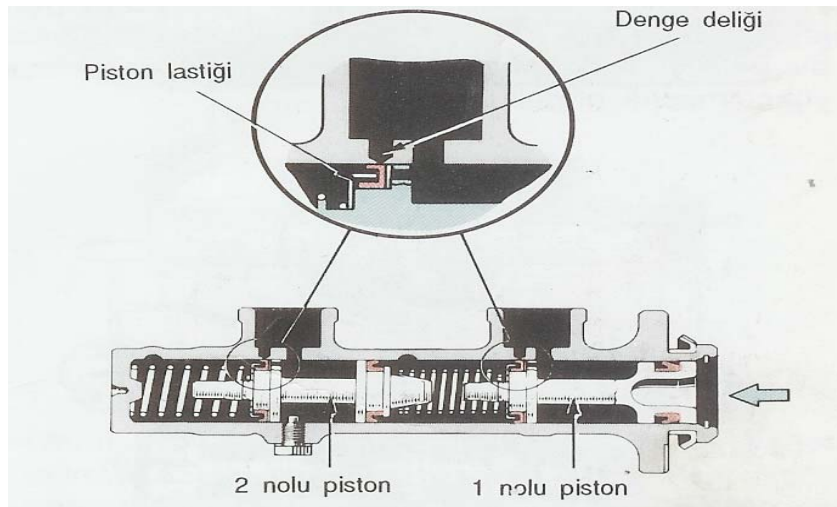
### Çalışma Prensibi;

Frenler uygulanmadığı zaman, 1 ve 2 nolu pistonların, piston lastikleri giriş deliği ve denge deliği arasındaki konumdadır, silindir ve rezervuar tankı arasında bir geçit muhafaza etmektedir. 2 nolu piston, 2 nolu geri getirme yayının kuvveti ile sağ tarafa itilir, fakat tahdit civatası daha fazla ileri gitmesini önler.



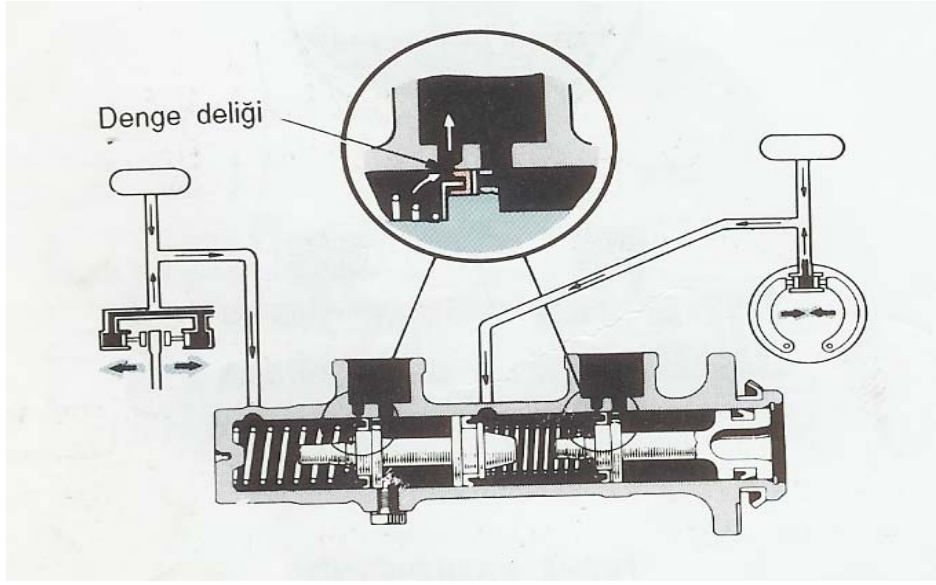
Şekil 3.6 Frene basılmadığında fren ana merkezi.

Fren pedalına basıldığı zaman, 1 nolu piston sola hareket eder ve piston lastikleri silindir ve rezervuar tankı arasındaki denge deliğini tıkar. Pistonun daha ileriye gitmesi, silindir içerisindeki basıncı artırır. Bu basınç arka tekerlek silindirlerini etkiler. Aynı hidrolik basınç 2 nolu pistonu da ittiğinden, 2 nolu pistonun çalışması tamamen 1 nolu piston gibidir ve bu basınç da ön tekerlekleri etkiler.



Şekil 3.7 Frene basıldığında fren ana merkezi .



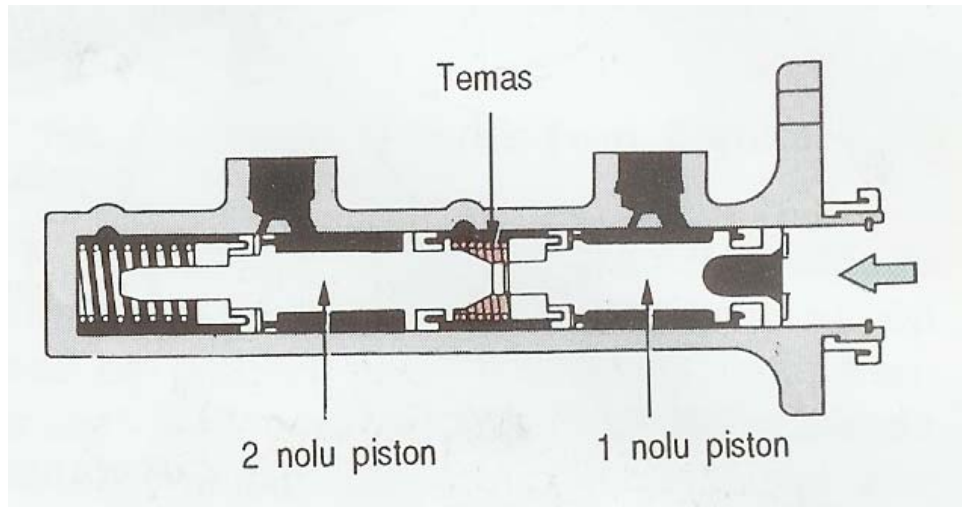


Şekil 3.9 Fren pedalı serbest bırakıldığında fren ana merkezi.

Eğer sistemin birinde yağ kaçağı varsa;

1. Fren Ana Merkezinin Arka Tarafında Yağ Kaçağı;

Fren pedalına basıldığı zaman, 1 nolu piston sol tarafa hareket eder, fakat silindirin arka tarafında hidrolik basınç meydana gelmeyecektir. Onun için 1 nolu piston geri dönüş yayını sıkıştırarak 2 nolu pistona temas eder ve onu iter. 2 nolu piston silindirinin ön tarafının hidrolik basıncı artar, ve ana merkezin ön tarafından çalıştırılabilen iki ayrı taraf frenleme yapar.



Şekil 3.10 Fren ana merkezinin arka tarafında yağ kaçağı durumu.

## 2. Fren Ana Merkez Silindirinin Ön Tarafında Yağ Kaçağı;

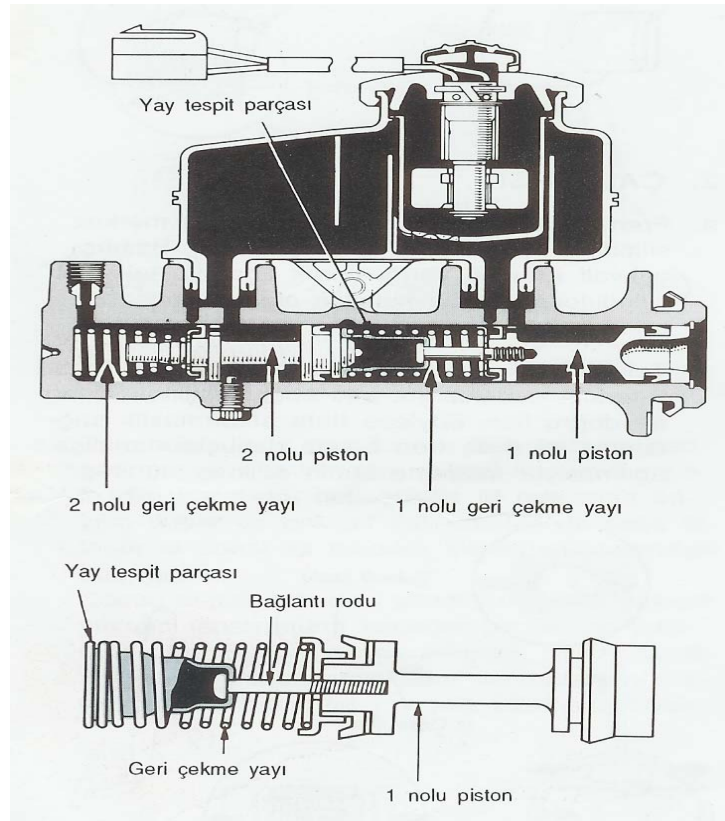
Hidrolik basınç silindirin ön tarafında meydana gelmeyeceğinden, 2 nolu piston silindirin ucundaki uzak duvara temas edinceye kadar ilerler.

1 nolu piston bu konumundan daha sola itildiği zaman, silindirin arka tarafındaki hidrolik basınç artacaktır ve fren ana merkezin arka tarafından frenlerin iki tarafının çalışmasına müsaade edecektir.

### 3.3.1 Fren Ana Merkezini Oluşturan Parçalar

Yay Tutucu ;

Yay tutucu, çapraz borulu çift kademeli fren ana merkezlerinde kullanılmıştır. Fren ana merkezindeki rolü aşağıdadır. Çapraz ayırmalı fren sistemlerinde uygun çalışma temin edilebilmesi için her iki fren pistonunun da eşit basınç üretmesi gereklidir. Bunu teminen 1 nolu piston yayı bir tutucu ve civata yardımı ile 1 nolu piston tutturulmuştur. 1 nolu piston yayının 2 nolu piston yayını ve sürtünme direncini yenebilmesi için daha güçlü olması gereklidir. Bu güçlü yayı yerine monte edebilmek için de tutucusuna gerek vardır.



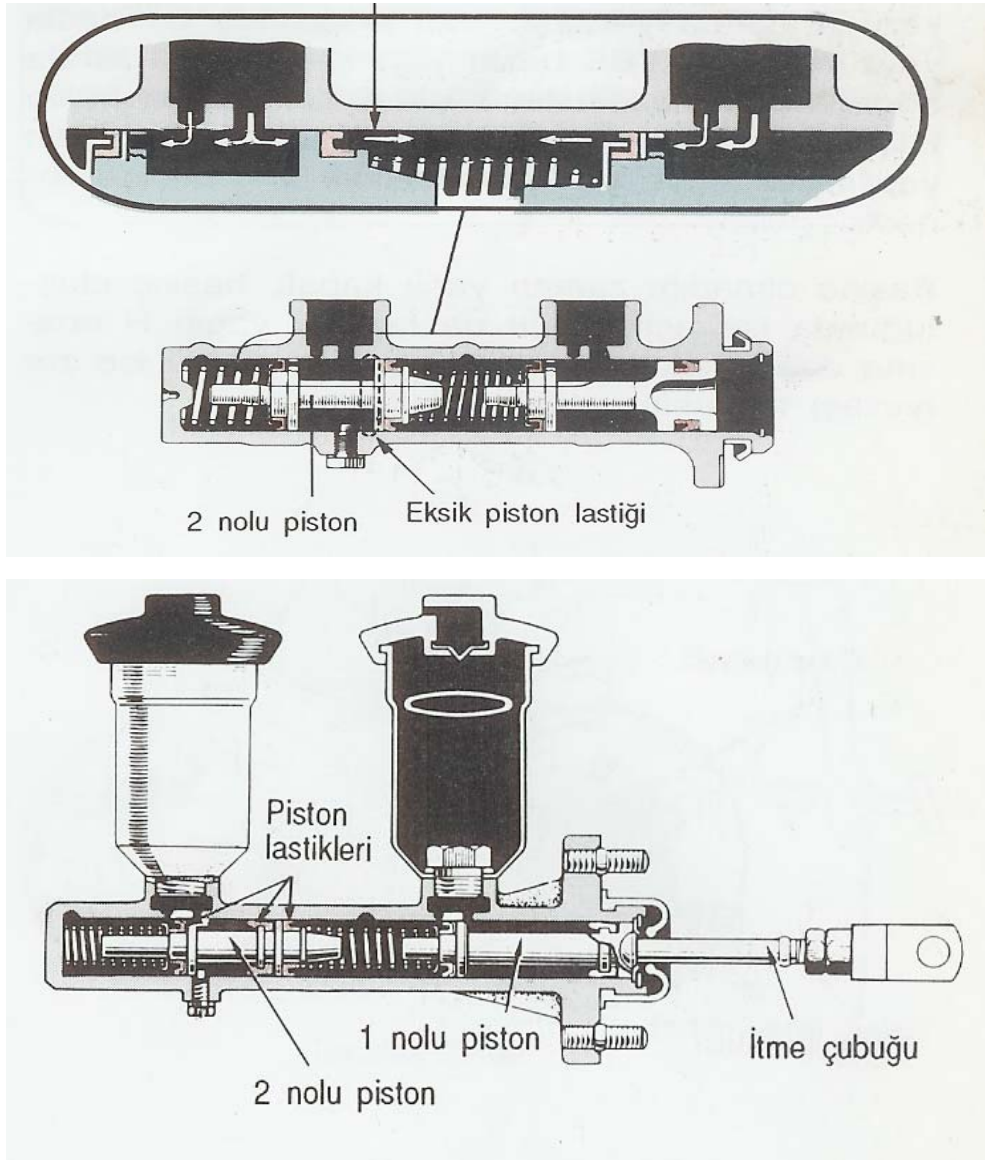
Şekil 3.11 Yay tutucu.

Ayrı Rezervuar Tank ;

Ayrı rezervuarlı fren merkezlerinde 2 nolu piston üzerine üç adet fren lastiği monte edilmiştir. Diğer tip fren ana merkezlerinde ise sadece iki adet fren lastiği kullanılmaktadır.

2 no lu piston üzerinde merkez lastiğinin olmadığını varsayalım. Fren pedalı bırakıldığında 1 no lu piston geri getirme yayının bulunduğu bölgede piston hareketine bağlı olarak vakum oluşur. Bu vakum nedeni ile ön fren hidrolik yağının bir bölümü geriye hareket eder.

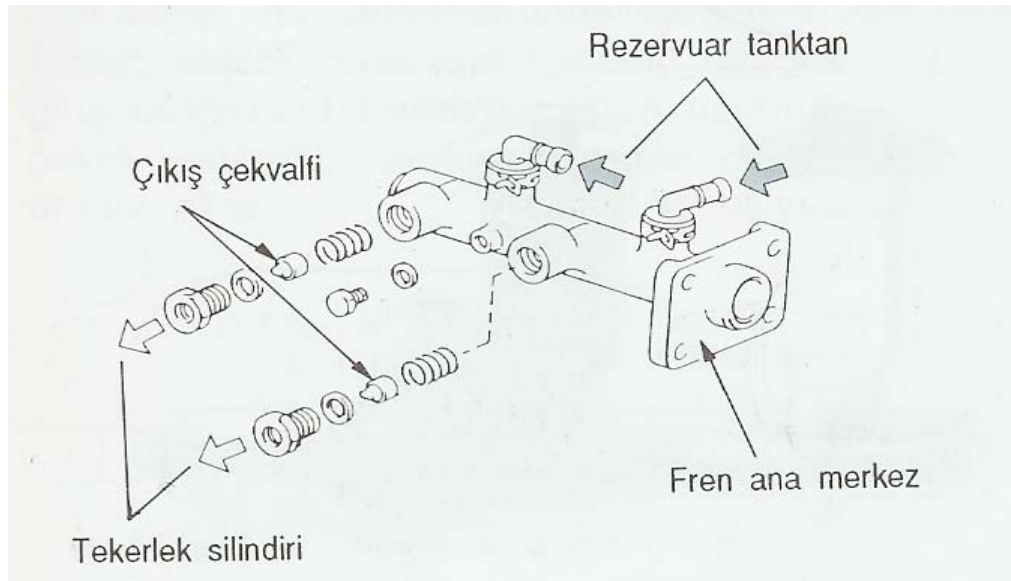
Onun için, ön rezervuardaki fren hidrolik yağının miktarı azalırken arka rezervuar da artacaktır. 2 nolu pistondaki piston merkez lastiği fren ana merkezdeki hidrolik yağının hareketini önler.



Şekil 3.12 Ayrı rezervuar tankı.

Çıkış Çekvalfi ;

Bazı tip fren ana merkezlerinin çıkış hattına çekvalfler yerleştirilmiştir.



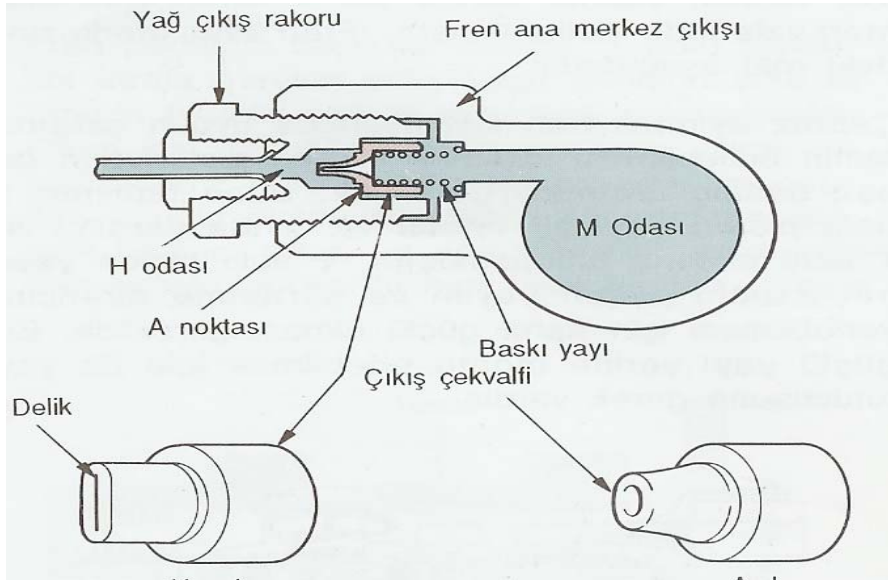
Şekil 3.13 Çıkış çekvalfi.

Çıkış çekvalfi, fren ana merkezinden, tekerlek silindirine hidrolik yağın çabuk akmasına müsaade eder, fakat tekerlek silindirinden fren ana merkezine yavaşça dönmesine izin verir. Bu sistemin havasının alınmasında kolaylık da sağlar.

Çıkış çekvalfleri, boru hattı içinde küçük bir basınca müsaade eder ve tekerlek silindirlerinin yağ kaçaklarını önlerler.

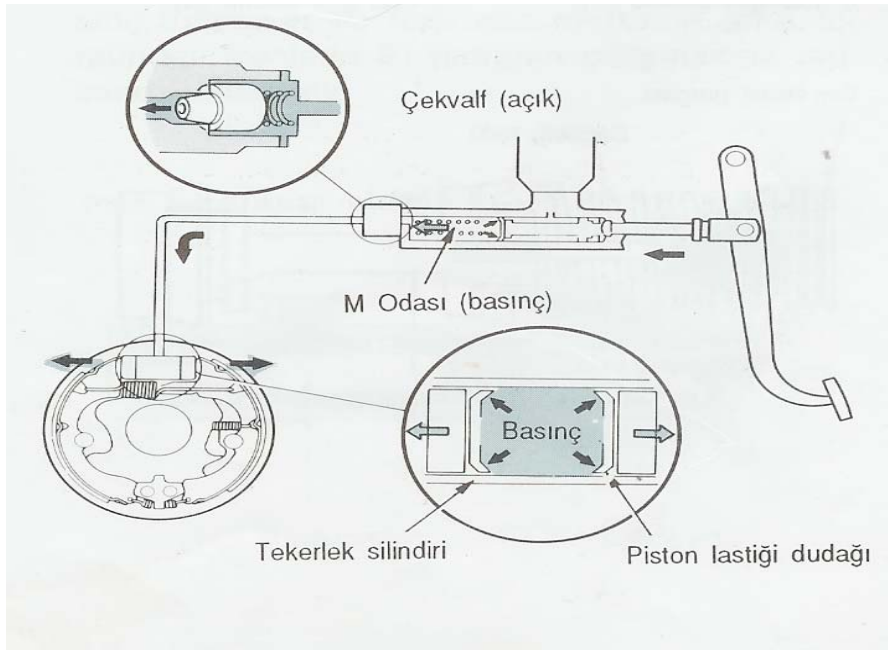
Çıkış çekvalfi fren ana merkez çıkışı ile fren rakoru arasında yer alır. Valf arkasında bir baskı yayı mevcuttur. Bu baskı yayı çekvalfi sol tarafa doğru sürekli basılı tutar ve A noktasında M ve H odalarını birbirinden ayırır. Çekvalfler lastikten yapılmışlardır ve uç kısmı keskin bir yarık şeklindedir.

Basınç olmadığı zaman yarık kapalı, basınç oluştuğunda ise açıktır. Bu da hidrolik yağın H odasına doğru kolay ( hızlı ), M odasına doğru ise zor ( yavaş ) akmasını sağlar.



Şekil 3.14 Çıkış valfi yapısı.

Fren pedalına basıldığında, fren ana merkez silindirin M odasında basınç oluşur. Basınç çekvalf içindeki yarığı iterek açar ve tekerlek silindirlerine yağın kolayca akışına müsaade eder. Tekerlek silindirlerinde yağ basıncı piston lastiklerinin dudaklarına etki ederek silindir cidarına doğru iter. Böylece hem sızdırmazlık sağlanmış hem de fren balata pabuçlarının dışa açılmasıyla frenleme temin edilmiş olur.

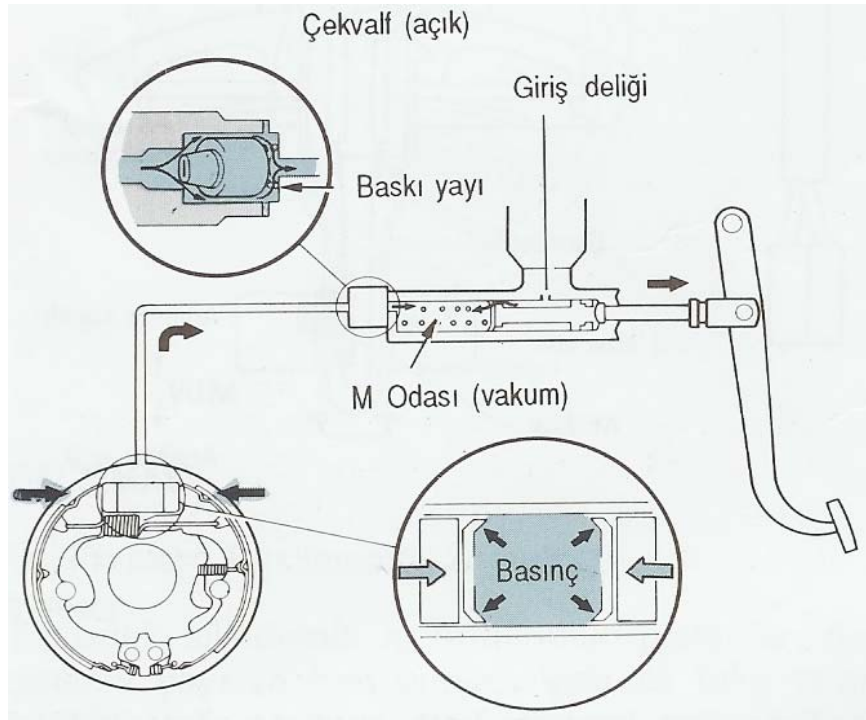


Şekil 3.15 Fren pedalına basıldığında çıkış çekvalfi çalışma prensibi.

Fren pedalı bırakıldığında zaman, fren ana merkez pistonu geri çekme yayı ile normal konumuna döner ve M odasının iç tarafındaki basınç düşer ve orada ani bir vakum oluşur. Bu anda,

piston lastiği dudakları silindir cidarından uzaklaşır ve giriş deliğinden M odasına ve yağın girişine müsaade eder.

Aynı zamanda, çekvalf kenarındaki yarık kapalıdır. Tekerlek silindiri içindeki hidrolik basınç baskı yayının kuvvetinden daha fazladır ve fren ana merkez silindirine geri dönen hidrolik yağ çekvalfi sağa itmesine neden olur. Bu şekilde hidrolik yağ tekerlek silindirlerinden ana merkez silindirine geri dönmüş olur.



Şekil 3.16 Fren pedalı bırakıldığında çıkış çekvalfi çalışma prensibi.

Tekerlek silindir pistonu ise fren pabucu geri getirme yayı tarafından normal konumuna gelir. Bu hareketin neticesinde M odasında basınç düşer ve çekvalf yay vasıtasıyla sağa itilerek M odası ile tekerlek silindirleri arasındaki hattı kapatır.

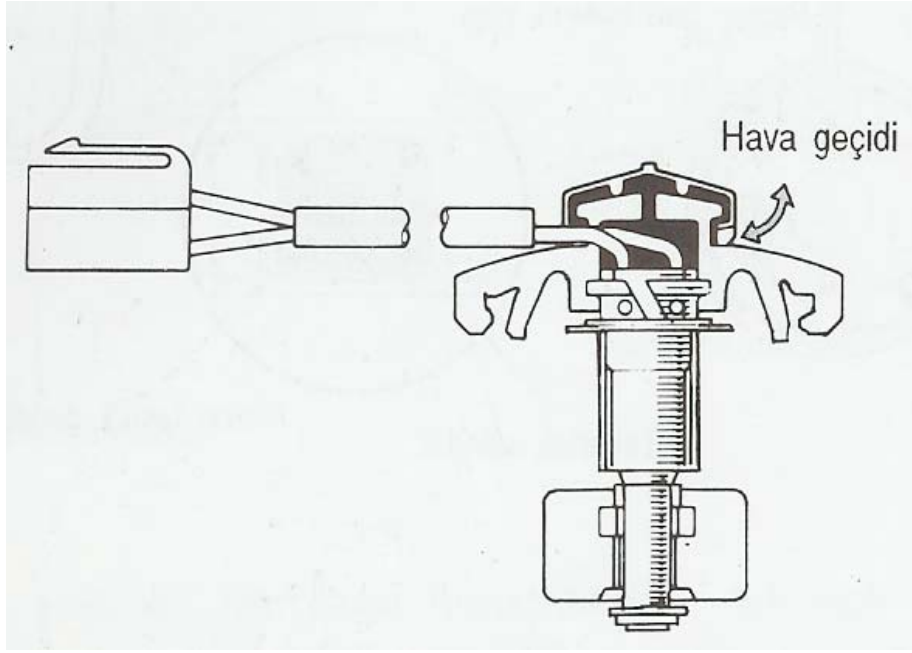
Sonuç olarak tekerlek silindirleri içinde çekvalf yayının tansiyonuna eşdeğer bir basınç tutulmuş olur. Bu basınç da tekerlek silindir lastiklerinin dudaklarına etki eder ve dudakları silindir cidarına basılı tutarak yağ sızıntısını önler.

Fren pedalı hızla bırakıldığında, fren ana merkez pistonu tekerlek silindiri pistonuna göre daha hızlı geri gelir (tekerlek silindir pistonu fren pabucu geri getirme yayı tarafından hareket ettirilmektedir. Pabuçların hareketi ise pabuç ile fren tablası arasındaki sürtünme nedeniyle yavaştır). Eğer çekvalf kaçırıyorsa tekerlek silindiri içinde vakum oluşur ve neticesinde içeri hava girebilir. Çekvalf sisteme havanın girmesini de engeller. Disk frenlerle donatılmış

araçlarda tekerlek silindirlerine hava girmesini önleyen keçeler mevcuttur. Bu nedenle bu tip araçların ana merkezlerinde çekvalf yoktur.

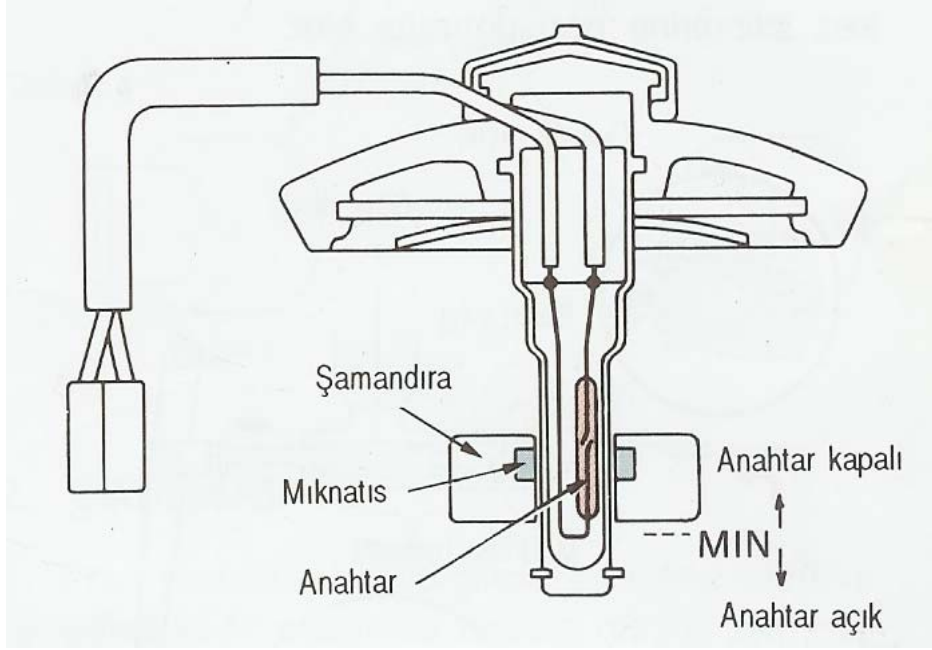
Rezervuar Tank ;

Rezervuar tankının içindeki fren hidrolik yağının miktarı, frenin çalışması esnasında değişir. Yağ hacminin değişmesi sonucunda oluşan basınç dalgalanmaları, rezervuar kapağına delinen ve atmosfere açık küçük bir delik tarafından önlenmektedir.



Şekil 3.17 Rezervuar tank kapağı.

Bir çift kademeli fren ana merkezde de tek bir rezervuar tank vardır. Bir sonraki sayfada gösterildiği gibi tankın içinde ön ve arka bölümleri ayıran bir separatör vardır. Tankın iki parçalı olması nedeniyle, devrelerin birinde kaçak olduğunda diğerinde frenlemeyi sağlayacak hidrolik yağın bulunması sağlanmış olacaktır.



Şekil 3.18 Rezervuar tankı yağ seviyesi.

Fren hidroliği, fren sistemi içinde gücün aktarılması için kullanılan hidrolik bir maddedir. Fren sisteminin çalışmasını güvenilir kılmak için sert şartlara uyulması gerekmektedir. Bu şartlar, aynı içeriğe sahip çeşitli standartlarda belirtilmiştir .

Dengeli kaynama noktası

Dengeli kaynama noktası, fren hidroliğinin termal streslere karşı gösterdiği mukavemetin gösterilmesini sağlar. Tekerlek freni silindirleri içinde oluşturulan ısı (tüm fren sistemi içindeki en yüksek sıcaklık demektir), özel bir önem taşır. Fren hidroliğinin anlık kaynama noktasının üzerindeki sıcaklıklarda buhar baloncukları oluşarak fren arızasına neden olur.

Islak kaynama noktası

Islak kaynama noktası, hidrolik belli şartlar altında nem aldıktan sonraki dengeli kaynama noktasıdır.

Higroskopik (glikol tabanlı) hidrolikler, kaynama noktasındaki sert düşümlere tepki verme konusunda çok hassastır.

Islak kaynama noktasının test edilmesi, kullanılmış fren hidroliğinden beklenen özelliklerin belirlenmesiyle idare edilir.

Fren hidroliği, nemi difüzyon yoluyla büyük bir olasılıkla sistemin hortumlarından alır.

Bu da fren hidroliğinin 1-2 yılda bir değiştirilmesi gerekliliğinin ana sebebidir. Bu fren hidroliği değişimi, emniyetli frenleme elde etmek için önem taşır; bu çalışma sırasında sistemin içinde sıkışmış havanın dışarı atılması (fren havası tahliyesi) için özel itina gösterilmelidir.

#### Viskozite

Fren sisteminin pek çok şart altında (-40 °C ... +100 °C) güvenli bir şekilde çalışmasını sağlamak için viskozitenin sıcaklık dalgalanmalarındaki tepkisi en alt düzeyde olmalıdır. Düşük sıcaklıktaki viskoziteler, ABS'li sistemlerde özellikle önem arz etmektedir.

#### Sıkıştırılabilirlik

Hidrolik sıvıda, düşük sıcaklık hassasiyetine sahip düşük düzey sıkıştırma elde edilmelidir.

#### Korozyon koruması

FMVSS 116, fren hidroliklerinin fren sistemi içinde çoğunlukla kullanılan metaller üzerinde herhangi bir paslanma etkisi oluşturmamasını şart koşar. Gerekli korozyon koruması sadece katkı maddelerinin kullanılmasıyla elde edilebilir.

#### Elastomer şişkinlik

Fren sistemindeki elastomerler, kullanılacak fren hidroliğinin tipine uymalıdır. Az miktar şişkinlik kabul edilir olmasına rağmen %16 değerini geçmemesi mecburidir. Bu rakamın üzerinde fren hidroliği, elastomer aksamı zayıflatma eğilimi gösterir. Glikol bazlı fren hidroliği içinde çok az miktarda mineral yağ (mineral bazlı sıvılar, solventler) bulunması bile lastik aksamın (contalar v.b.) bozulmasına neden olarak fren sisteminin arızalanmasına neden olur.

#### Kimyasal bileşim

Yukarıda adı geçen konularda iyileştirmeler elde edilmesi için özel kimyasal maddeler kullanılabilir. Ancak özelliklerin birinde yapılacak değişiklikler, bir diğerinde istenmeyen değişikliklere yol açma eğilimi gösterir.

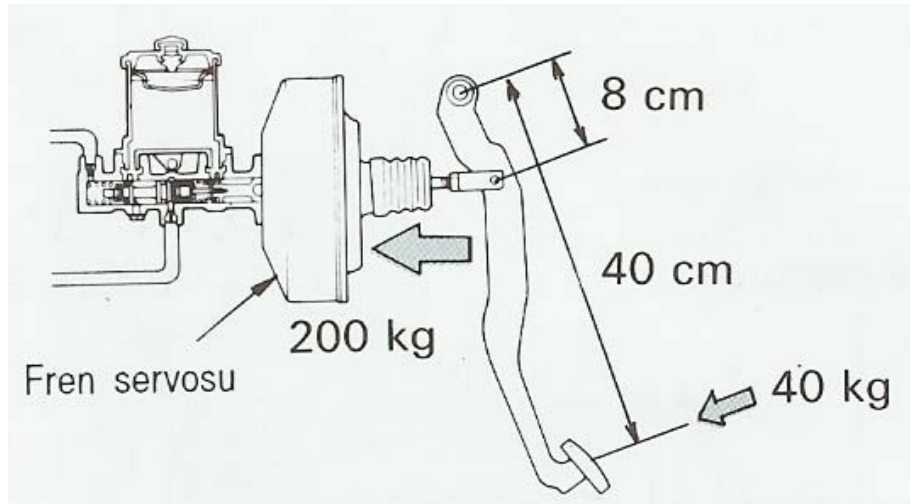
Çizelge 3.1 Fren hidrolikleri standartları

Test için referans standart	FMVSS 116 <sup>1)</sup>			SAE J1703
	DOTS	DOT4	DOT5	
Şartlar / Tarih				11,83
En düşük kuru kaynama noktası °C	205	230	260	205
En düşük ıslak kaynama noktası °C	140	155	180	140
-40 °C sıcaklıkta soğuk vizkosite mm <sup>2</sup> /s	1500	1800	900	1800

### 3.4 Fren Servosu

Fren servosunun verimi, atmosferik basıncın ve vakumun etkilediği alanın ölçüsüne bağlıdır. Bu daha büyük alan, daha büyük servo basıncı demektir. Normalde, bir fren servosu fren gücünü 2 veya 4 kez artırır.

Örnek ; Fren pedalına 40 kg ( 88 lb ) ' lik bir kuvvet ile basıldığı zaman, fren pedal kuvveti, fren pedalının kaldıraç kuvveti ile servo üzerine 200 kg ( 441 lb ) ' lık bir kuvvet şeklinde tatbik edilecektir.

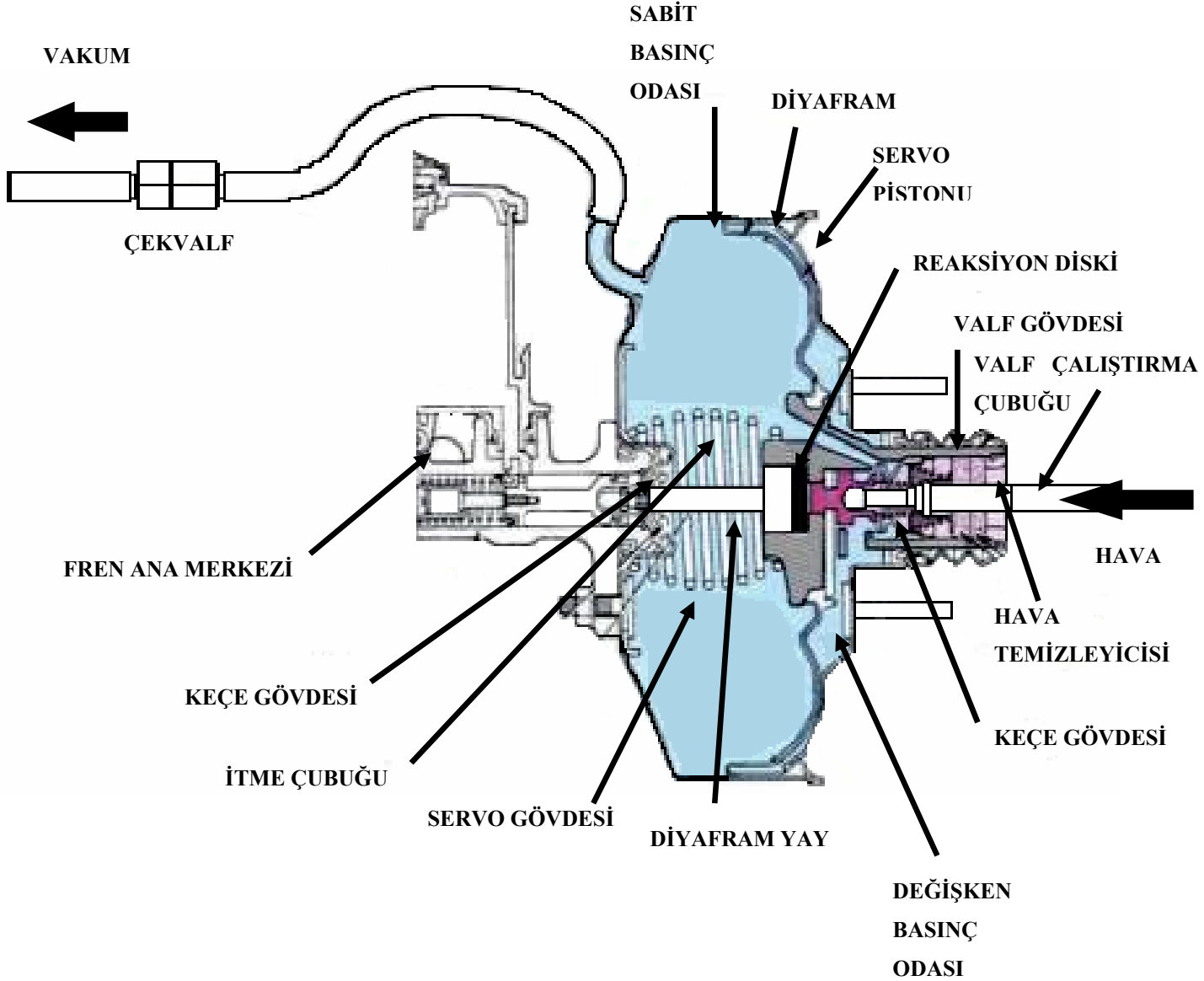


Şekil 3.19 Fren servosu.

Atmosferik basıncın 500 mmHg ( 19,7 in Hg ) 'ye eşit olduğunu varsayalım, fren servosundaki 200 kg ( 441 lb ) bir giriş kuvveti, yaklaşık 400 kg ( 882 lb ) ' ye yükselecektir. Sonuç olarak frenleme kuvveti iki kat artacaktır.

## Çalışma Prensibi

Fren servosunun çalışma prensibi aşağıdaki gibidir. Vakum pistonunun her iki yanına uygulandığı zaman, piston yay ile sağa itilir ve orada kalır.



Şekil 3.20 Fren servosu yapısı.

Atmosferik havanın servosunun değişken basınç odasına geçmesine izin verildiğinde, basınç farkı nedeni ile piston yaya doğru hareket ederek sola doğru gider. Sonuç olarak piston çubuğu, ana merkez silindiri pistonunu iterek hidrolik basıncı oluşturur.

### 3.4.1 Tek Diyaframlı Fren Servosu

Yapısı ;

- Fren servosunun iç tarafı emme manifolduna ( veya dizel motorlarda vakum pompasına ) bir çekvalf yolu ile açıktır. Motor çalıştığı zaman, fren servosunda vakum oluşur. Çekvalf sadece servodan motora hava akışına müsaade edecek şekilde dizayn edilmiştir. Onun için servo motorun yarattığı maksimum vakumu muhafaza eder.
- Servo, diyafram ile sabit basınç odası ve değişken basınç odası olarak iki bölüme ayrılmıştır. Diyaframın iç çevresi servo pistonu ile beraber valf gövdesine diyafram yayı ile sağa itilir.
- Hava, valf çalıştırma çubuğu hareketine bağlı olarak hava temizleyicisinden geçerek içeri girebilir. Bu sayede değişken basınç odası basıncı ayarlanmış olur. İtme çubuğu valf gövdesinin sol tarafına karşılama diskisi ile birlikte yerleştirilmiştir. Frene basıldığında itme çubuğu sola hareket ederek fren ana merkezini çalıştırır.
- Valf çalıştırma çubuğu fren pedalına bağlıdır. Hareketli parçaları ( servo gövdesi ve valf gövdesi, servo gövdesi ve itme çubuğu ) servo içindeki vakumu muhafaza etmek için gövde keçeleriyle donatılmıştır.



Şekil 3.21 Nissan Micra aracın fren servosu

Çalışma Prensipleri ;

Frene basılmadığında;

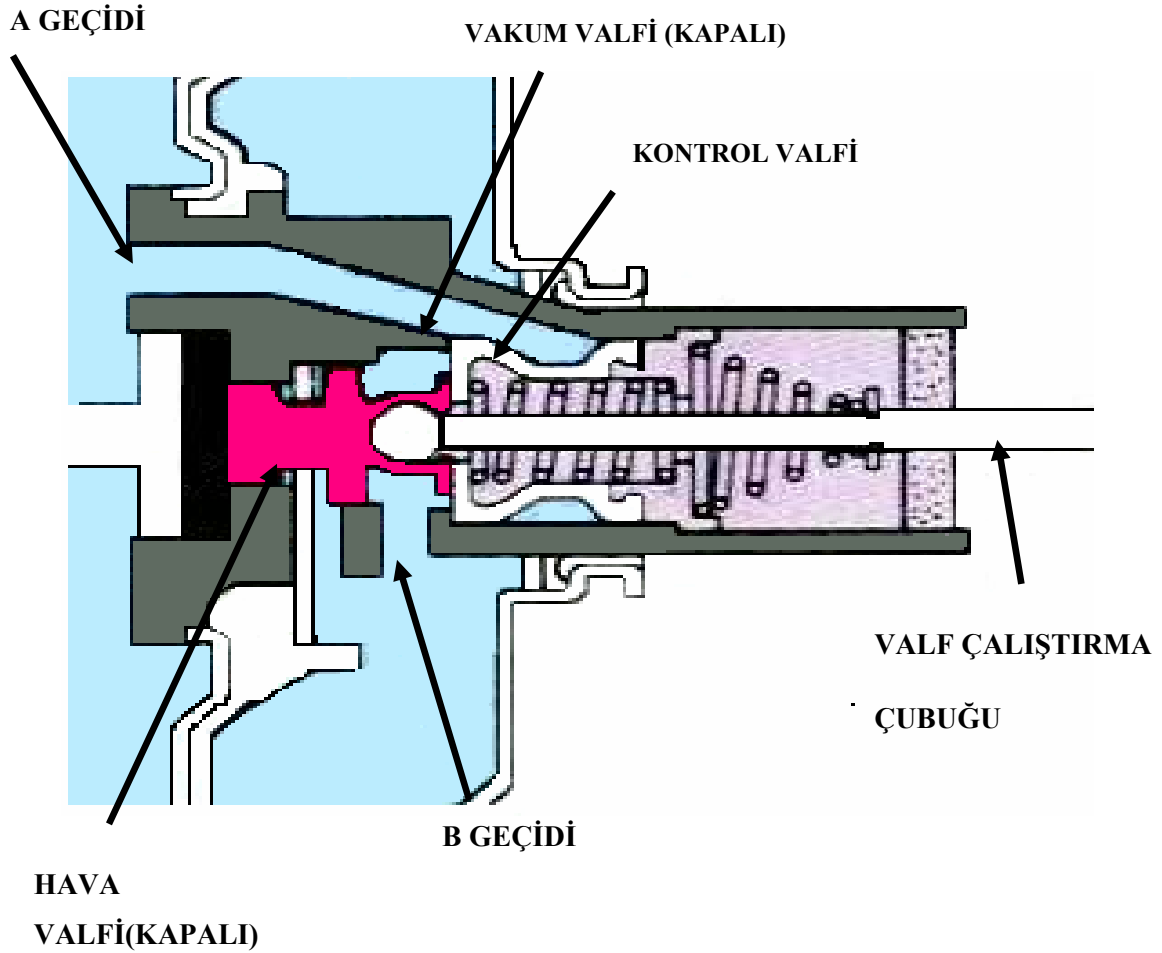
Hava valfi valf çalıştırma çubuğuna bağlıdır ve hava valfi geri getirme yayı ile sağa itilir. Kontrol valfi, kontrol valf yayı ile sola itilir. Bu nedenle hava valfi ile kontrol valfi temas



Frene basıldığında;

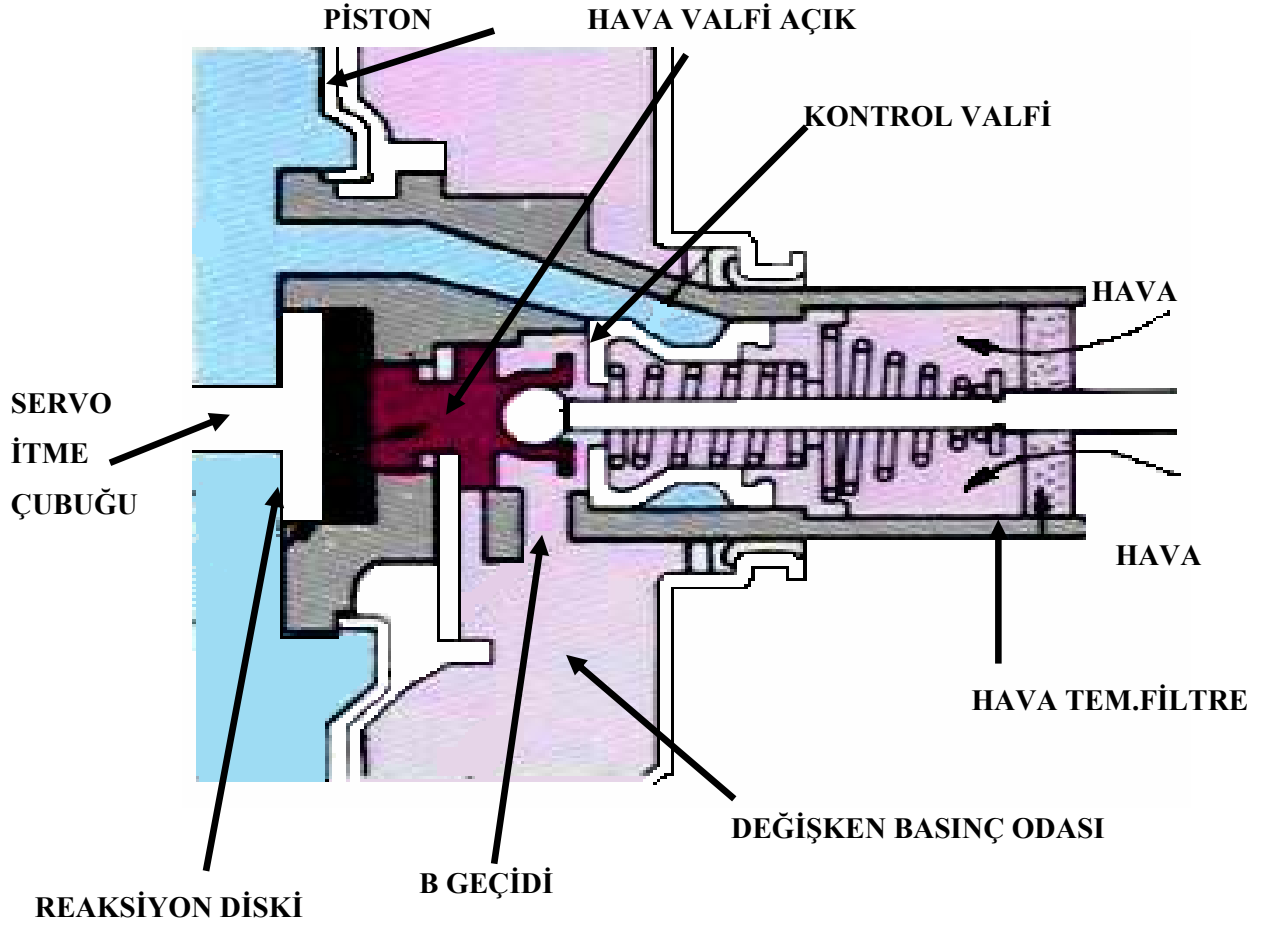
Fren pedalına basıldığında, valf çalıştırma çubuğu hava valfini iter ve sola hareket ettirir.

Kontrol valfi, kontrol yayı ile hava valfine karşı itilir ve vakum valfine temas edinceye kadar sola hareket eder. Bu hareket A geçidi ve B geçidi arasındaki açıklığın kapanmasına neden olur.



Şekil 3.23 Frene basıldığında fren servosu çalışma prensibi.

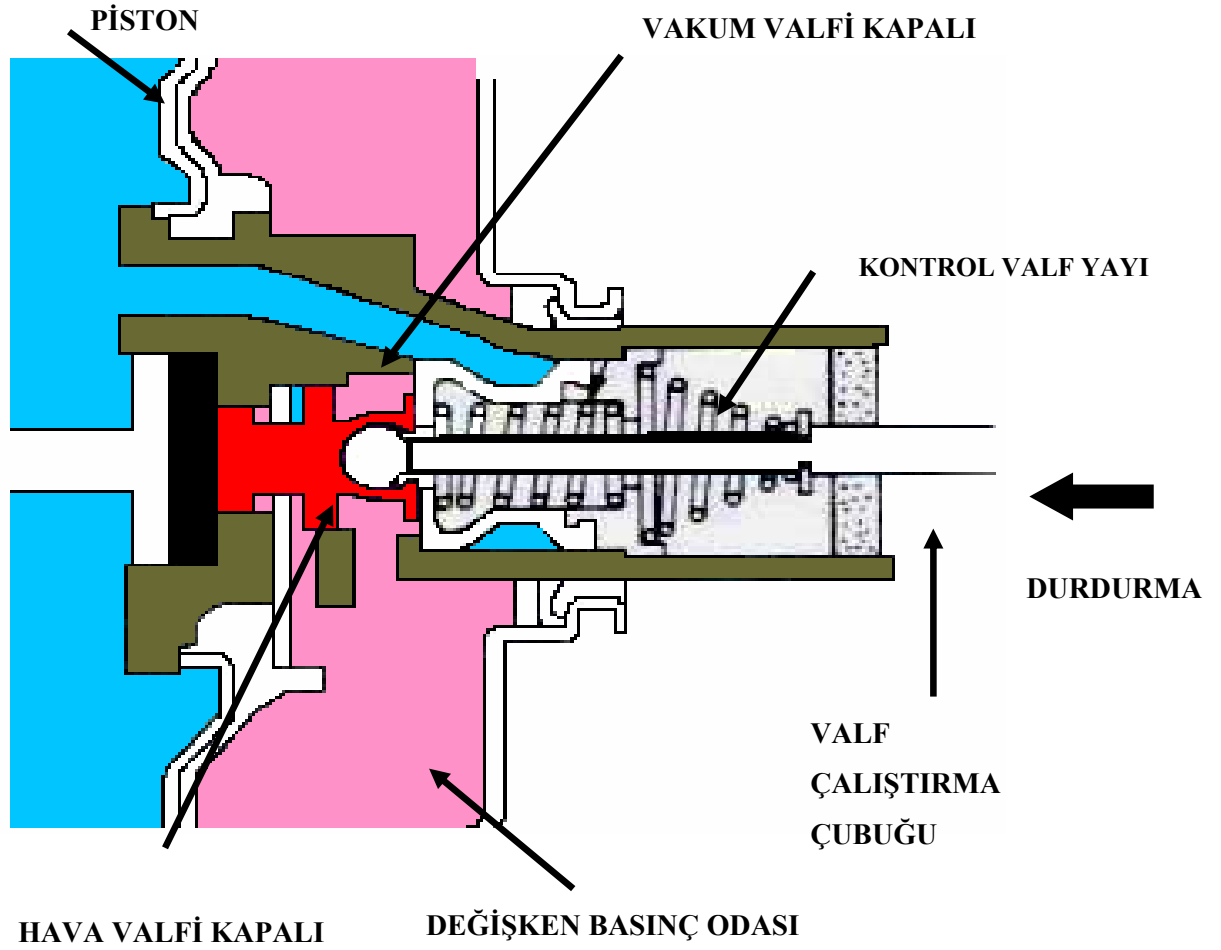
Hava valfi sola doğru daha fazla hareket ettiğinde, kontrol valfinden uzaklaşır. Bu B geçidinden ( hava temizleme elemanından geçildikten sonra ) değişken basınç odasına atmosfer havasının girmesine neden olur. Sabit basınç odası ve değişken basınç odası arasındaki basınç farkı nedeni ile piston sola doğru hareket eder. Bu şekilde reaksiyon diski, servo itme çubuğunu hareket ettirir ve frenleme kuvvetini artırır.



Şekil 3.24 Frene basıldığında fren servosu çalışma prensibi.

Tutma konumu;

Eğer frene yarım basılmışsa, valf çalıştırma çubuğu ve hava valfi hareketi durur. Ancak piston basınç farkı nedeni ile sola hareketine devam eder. Kontrol valfi, kontrol valf yayı nedeniyle vakum valfine temas etmektedir. Ancak piston ile birlikte hareket etmektedir. Kontrol valfi sola hareket ettiğinde hava valfine temas edeceğinden, atmosferik havanın değişken basınç odasına girmesine engel olur, böylece değişken basınç odası içindeki basınç dengelenir. Sonuç olarak sabit ve değişken basınç odaları içindeki basınç farkı dengelenir, pistonun hareketi durur ve mevcut frenleme kuvveti muhafaza edilir.

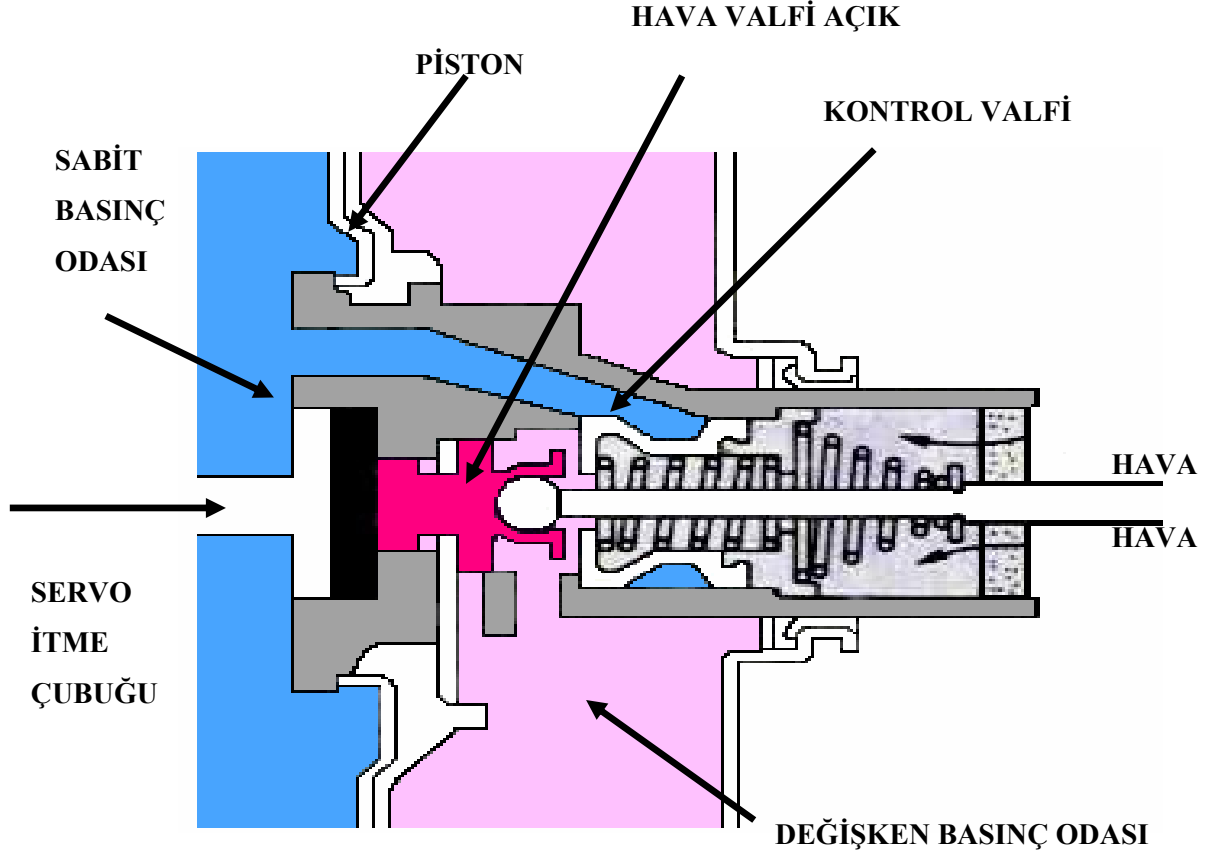


Şekil 3.25 Frene yarım basılmış şekilde fren servosu çalışma prensibi.

Maksimum servo;

Eğer fren pedalına tam basılır ise, hava valfi kontrol valfinden uzağa hareket eder. Bu şartlar içinde, değişken basınç odası atmosferik hava ile tam doldurulur ve sabit basınç odası ve değişken basınç odasındaki basınç farkı maksimum olur. Bu nedenle piston üzerinde maksimum servo etkisi görülür.

Eğer fren pedalına daha da fazla basınç uygulanacak olunursa, piston üzerindeki yardımcı kuvvet değişmeyecektir ve servo itme çubuğuyla uygulanan kuvvet sadece fren ana merkezine uygulanmış olacaktır.

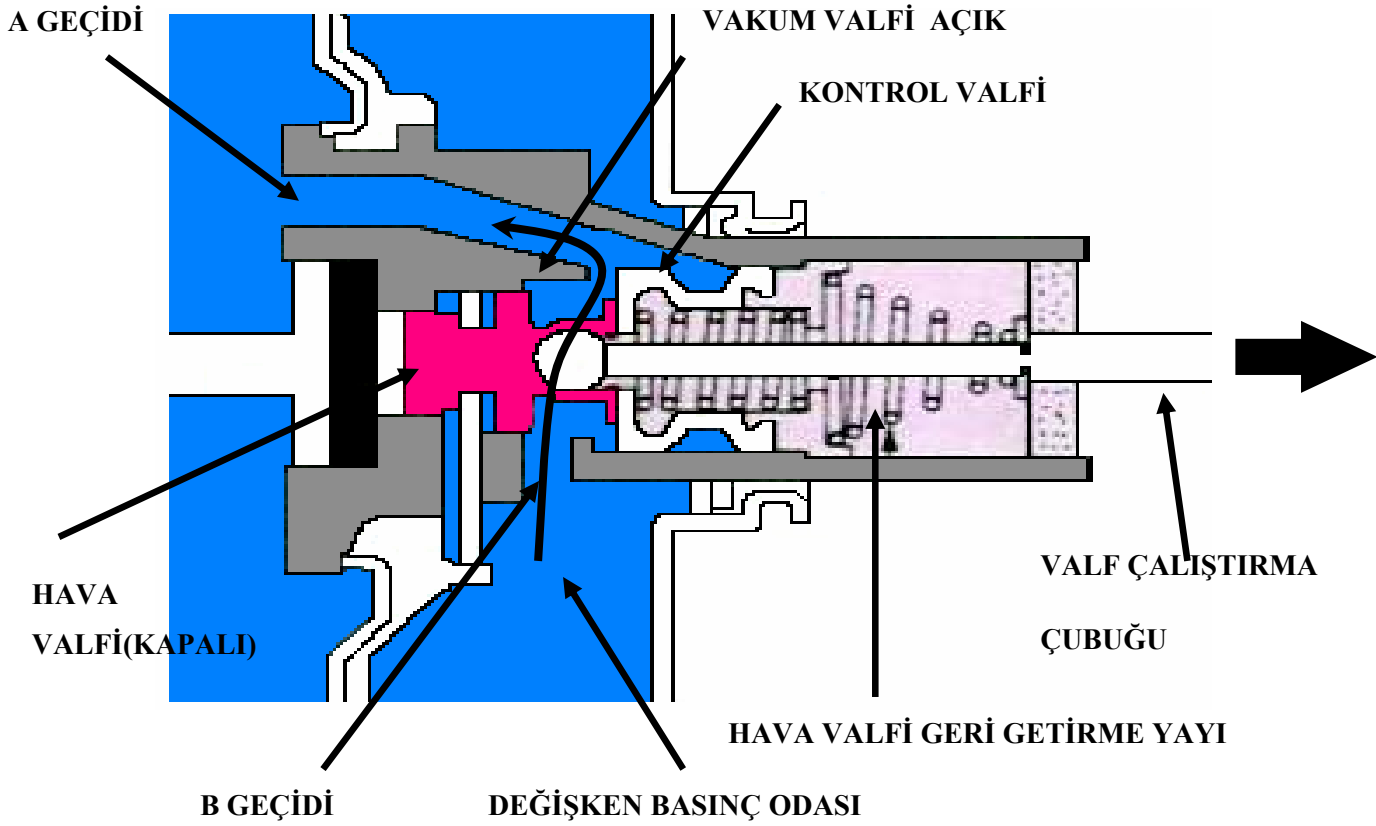


Şekil 3.26 Fren pedalına tam basıldığında fren servosu çalışma prensibi.

Frenler bırakıldığında,

Fren pedalı serbest bırakıldığı zaman, valf çalıştırma çubuğu ve hava valfi, hava valfinin geri getirme yayı ve fren ana merkez silindirin reaksiyon kuvveti ile sağa hareket eder. Bu nedenle, hava valfi kontrol valfine temas eder. Bu nedenle, hava valfi kontrol valfine temas eder, değişken basınç odasındaki atmosferik hava geçidi kapanır. Aynı esnada, hava valfide kontrol valfi yayını büzer. Kontrol valfi vakum valfinden uzaklaşır ve A geçidi B geçidi ile birleşir.

Bu değişken basınç odasından sabit basınç odası içine atmosferik hava akışına müsaade ederek iki oda arasındaki basınç farkını ortadan kaldırır. Piston diyafram yayı ile sağa geriye itilir ve servo ilk konumuna geri döner.

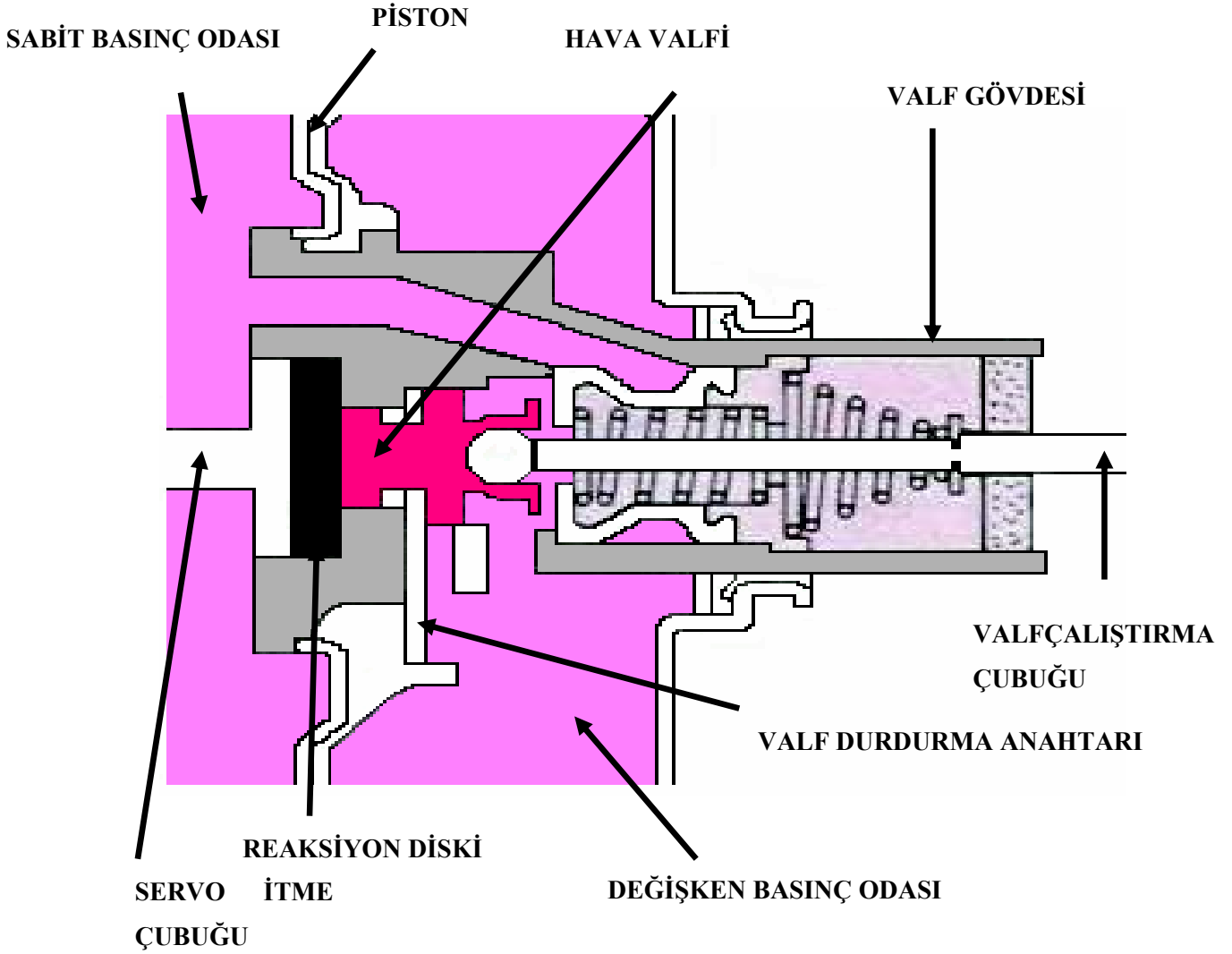


Şekil 3.27 Frenler bırakıldığında fren servosu çalışma prensibi.

Eğer vakum azaldığında fren servosu kullanılırsa sabit basınç odası ve değişken basınç odası arasında basınç farkı olmayacaktır ( her ikisi atmosferik havayla dolu olacaktır ). Fren servosu kapalı durumda olduğu zaman, piston diyafram yayı ile sağa geri döner.

Bununla beraber, fren pedalına basıldığı zaman, valf çalıştırma çubuğu sola ilerleyerek hava valfi, reaksiyon disk ve servo itme çubuğunu iter. Bu nedenle fren ana merkez silindir pistonu frenlere fren gücü uygular. Aynı zamanda, hava valfi valf gövdesi içine sokulu valf durdurma parçasını iter. Bu nedenle piston da diyafram yayının gücünü yener ve sola hareket eder.

Bu durumda, frenlerin çalışmasına müsaade eden yeterli hidrolik basınç meydana gelecektir fakat fren servosu çalışmadığından, fren pedalı sertleşecektir.



Şekil 3.28 Vakumsuz konumda fren servosu çalışma prensibi.

Fren Servo Ayarı ;

Servo itme çubuğu uzunluğu, fren ana merkez silindiri ve fren servosunun montajından önce ayarlanmalıdır.

Servo itme çubuğu ile fren ana merkez pistonu arasındaki A boşluğu ( 0,1 ila 0,5 mm ) olacak şekilde ayarlandıktan sonra servo ile fren merkezi birbirine bağlanır.

Eğer boşluk daha küçükse, frenlerin kapmasına neden olacaktır. Eğer boşluk daha büyükse, frenleme gecikmesine neden olacaktır.

### 3.4.2 Çift Diyaframlı Fren Servosu

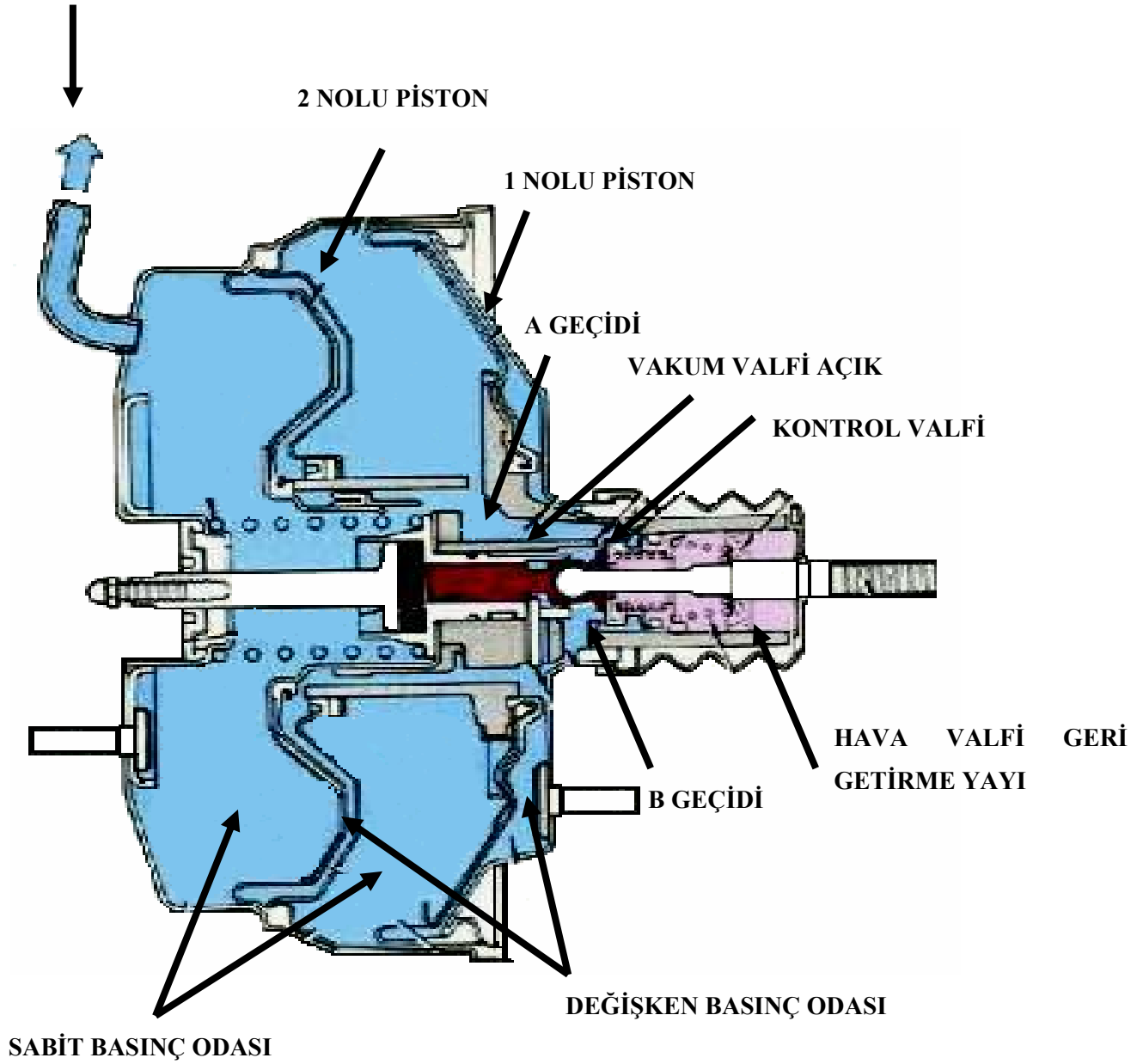
Çift diyaframlı fren servosunun yekpare ve aşırı derecede güçlü üniteli iki vakum odası vardır.

Frene basılmadığında ;

Frenlere basılmadığında, valf çalıştırma çubuğuna kuvvet uygulanmamaktadır. Bu sebeple, hava valfi ve valf çalıştırma çubuğu, hava valfinin geri getirme yayının tansiyonu ile sağa itilir ve valf durdurma parçasına dayanarak durur. Bu esnada, hava valfi kontrol valfini geriye doğru iteceğinden, hava filtre elemanından servoya giren atmosferik havanın girdiği geçit kapanacaktır.

Diğer yandan, vakum valfi ve kontrol valfi birbirleriyle temasta değildir, böylece A geçidi ile B geçidi birbiri ile irtibat halindedir.

Onun için, vakum sabit basınç odası ve değişken basınç odasının her ikisine de uygulanır böylece pistonun her iki tarafındaki odalarda basınç farkı yoktur.



Şekil 3.29 Frene basılmadığında çift diyaframlı fren servosu çalışma prensibi.

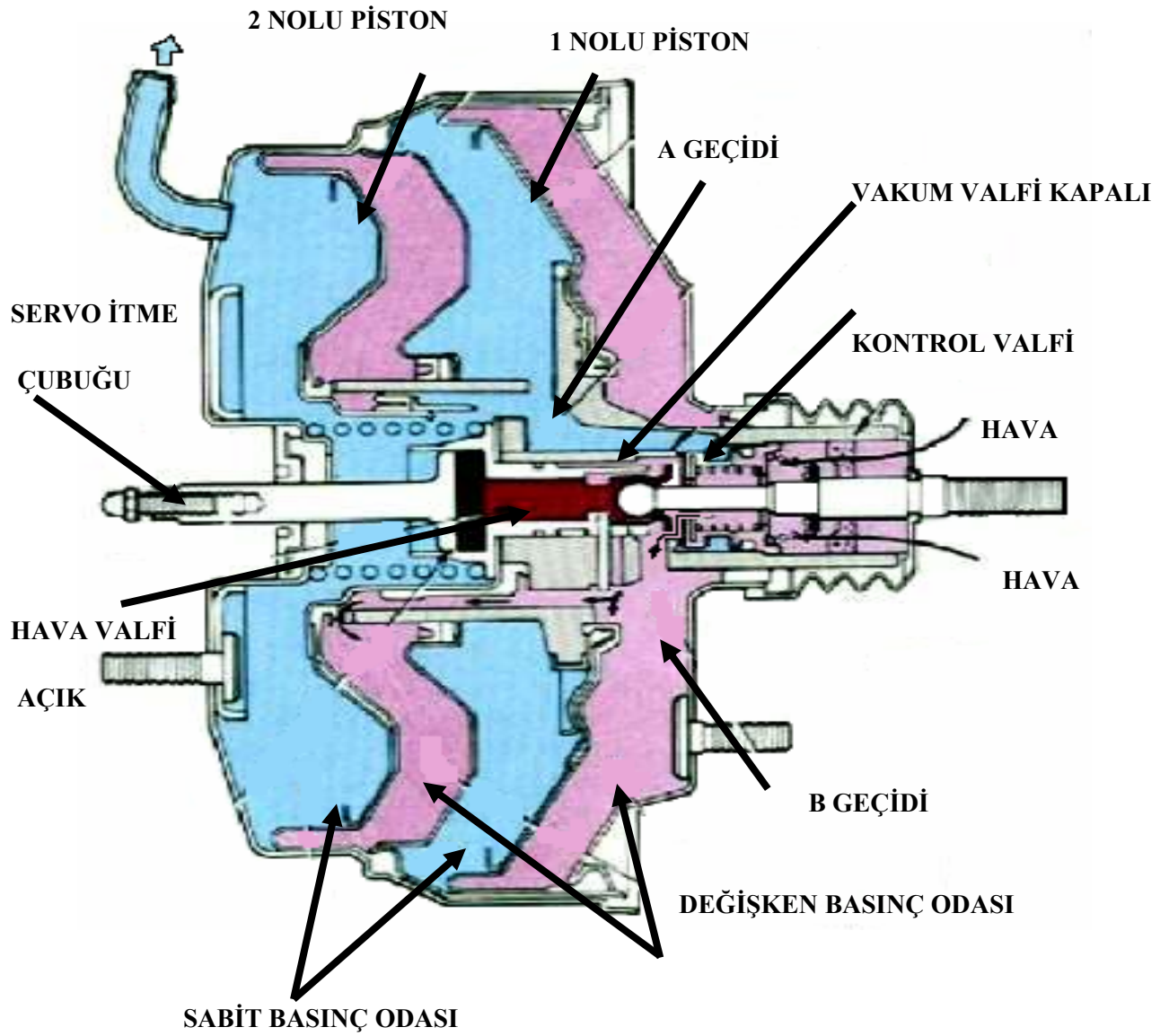
Frene basıldığında;

Fren pedalına basıldığı zaman, valf çalıştırma çubuğu ve hava valfi birlikte sola itilir. Bunun sonucunda, kontrol valfi ve vakum valfi birbirleriyle temas ederler. A geçidi ve B geçidi kapanır ( sabit basınç odası ve değişken basınç odası ). Sonunda hava valfi kontrol valfinden uzaklaşır ve atmosferik hava, hava temizleme elemandan geçerek, B geçidinin bir yanından değişken basınç odasına girer. Bu sabit basınç odası ve değişken basınç odası arasında basınç farkı meydana getirir ve pistonlar sola hareket ederler.

Basınç farkı nedeni ile pistonların uyguladığı kuvvet valf gövdesi yoluyla reaksiyon diskine aktarılır. Daha sonra da servo itme çubuğu vasıtasıyla aktarılan kuvvet servo çıkış kuvvetini oluşturur. Basıncın tatbik edildiği 1 nolu ve 2 nolu pistonların yüzeyleri ile sabit basınç odası ve değişken basınç odası arasındaki basınç farkı servo çıkış kuvvetine eşittir.

Diğer konumlar;

Valfler ( kontrol valfi, vakum valfi ve hava valfi ) tek diyaframlı fren servosunun diğer konumları ( tutma, maksimum servo, frenler bırakıldığında ) gibi aynı şekilde çalışırlar.



Şekil 3.30 Frene basıldığında çift diyaframlı fren servosu çalışma prensibi.

### 3.5 Basınç Oranlama Valfleri

#### 3.5.1 P-Valf

Ön ve arka lastiklere etki eden yük ;

Frenleme kuvveti lastiklerin yol sürtünmesiyle oluşur ve yüklerle orantılı olarak artar. Önden motorlu ve önden çekişli araçlarda ön taraf arka taraftan daha ağırdır ve frenleme anında araç ağırlık merkezi öne doğru hareket etmeye çalışır. Bu hareket sonucu ön tarafın ağırlığı artar, arka tarafın ağırlığı azalır. Ağırlık merkezinin öne hareketine bağlı olarak ön tarafın frenleme kuvveti artarken arka tarafın frenleme kuvveti de azalır.

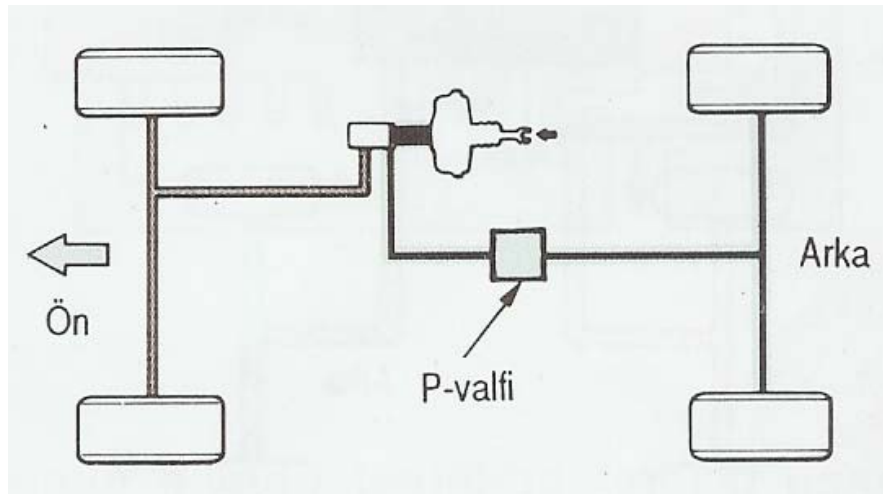
Arka lastiklerin erken tutmasının tehlikesi ;

Ön ve arka lastiklerin aynı frenleme kuvvetine sahip olduğu varsayıldığında arka lastikler; üzerlerindeki yükün azlığı nedeniyle erken tutacaktır. Bu nedenle arka lastikler kayacaktır.

Kayma sonucu lastiklerin yol ile sürtünmesi zayıflayacağından lastiğin yol tutması da kötü olacaktır. Bu şartlarda araç düz gidemeyecek ve savrulacaktır. Bu da son derece tehlikelidir.

Arka lastiklerin erken tutmasını önleme tedbirleri ;

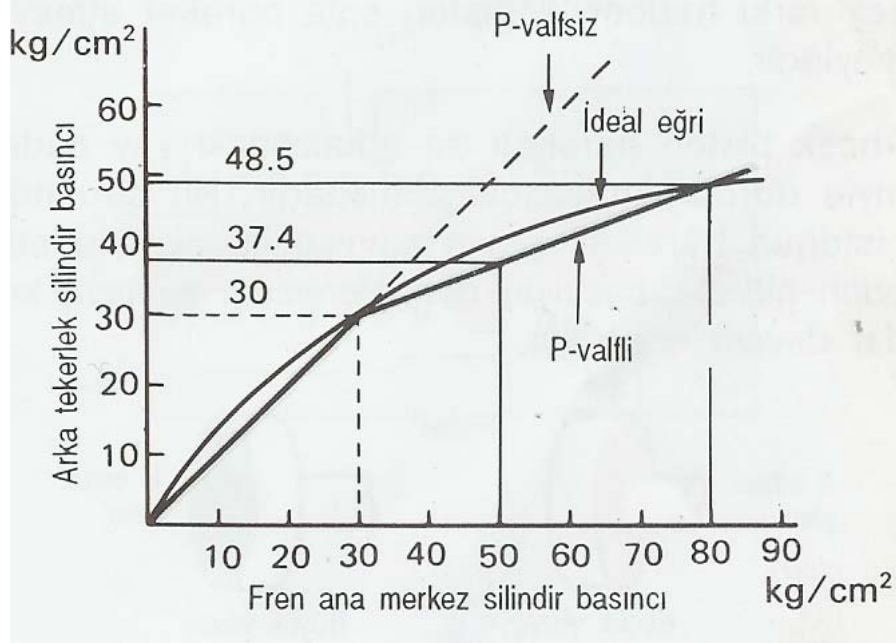
Ön lastiklerden önce devreye girmemesi için arka lastiklerin frenleme kuvveti azaltılmalıdır. Bunu sağlamak için devreye basınç oranlama valfi ( P valf ) konulmuştur. P- valf fren pedalının uyguladığı kuvvete bağlı olarak, ana merkez silindirinden arka tekerlek silindirlerine giden hattaki hidrolik basıncını otomatik olarak azaltılır.



Şekil 3.31 P-valf resmi.

İdeal hidrolik basınç eğrisi ;

Ön ve arka tekerlekler için ideal hidrolik basınç eğrisi aşağıda grafikte gösterilmiştir. P-valf gerçek sistem basıncını mümkün olabildiğince ideal sistem basıncına getirebilmek için dizayn edilmiştir.



Şekil 3.32 İdeal hidrolik basınç eğrisi (Toyota eğitim notları )

P-valfin türleri ;

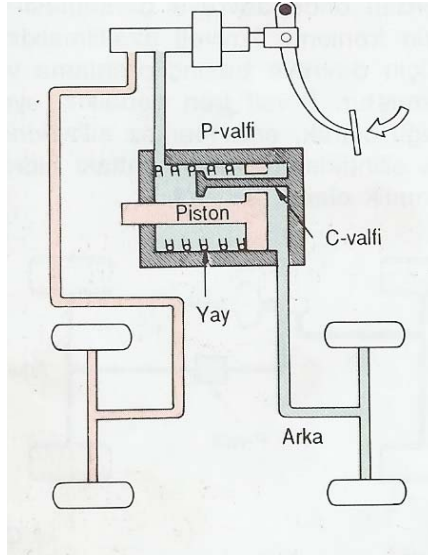
Aşağıda P-valf tiplerinin hepsi arka tekerleklerin erken tutulmasını ( kilitlemesini ) önlemek için dizayn edilmiştir.

- P valf
- P ve BV
- LSPV
- DSPV

Çalışma Prensibi;

Fren Ana Merkez Silindir Basıncı Sıfır

Piston yay ile sağa itilerek, C valfini açar.

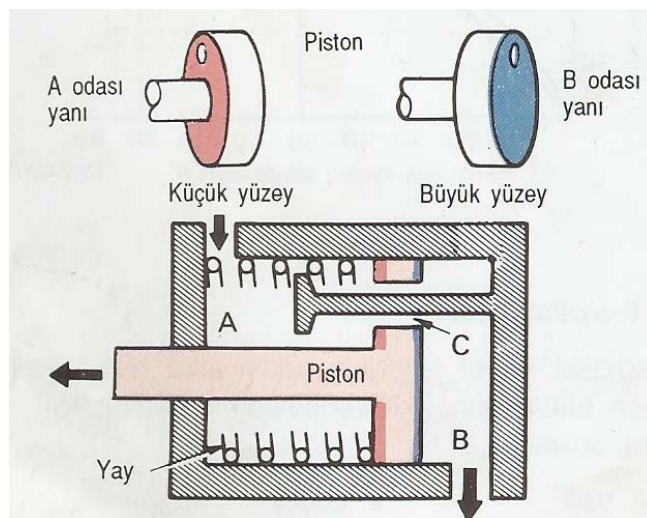


Şekil 3.33 Fren ana merkez silindir basıncı sıfırken P-valf çalışma prensibi. ( Toyota eğitim notları )

#### Fren Ana Merkez Silindir Basıncı Düşük

Fren ana merkez silindirinin basıncı A odasından C valfi yolu ile B odasına geçer. Bu durumda A ve B odalarının basıncı eşittir. Buna rağmen pistonun A ve B odalarına bakan yüzlerindeki yüzey farkı nedeniyle piston sola hareket etmeye meyillidir.

Ancak piston hareketi de arkasındaki yay nedeniyle durdurulmaya çalışılmaktadır. Bu durumda pistonun hareketi, yayın kuvveti ile pistonu etki eden hidrolik basıncın dengeleneceği noktaya kadar devam edecektir.

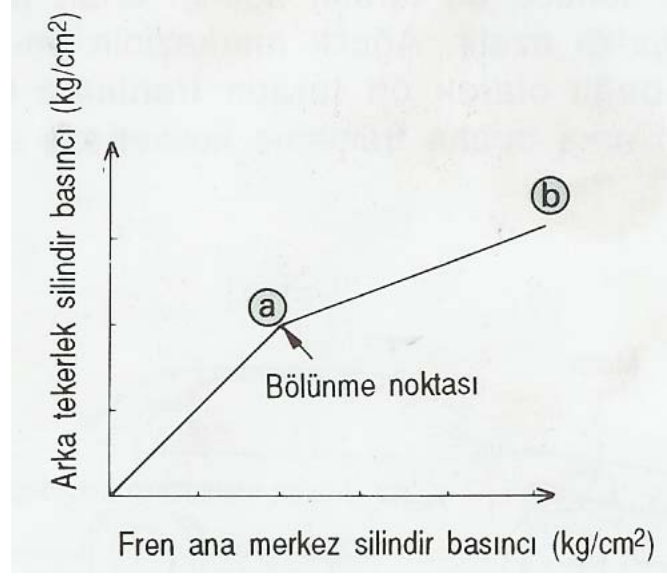


Şekil 3.34 Fren ana merkez silindiri basıncı düşük iken P-valf çalışma prensibi. ( Toyota eğitim notları )

## Fren Ana Merkez Silindir Basıncı Yüksek

Piston A ve B odalarına bakan yüzlerinin yüzey farkı nedeni ile piston C valfini kapatıncaya kadar sola hareket eder. Bu hareket grafikte a ile gösterilen bölünme noktasıdır.

Bu bölünme noktası yay tansiyonunun değiştirilmesiyle yer değiştirebilir.

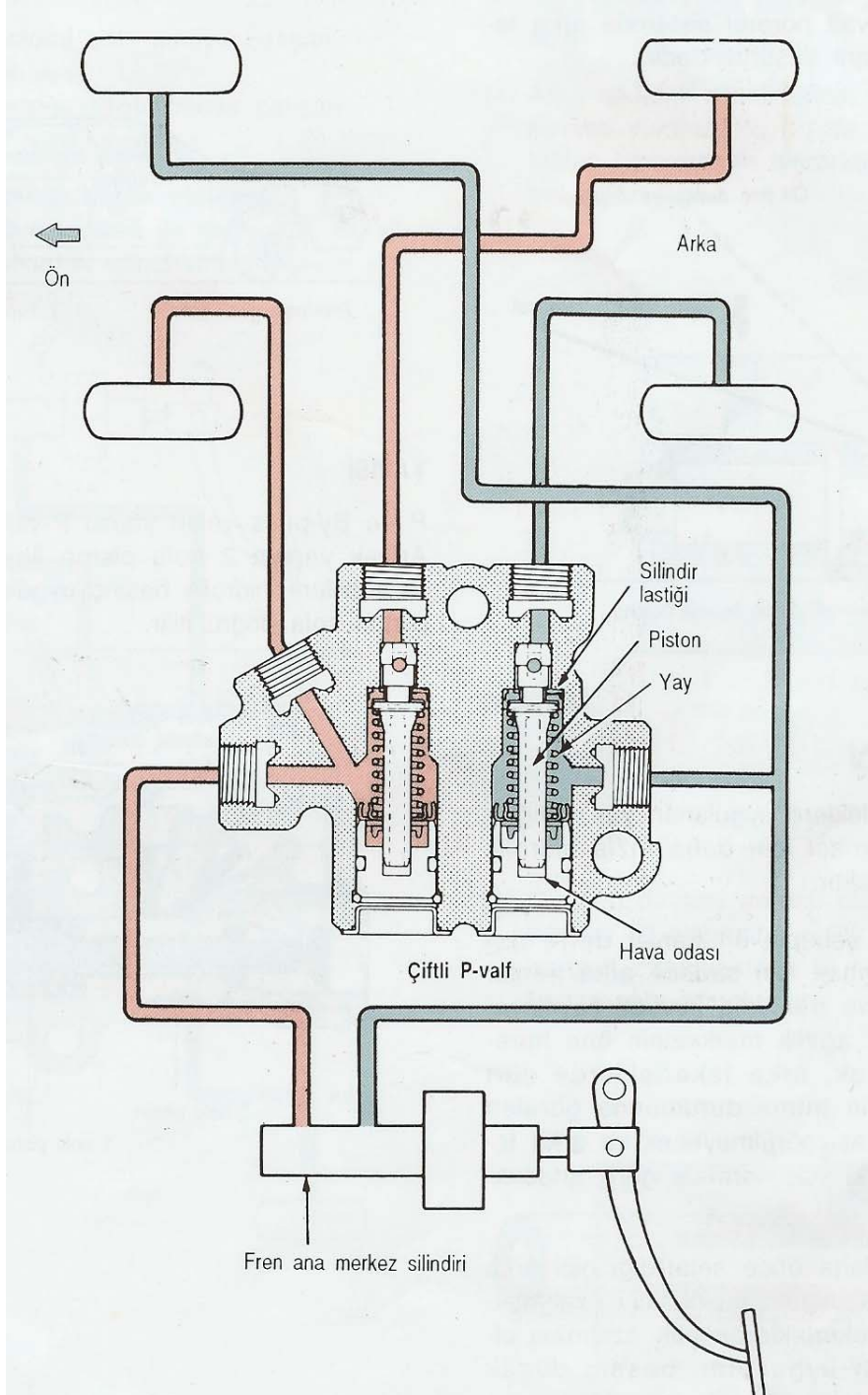


Şekil 3.35 Fren ana merkez silindir basıncı. ( Toyota eğitim notları )

Eğer A odasındaki basınç daha fazla yükselirse, piston sağa itilir ve C valfi açılır. B odasının basıncı artar, yüzey farkından dolayı piston sola hareket eder ve C valfi kapanır. Bu işlem basınç bir seviyede tutulana kadar tekrar eder ve basınç düşürülmüş haliyle tekerleklere uygulanır.

## Çiftli P-Valf ;

Çiftli P-valf FF tipi araçların ( önden çekişli ve önden motorlu ) çapraz fren borularında kullanılır. Esas olarak çiftli P-valf yan yana çalışan iki valften ibarettir ve her iki valf de daha önce anlatılan yöntemle çalışır.



Şekil 3.36 Çiftli P-valf. ( Toyota eğitim notları )

### 3.5.2 P ve BV ( Basınç oranlama ve By-pass valfi )

Özellikleri ;

P ve By-pass valfler iki rol oynar. Birincisi, normal bir P-valf gibi çalışır. İlave olarak, eğer ön fren devresinde herhangi bir arıza olursa P-valf devreden çıkar.

Ancak herhangi bir sebeple ön frenler devre dışı kalırsa aracı durdurmak için sadece arka frenler devrede kalacaktır ve frenleme kuvveti zayıflayacaktır. Bu durumda ağırlık merkezinin

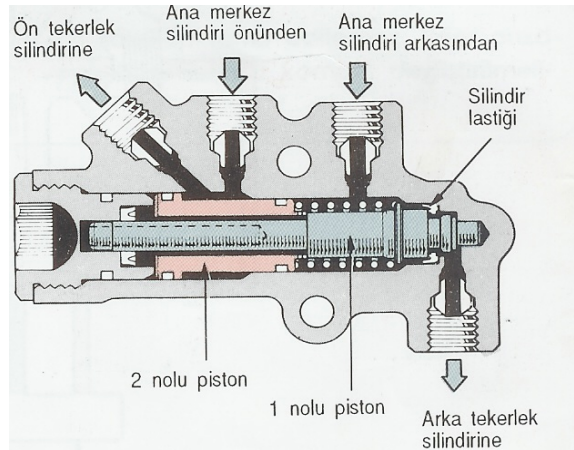
öne hareket eğilimi azalacak, arka tekerleklerde dört tekerleğin frenlerinin tutma durumunda görülen yolu tutma zayıflaması görülmeyecek ve arka tekerleklerin üzerindeki yük normale göre artacaktır.

P-valf tek başına daha önce anlatıldığı gibi arka tekerlek silindirine uygulanan basıncı azaltmaktadır. Ancak arka tekerleklerde yük azalması olmamasına rağmen uygulanan basınç düşük olduğundan frenleme kuvveti artmayacaktır.

İşte bu nedenle P-valf devre dışı kalarak aracın durma mesafesinin azaltılmasına yardımcı olur. Aynı zamanda ön frenlerin devre dışı kalması durumunda aracın savrulması da önlenmiş olur.

Yapısı ;

P ve By-pass valfin yapısı, P-valfin yapısı gibidir. Ancak yapıya 2 nolu piston ilave edilmiştir. Ön tekerleklere hidrolik basınç uygulandığında 2 nolu piston sola doğru itilir.



Şekil 3.37 P ve By-pass valfi yapısı. ( Toyota eğitim notları )

Çalışması ;

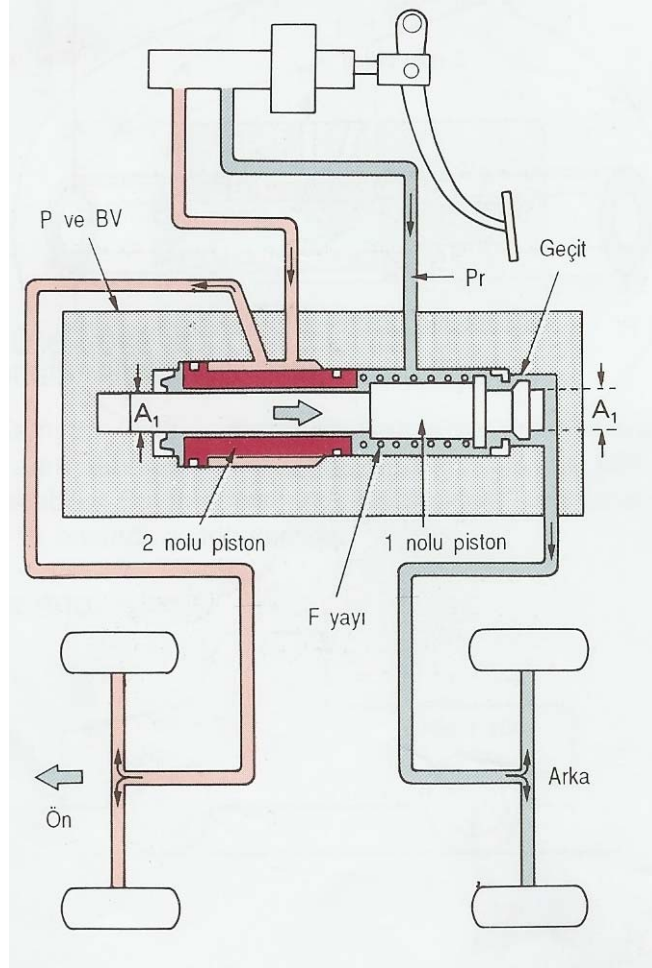
Arka tekerlek silindirlerindeki hidrolik basıncın kontrolü

$P_r$  hidrolik basıncı ( ana merkez arka taraf ) aşağıdaki resimde görülen geçitten geçerek arka tekerlek silindirlerine gider.

Bu anda 1 nolu pistonu sağa iten kuvvet aşağıdaki gibidir.

- 1 nolu pistonu sola itmeye çalışan  $P_r \cdot A_1$  kuvveti.
- 1 nolu pistonu sağa itmeye çalışan  $F$  kuvveti ( yay kuvveti )

$P_r$  hidrolik basıncı düşük olduğunda, 1 nolu piston F yayının kuvveti ile sağa itilir. Bu durumda arka tekerlek silindirlerinin basıncı kontrol edilmemektedir.



Şekil 3.38 P ve BV valfi çalışması. ( Toyota eğitim notları )

$P_r$  hidrolik basıncı yükseldiğinde  $P_r \cdot A_1$  kuvveti F yayının kuvvetini yener ve 1 nolu piston sola itilerek geçit kapanır.

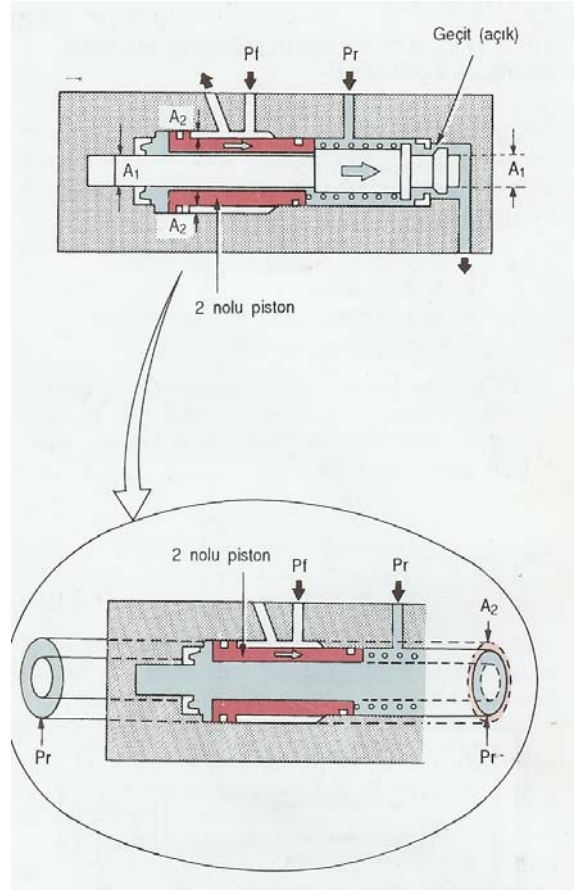
Bu andaki hidrolik basınç önceki sayfalardaki grafikte belirtilen bölünme noktasındadır.

Geçit kapandıktan sonra  $P_r$  basıncı yükselmeye devam ederse  $P_r$  basıncı ile  $P_w$  (tekerlek silindir basıncı) basıncının farklılığına göre 1 nolu piston sağa hareket ederek geçidi tekrar açar. Arka tekerlek silindirlerinin basıncı ve frenleme kuvveti yukarıda ki maddelerde anlatılan hareketlerin tekrarlanması sonucu kontrol edilmiş olur.



- 2 nolu pistonu sağa iten kuvvet  $P_r * A_2$  kuvvetidir.

$A_2$  bölgesi  $A_1$  bölgesinden büyük olduğundan 1 nolu piston sürekli sağa itilir ve grafikte basınç çizgisi düz bir hat şeklinde oluşur. Böylece arka tekerlek silindirlerindeki hidrolik basınç kontrol edilmeden direkt etkili olur.



Şekil 3.41 P ve BV çalışması. ( Toyota eğitim notları )

### 3.5.3 LSPV ( Yüke Duyarlı Basınç Oranlama Valfi )

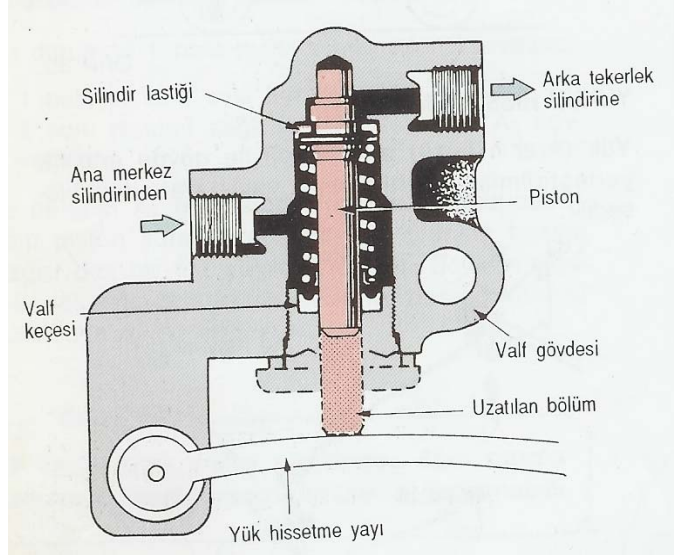
LSPV genellikle ticari vasıtalarda kullanılır ve P valfin görevini yapar. İlaveten arka tekerlekler üzerinde oluşan yük değişimlerine göre arka tekerleklere uygulanan hidrolik basıncı otomatik olarak ayarlar.

Kamyon yüksüz durumda iken arka tekerleklere gelen yük azdır ve arka frenler kolayca kilitlenebilir. Bu nedenle arka frenlere uygulanan fren basıncı düşürülmelidir.

Kamyon yüklendiği zaman ise arka tekerleklere gelen yük artacağı için kilitleme zorlaşır. Bu nedenle de yüklü halde fren mesafesinin azaltılması için arka frenlere uygulanan basınç düşürme işinin minimuma indirilmesi gerekir.

Yapısı ;

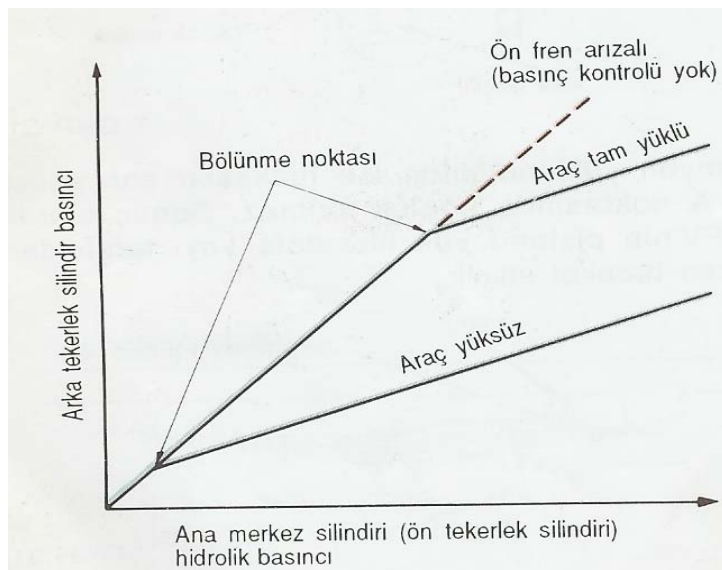
LSPV yapı olarak P-valf benzer. P valf pistonunun alt tarafı uzatılarak valf gövdesi dışına çıkartılmıştır. Yüke göre hissedilen değişimler nedeniyle piston yukarı doğru yük hissetme yayı tarafından itilir.



Şekil 3.42 LSPV'nin yapısı. ( Toyota eğitim notları )

LSPV ile LSP ve BV Arasındaki Fark ;

LSP ve BV gövdesi üzerinde P-valf' ten başka P ve By-pass valfi de bulunmaktadır. Böylelikle üç hidrolik sistem fren boruları yardımıyla valf gövdesine irtibatlandırılmıştır. Çalışma esnasında aşağıdaki grafikte görülen basınç eğrileri oluşur.



Şekil 3.43 Basınç eğrileri. ( Toyota eğitim notları )

Çalışması ;

Araç yüksüz;

Yük hissetme yayı ve piston birbirine temas etmedikleri için yük hissetme yayının pistonu etkisi olan  $F_1$  kuvveti pistonu etkilememektedir.

Bu nedenle LSP ve BV tıpkı P ve By-pass valfi gibi çalışır.

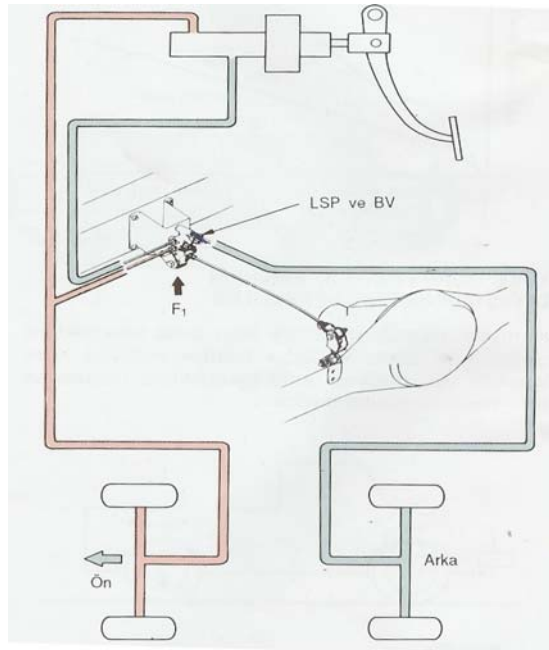
Araç yüklü;

Araç yükü arttığından, araç şasisi aşağıya doğru iner ve yük hissetme yayı 1 nolu pistonu yukarıya doğru  $F_1$  kuvveti ile itmeye çalışır.

$P_r$  hidrolik basıncı düşük olduğunda 1 nolu piston  $F_2$  yay kuvveti ve yük hissetme  $F_1$  yayının kuvveti ile yukarı doğru itilmektedir. ( Şekil 3.45 ). Bu nedenle arka tekerleklere uygulanan fren basıncı kontrol edilmemektedir.

$P_r$  basıncı yükseldiğinde ise 1 nolu pistonu aşağıya doğru iten kuvvet (  $P_r * A_1$  ) yukarı doğru iten kuvvetten (  $F_2 + F_1$  ) daha büyük olur. Bu nedenle geçit kapanır. Bu durumda daha önce görülen grafik üzerindeki bölünme noktası aracın yüksüz durumuna göre daha yüksektir.

$F_1$  kuvveti aracın yüküne göre değişeceğinden arka tekerleklere uygulanan frenleme basıncıda yüke göre değişecektir.



Şekil 3.44 LSPV' nin çalışması. ( Toyota eğitim notları )





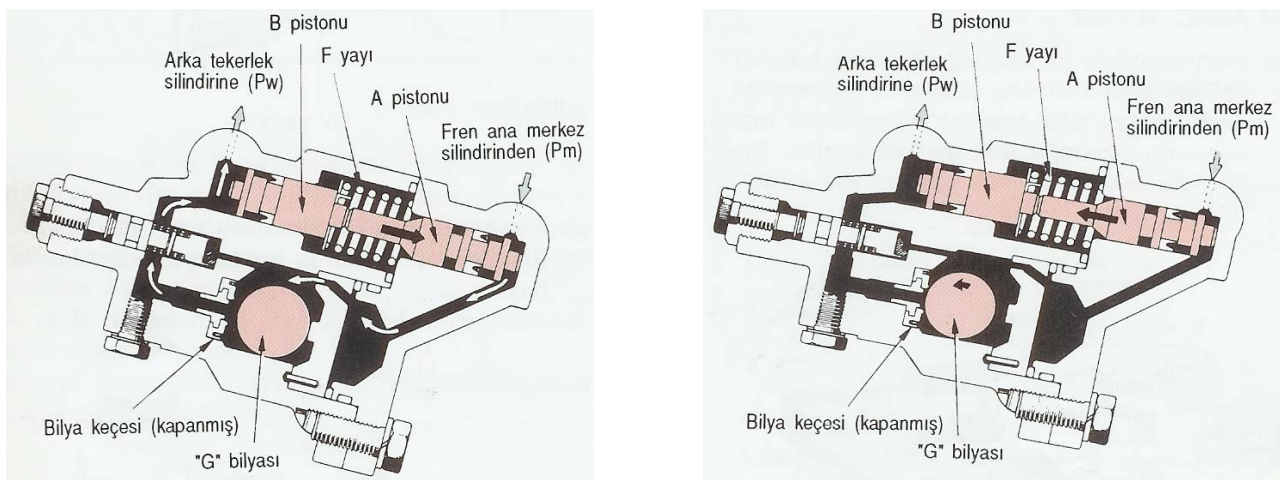
yüzeyi A pistonundan büyük olmasına rağmen  $P_m$  ( $P_w$ ) basıncı düşük olduğundan her iki pistonu yay tarafından öne doğru iletilir.

Frene basılmaya devam edildiğinden “G” bilyası A ve B odalarını birbirine kapatmış durumdadır. Bu nedenle  $P_m$  basıncı yükselmeye başlar. Bu durumda  $P_w$  basıncı henüz yükselmeye başlamamıştır.  $P_m$  basıncının yükselmesine bağlı olarak By-pass valfi açılarak  $P_w$  basıncı yükselmeye başlar.

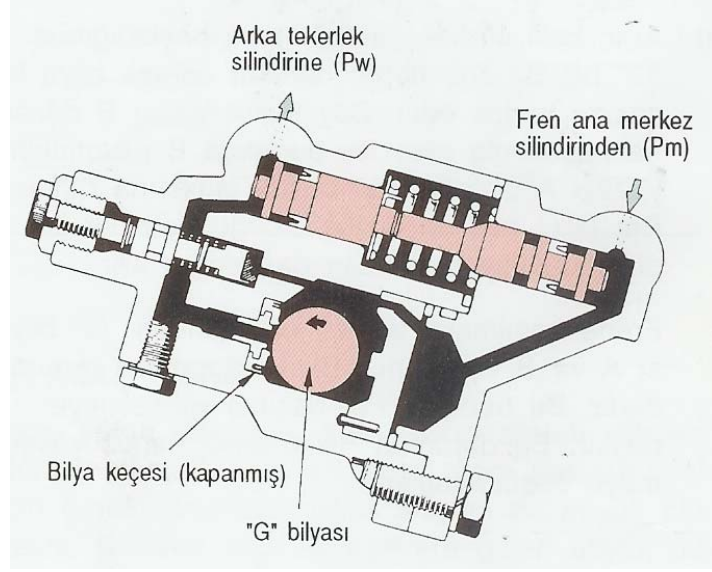
Araç üstünde;

Araç hareket halinde iken fren yapıldığında, ana merkez silindirin basıncı ( $P_m$ ) direkt olarak tekerlek silindirlerine ( $P_w$ ) etki eder. Aracın boş durumu ile karşılaştırıldığında aracın ataleti daha fazladır. Bu nedenle aracın belli oranda yavaşlatılabilmesi için  $P_m$  basıncı daha fazla olacaktır. B pistonu yüzeyi A pistonu yüzeyinden büyük olduğundan ve  $P_w$  ( $P_m$ ) basıncı da yüksek olduğundan bu kuvvetlerin toplamı F yayının kuvvetini yener ve pistonlar sağa doğru hareket eder. Bu anda  $P_m$  basıncı  $P_w$  basıncına eşittir.

Frenleme gücüne bağlı olarak aracın yavaşlaması belli bir düzeye ulaştığında “G” bilyası öne doğru hareket ederek keçeğe temas eder. Bu durumda A odası ile B odası birbirinden ayrılmış olur. “G” bilyası nedeniyle A odası B odasından ayrıldığından  $P_m$  basıncı yükselmeye başlayarak A ve B pistonlarının öne doğru itilmesine neden olur. Böylece  $P_w$  basıncı da dereceli olarak artmaya başlar. A ve B pistonları orijinal konumlarına geldikten sonra  $P_w$  basıncı yükselmez. Frenlere basıldığı zaman ve  $P_m$  ve  $P_w$  basınçları arasında fark oluşuncaya kadar  $P_m$  basıncı yükselir.  $P_m$  basıncı yükselerek  $P_m$  ile  $P_w$  arasında belli bir basınç farkı oluştuğunda bu sefer By-pass valfi açılarak  $P_w$  basıncının yükselmesine neden olur.



Şekil 3.48 Araç üstünde DSPV' nin çalışması. ( Toyota eğitim notları )



Şekil 3.49 Araç üstünde DSPV' nin çalışması. ( Toyota eğitim notları )

## 4. GELİŞMİŞ FREN SİSTEMLERİ

### 4.1 ABS ( Anti-Lock Braking System ) Fren Sistemi

Taşıt teknolojisindeki gelişmeler taşıtların süratini de arttırmıştır. Kazaların başlıca sebeplerinden olan sürati kontrol etmek ve frenleyebilmek için fren sistemlerinin de geliştirilmesi zorunlu olmuştur. Günümüzde taşıtlarda standart ekipman olma yolundaki ABS gibi sistemlerde bu zorunluluğun bir yansımasıdır.

Araç güvenliğini artırmak üzere tekerlek kilitlenmesini önleyecek otomatik bir sistemin tasarımı bundan 75 yıl öncesine dayanmaktadır. İlk olarak trenler için geliştirilen bir çeşit sistem daha sonra, piste iniş yaptıktan sonra emniyetli yavaşlamaları için, jet uçaklarına da uygulanıp ABS 'nin ilk tasarım uygulamaları oluşmuştur. 1920 'lerde kısıtlı teknolojik imkanlarla başlayan bu düşünce, elektronik alanındaki gelişmeler ile bugünkü biçimine girmiştir.

Bosch ABS sistemini, ilk defa arabalar için 1978'de, ticari araçlar için 1981 'de seri imalata geçmiştir.

1992 yılında Avrupa' daki havalı frenli ticari araçların % 15 'inde ABS vardır. Ayrıca ticari araçların üç katı sayıda olan tur otobüsleri de bir yıl içerisinde % 80 oranında ABS sistemi ile donatılacaktır.

Uluslararası yol ve trafik güvenliği örgütü, tüm binek arabalarına ve hafif yük taşıma araçlarına ABS sistemi uygulanması konusunda büyük çabalar harcamaktadır. Uluslar arası yol ve trafik güvenliği örgütü, ABS' nin özellikle yeni ıslanmış ve kaygan yollarda yapılan ani frenlerde oluşan direksiyon hakimiyeti kaybı ve durma özelliğinin kaybı gibi bir çok olumsuz hayati etkenleri en az seviyeye indirdiğini vurgulamıştır. Ölümle sonuçlanan kazaların % 11 'inin, maddi hasar meydana gelen hasarların ise % 18'inin bu koşullar altında oluştuğu saptanmıştır. ABS' nin en büyük yararı frenleme anında tekerlerin kilitlenmesini önlemedir.

Herhangi bir tekerlek kilitlenme eğilimi gösterdiğinde sistem fren basıncını bir anlamda freni pompalayarak optimum seviyede tutar, fakat bu pompalama işlemi bir sürücünün yapabileceğinden çok daha hızlıdır. Blokaj önleme sistemi, fren düzenine ilave olarak, aktif seyir güvenliğine de büyük bir katkı sağlamaktadır.

Frenlemede örneğin düz yüzeyli yollarda frenleme halinde söz konusu sistem, tekerleklerin blokajını önler, tekerlekler yönlendirilebilir. Böylece otomobilin direksiyon hakimiyeti

kaybolmaz. Ancak ABS, yardımı ile fizik kanunlarının dışına çıkmak mümkün değildir.

Elektronikte gelişmeler, ABS sisteminin daha ucuza ve daha uniform bir şekilde elde edilmesine ve bu sayede çok çeşitli araçlara uygulanabilmesine imkan vermiştir. Uzmanlar ABS sisteminin bu yüzyıl bitmeden hemen hemen tüm araçlarda standart hale geleceğini tahmin etmektedirler.

#### **4.1.1 ABS Sisteminin Özellikleri**

Konvansiyonel fren sistemlerinde taşıtların tekerlekleri ile yol arasında sürekli değişen kavrama farklılıklarından dolayı tekerleklerden birisi daima diğerlerinden daha geç kilitlenme eğilimindedir. Tekerleklerin bireysel kilitlenmelerini önlemek için fren pedalına bir kere ve sert bir şekilde basmak yerine ardı ardına basış bırakışlarla tekerlek silindirlerinde seri darbeler oluşturulmalıdır. Böyle bir tekniğin her sürücü tarafından özellikle de panik anında uygulanması imkansızdır. Oysa bir ABS sisteminde böyle bir işlem saniyede 10-20 kez tekrarlanır. Tekerlek ile yol yüzeyi arasında kayma yoksa tekerleğin çizgisel hızı ile taşıtın hızı birbirine eşittir.

Fren pedalına basıldığı anda tekerleğin çizgisel hızı taşıtın hızından daha azdır. Bu hız farkı lastik ile tekerlek arasındaki kaymayı gösterir. Tekerlerin yuvarlanma hareketi olmaksızın taşıtın hareket etmesi % 100 bir kaymayı gösterir ki bu da tekerlerin kilitlenmesi demektir. Taşıtı optimum şekilde yavaşlatmak için tekerleklerin bir miktar kaymasına müsaade edilir. Artan frenleme kuvveti ile azalan yanıl direnç arasında optimum bir nokta aranır. Bu ABS sistemlerinde % 8-30 arasında kaymaya müsaade edecek şekilde dizayn edilir.

Bir araç, sabit bir hızda sürülüyorken, aracın hızı ve tekerleklerin hızı aynıdır ( Diğer bir deyişle, tekerlekler kaymaz). Bununla beraber, sürücü aracı yavaşlatmak için fren pedalına bastığı zaman, tekerleklerin hızı dereceli olarak azalır ve kütlelerinin etkisiyle hareketine devam etmekte olan aracın hızından farklı bir hıza ulaşır. Yani lastikler ve yol yüzeyi arasında bir miktar kayma meydana gelir. Aracın gövde hızıyla, tekerlek hızı arasındaki oran farkı, “ Kayma oranı “ olarak bilinir. Kayma oranı aşağıdaki hesaplamayla bulunabilir.

$$\text{Kayma oranı} = (( \text{Araç hızı} - \text{Tekerlek hızı} ) / \text{Araç hızı} ) * 100 \%$$

Tekerlek hızı ve aracın hızı arasındaki fark çok büyüdüğü zaman, lastikler ve yol yüzeyi arasında kayma meydana gelir. Bu durum aynı zamanda lastik ve yol yüzeyi arasında sürtünme yaratır ve sonuçta bir frenleme kuvveti gibi rol oynayarak aracın hızını azaltır.

Frenleme kuvveti, ister istemez kayma oranıyla doğru orantılı değildir ve kayma oranı % 10 ile % 30 arasında olduğunda, en büyük değerine ulaşır. % 30 'dan sonra frenleme kuvveti dereceli olarak düşer. Böylece, frenleme kuvvetinin maksimum seviyesini elde etmek için, kayma oranı daima % 10 ile % 30 arasında tutulmalıdır. ABS bu kayma oranını kullanacak ve yol koşullarına bağlı olmaksızın frenleme etkisini maksimuma çıkaracak şekilde dizayn edilmiştir.

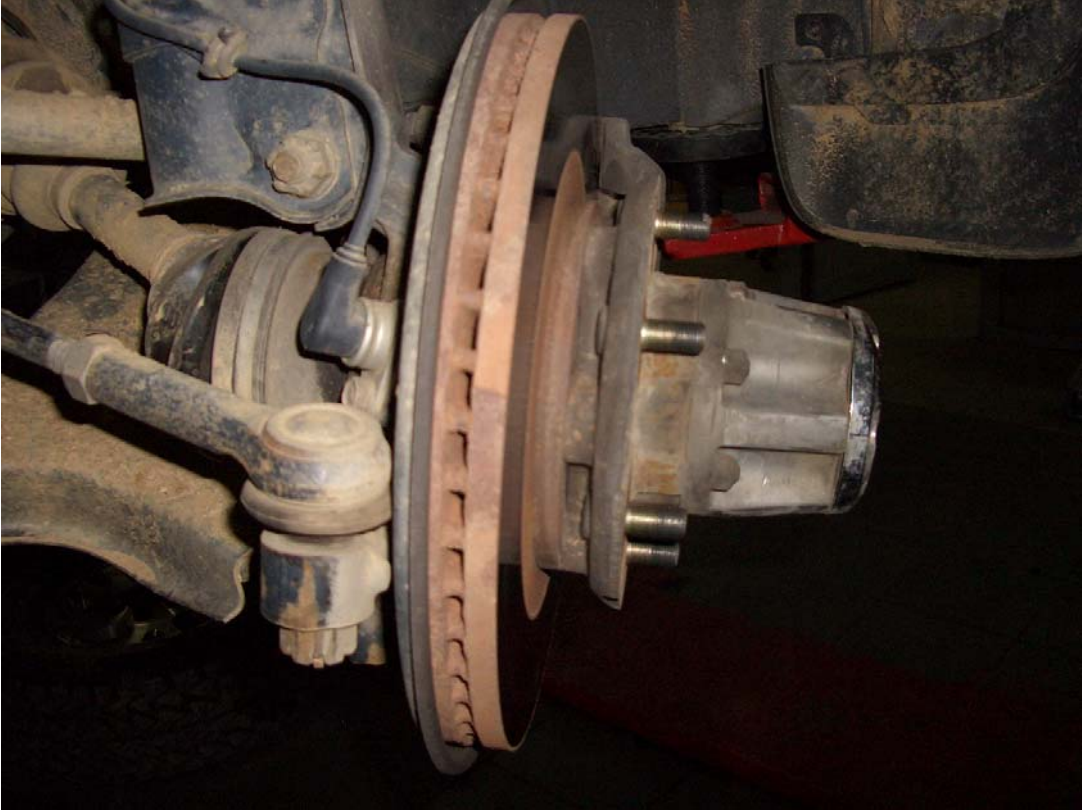
#### **4.1.2 ABS Sistemini Oluşturan Parçalar**

Hız Sensörleri ( ABS Sensörü ) ;

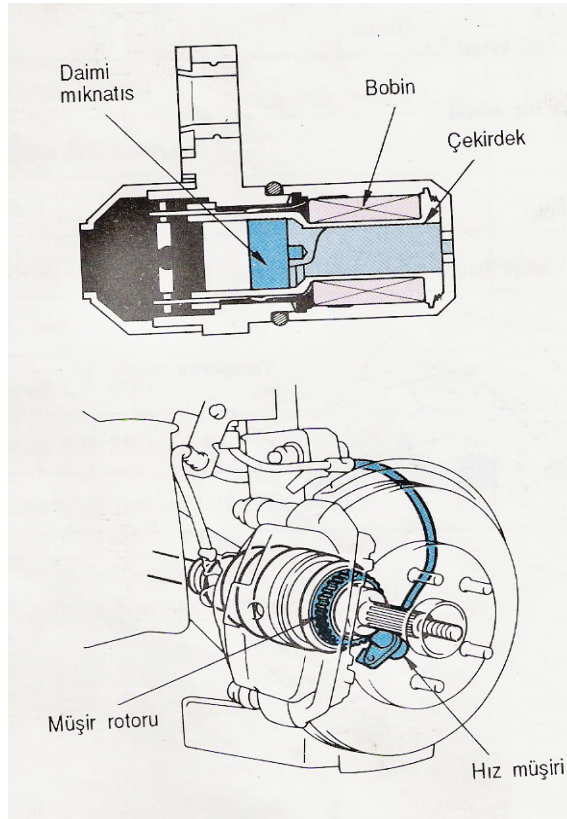
Hız sensörleri, taşıtın tekerlek hızlarını ölçer ve bunları elektronik nadiren de mekanik olarak kontrol ünitesine gönderir.

Elektromagnetik sensör, bir mıknatısın üzerine sarılmış bobinden oluşur. Mıknatıs çubuğun bir ucu kutup iğnesidir. Sensör halkası tekerlek göbeğine monte edilir. Sensör halkasının dişlileri sinyal jeneratörü gibi çalışır. Dişler kutup iğnesinin hizasından sürekli olarak geçerken değişen magnetik alan sebebi ile sargı üzerinde bir gerilim oluşur. Bu, tekerleklerin dönme hızına bağlı olarak değişen bir sinyal frekansı oluşturur ve bu da kontrol ünitesine iletilir. Oluşan sinyal ve sinyal sırası, kontrol ünitesinde, tekerlek hızı, tekerlek yavaşlaması, tekerlek sürati ve tekerlek kayması karakteristik değişiklikleri olarak algılanır.

Hız sensörleri tekerleğin hızını ölçerek kontrol ünitesini hızlanma veya yavaşlama sinyalleri gönderir. Kontrol ünitesinde tekerlek hızları karıştırılarak bir referans hız elde edilir ki bu da kabaca aracın hızıdır. Her bir tekerlek hızı bu referans hız ile karşılaştırılarak eşitlenir.



Şekil 4.1 Nissan Pathfinder araca ait ön tekerlek hız sensörü.



Şekil 4.2 Ön tekerlek hız sensörü yapısı.

### Ön Tekerlek Hız Sensörü;

Hız sensörü sol ve sağ ön tekerleklere yerleştirilmiştir. Dişli rotor tekerlek göbeğine preslenmiştir.

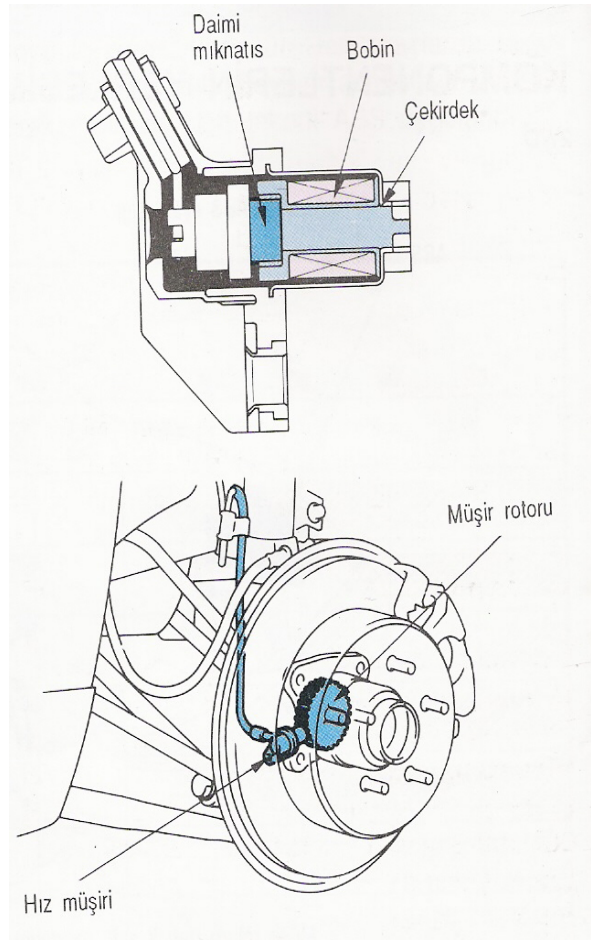
### Arka Tekerlek Hız Sensörü;

- Tek Sensörlü Tip

Tek sensör final drive 'a yerleştirilmiştir. Bu düzenleme ile arka sağ ve sol tekerlekler için ortalama bir dönüş sinyali elektronik kontrol ünitesine gönderilir.

- İki Sensörlü Tip

Sağ ve sol arka tekerlek hızları bağımsız olarak algılabirler. Bu nedenle frenleme basıncı, yol yüzeyi durumu sağ ve sol arka tekerlekler için farklı bile olsa, tekerlek kilitlemesini önlemek için kontrol altında tutulur.



Şekil 4.3 Arka tekerlek hız sensörleri.

## Tekerlek Hız Sensörü Kontrol Noktaları ;

- Sensör – Rotor Boşluğu

Normal değerinden daha geniş sensör-rotor boşluğu, daha az çıkış voltajına neden olur. Eğer boşluk normal değerinden daha dar ise sensör rotora temas edecektir.

- Sensör Metal Kalıntıları

Sensör manyetik olduğundan, yoldaki metal tozlarını veya fren balatalarının fren disklerine sürmesinden açığa çıkan metal parçalarını çekmeye eğilimlidir. Eğer büyük miktarda metal partikülleri sensörde birikirse, bu sensörün çıkış sinyaline ters yönde etki edecektir.

## Elektronik Kontrol Ünitesi ( ECU ) ;

Kontrol ünitesi, tüm tekerleklerde yer alan hız sensörlerinden yollanan sinyalleri alır, tekerlek hızını hesaplar ve yine bir sinyal olarak, tekerlek silindirleri içinde fren hidrolik basıncı (artma, azalma ve aynı seviyede kalma ) kontrol eden hidrolik üniteye yollar. Böylelikle tekerlekler kilitlenmez.

Bir başka deyişle tekerlek hız sensörlerinden gelen sinyaller, elektronik kontrol ünitesinde değerlendirilir. Kontrol ünitesi her bir tekerlekten gelen sinyallere göre ortalama taşıt hızını hesaplar ve referans hız belirler. Bu referans hız ile her tekerleğin çevresel hızı karşılaştırılarak kayma oranını belirler. Kaymanın belirlenen değerinin üzerine çıkması halinde, ilgili tekerleğin sistem basıncına kumanda eden selenoid valfi uyarır. Bu uyarıma tekerleğe intikal eden basıncın sabit tutulmasını veya basıncın tamamen düşürülmesini sağlar. Bu basınç kontrolü, tekerlek kayma oranı değişimine bağlı olarak saniyede birkaç kere tekrarlanır.

Kontrol ünitesi bir Hata-Güvenlik fonksiyonu içerir. Bu sayede fren sistemi, bir arıza durumunda otomatik olarak normal bir fren sistemi gibi çalışmaya başlar. Kontrol ünitesi, sistemin kendi kendini kontrol fonksiyonu olarak LED ( Light Emitting Diode) 'ler ile donatılmıştır. Bu ledler yanıp sönerek sistemdeki problemin yerini gösterirler. ABS ikaz lambası, ateşleme sistemi çalıştırıldığında yanar. Bu lamba motor işler işlemez söner.

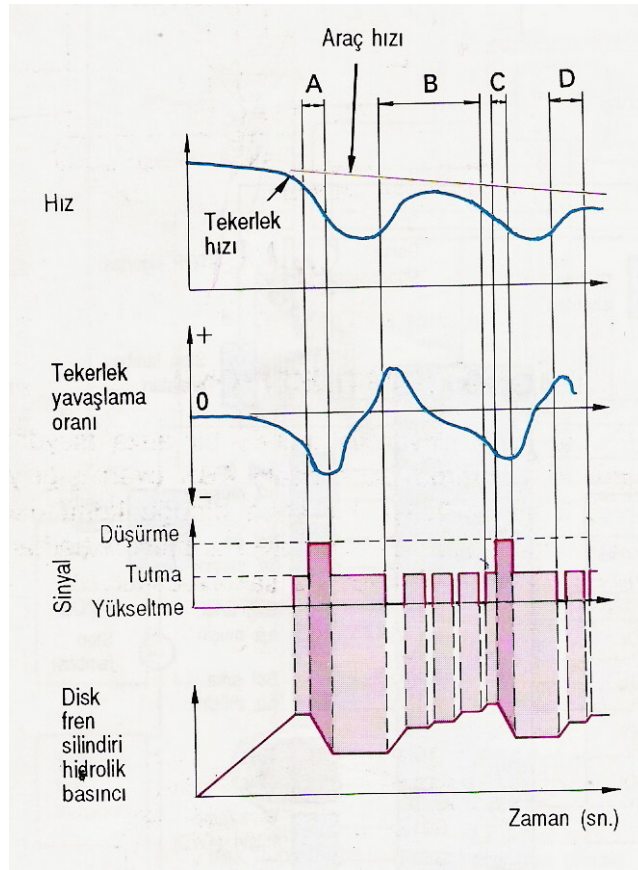
Her dört tekerlekte 6 km/h 'lık bir tekerlek hızından itibaren, ABS 'nin kendi kendine kontrolü başlar. Kendi kendine kontrolde, ABS kontrol ünitesi kendisini ve tüm çevresini ( hidrolik üniteli kablo grubu dahil ) kontrol eder.

Kendi kendine kontrol sonrasında veya seyir esnasında ABS ikaz lambasının yanması, kontrol ünitesinin bir arıza sezmiş olduğunu gösterir. Kontrol ünitesi, ABS 'yi devreden çıkarır. Fren sistemi ABS' siz çalışmaya devam eder.

#### Tekerlek Hız Kontrolü

ECU araç hız sinyallerini dört adet hız sensöründen sürekli olarak alır ve her tekerleğin hızını ve yavaşlamasını hesaplayarak aracın hızını tahmin eder.

Fren pedalına basıldığı zaman, tüm fren silindirlerindeki hidrolik basınç yükselmeye başlar ve tekerlek hızı azalmaya başlar. Tekerleklerden herhangi birinin kilitlenmek üzere olduğu görüldüğünde, ECU bu tekerleğin disk fren silindirindeki hidrolik basıncını düşürür.



Şekil 4.4 Tekerlek hız kontrolü diyagramı. ( Toyota eğitim notları )

#### Başlangıç Kontrol Fonksiyonu

ABS ECU' su tüm elektrik sistemlerini ayrı ayrı kontrol etmek için, üç konumlu selenoid valflerini ve pompa motorlarını sırasıyla çalıştırır. Bu fonksiyon, araç 6 km/h 'ın üzerindeki

bir hızda gidiyorken ve stop lamba ( fren lambası ) anahtarı çalışmıyorken devreye girer.

#### Diagnostik Fonksiyonu

Herhangi bir sinyal sisteminde bir arıza meydana gelirse, gösterge panelindeki ABS uyarı ışığı yanacak ve sürücüyü bir arıza olduğu konusunda uyaracaktır. ABS ECU' su aynı zamanda herhangi bir arızaya ilişkin kodu da saklayacaktır.

#### Sensör Kontrol Fonksiyonu

Diagnostik fonksiyonun yanında, ABS ECU' su aynı zaman da hız sensörü ve rotorların performans özelliklerinin diagnostiğini yapan, bir yavaşlama sensörü kontrol fonksiyonuna da sahiptir.

- Hız sensörü kontrol fonksiyonu
  - Tüm sensörlerin çıkış voltaj seviyelerini kontrol eder.
  - Tüm sensörlerin çıkış voltaj dalgalanmalarını kontrol eder.
- Yavaşlama sensörü kontrol fonksiyonu
  - Yavaşlama sensörünün çıkış voltaj seviyesini kontrol eder.
  - Kanallı plakanın çalışmasını kontrol eder.

#### Arıza Saklama Fonksiyonu

ECU' ya giden sinyal sisteminde bir arıza meydana gelirse, ECU' dan kumanda grubuna gelen elektrik akımı kesilir. Sonuç olarak fren sistemi, ABS devrede değilmiş gibi çalışmasına devam ederek, normal frenleme görevini yerine getirir.

#### Hidrolik Ünite ;

Hidrolik ünite, solenoid valfler, pompa, tank ve akümülatör' den meydana gelir. Solenoid valf, kontrol ünitesi çıkış gücüne bağlı olarak pistonunun pozisyonunu değiştirir. Hidrolik ünite, her tekerlek için fren basıncını ayarlar. Ayar sistemi o şekilde yerleştirilmiştir ki, ön aks tekerlekleri tek tek, arka aks tekerlekleri ise daima müştereken ayarlanır.

Çapraz fren güç devreli araçlarda hidrolik ünite, dört manyetik valf ile donatılmıştır. Ön aks/arka aks fren güç dağılımı halinde ise sadece üç manyetik valf gereklidir. Geri besleme pompası, ABS çalıştığında aktiftir. Pompa, basınç azaltma fazında boşalan fren hidroliğini, fren devresine geri gönderir. Koruyucu kapağın altında valf rölesi, motor rölesi ve elektriği

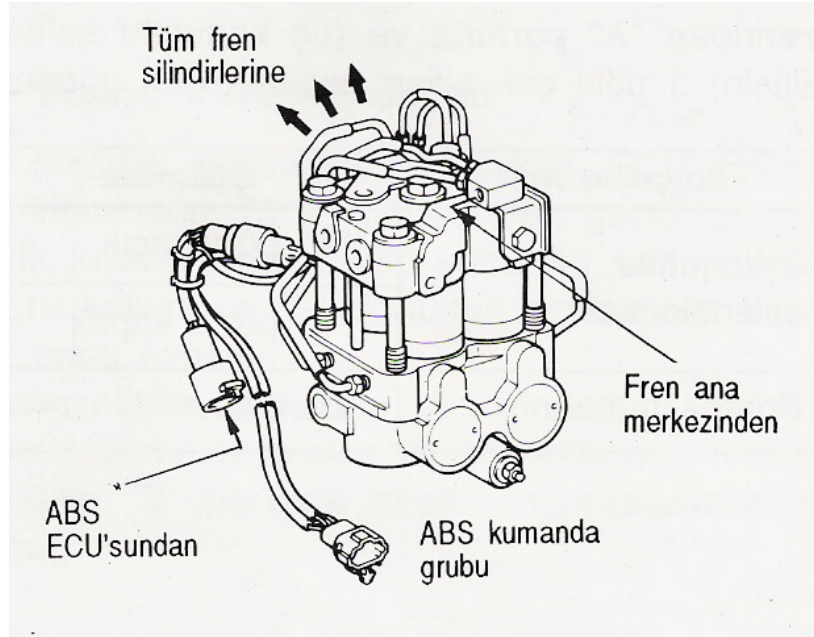
besleme soket bağlantısı bulunmaktadır.

Basınç üretme şebekesi harekete geçtiğinde, kaliperdeki hidrolik yağı tanka döner ve basınç düşer. Pompa hidrolik yağı, yüksek basınçlı hidroliğin depolandığı akümülatöre , master silindire geri döndürülmeden önce dağıtır.

Basıncı tutan şebeke harekete geçtiğinde, akümülatörde depolanan yüksek basınçlı hidrolik yağı kaliperlere uygulanır. Akümülatörde yüksek basınç tutulmaz ise, kaliperdeki hidrolik yağı basıncı, merkez silindirdeki hidrolik yağı basıncıyla aynı seviyede olur.

#### 4.1.3 ABS Kumanda Grubu

Kumanda grubu, ECU' dan gelen sinyallere uygun olarak, fren ana merkezinden tüm disk fren silindirlerine uygulanan hidrolik basıncını, uygulayıp keserek, bu yolla tekerlek hızlarını kontrol eder.



Şekil 4.5 ABS kumanda grubu yapısı.

#### 4.1.4 ABS Sisteminin Çalışması

Normal Frenleme Sırasında ( ABS Devrede Değil )

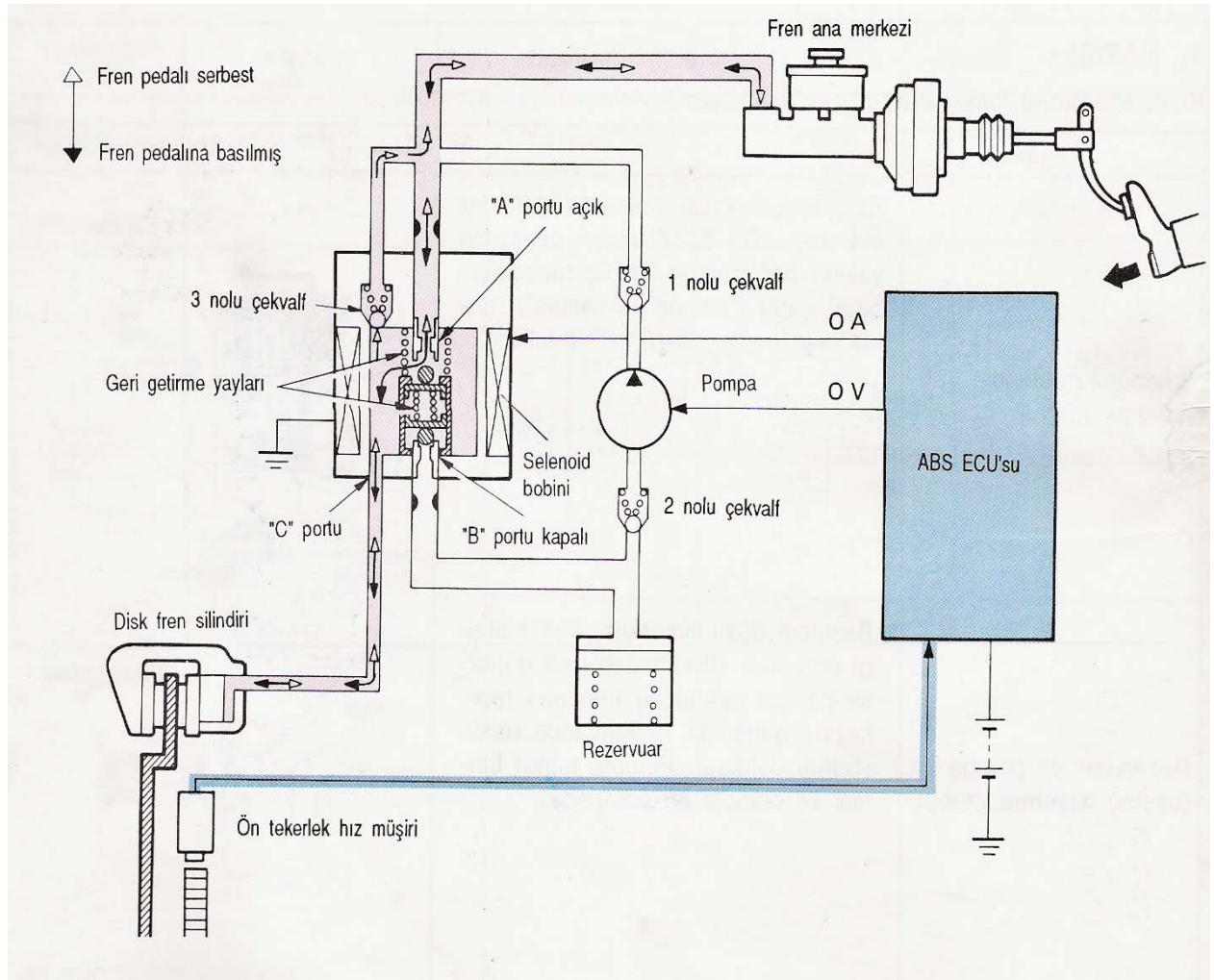
Normal frenleme sırasında ABS devrede değildir ve ABS ECU' su selenoid bobinlerine elektrik sinyali göndermez. Böylece, üç konumlu valf, bir geri getirme yayı tarafından aşağıya itilir ve B portu kapalı kalırken A portu açık kalır.

Fren pedalına basıldığı zaman, fren merkezi hidrolik basıncı yükselir ve fren hidroliği ü. Konumlu selenoid valfinde A portundan C portuna geçer ve fren silindirine gönderilir. Fren hidroliğinin pompa içine geçmesi pompa devresinde yer alan 1 nolu çekvalf tarafından önlenir.

Fren pedalı bırakıldığı zaman, fren hidroliği disk fren silindirinden fren ana merkezine, C portu üzerinden A portuna ve 3 nolu çekvalfine geçerek geri gönderir.

#### Panik Frenleme Sırasında ( ABS Devrede )

Acil frenleme sırasında dört tekerlekten herhangi birisi kilitlenmek üzereyken, ABS kumanda grubu ECU' dan gönderilen bir sinyale uygun olarak, bu tekerlek üzerine uygulanan fren hidrolik basıncını kontrol eder. Sonuç olarak tekerleğin kilitlenmesi engellenir.



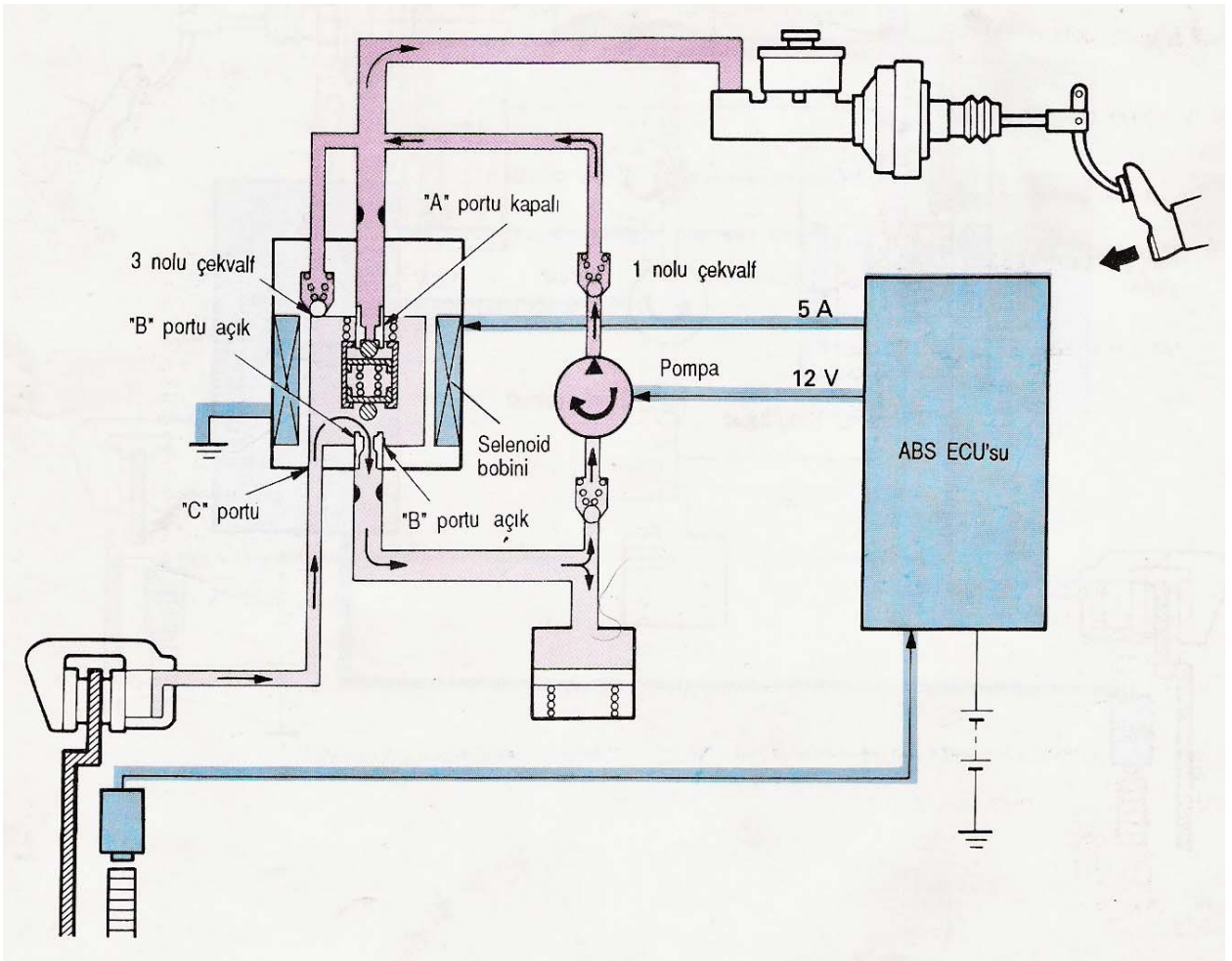
Şekil 4.6 Normal frenleme sırasında sistemin çalışması.

## Basınç Düşürme Modu

Bir tekerlek kilitlenmek üzere iken, ECU selenoid bobinine akım ( 5 A ) göndererek güçlü bir manyetik kuvvet üretilir. Üç konumlu valf yukarıya doğru kalkar ve B portunun açılmasıyla birlikte A portu kapanır.

Sonuç olarak, disk fren silindirinden gelen hidrolik C portu üzerinden üç konumlu selenoid valf içindeki B portuna geçer ve rezervuara geri döner.

Aynı zamanda, pompa motoru ECU' dan gelen bir sinyalle çalışmaya başlar ve fren hidroliği rezervuardan fren ana merkezine geri gönderilir. Diğer taraftan fren ana merkezinden gelmekte olan fren hidroliğinin üç konumlu valfe girmesi, kapalı olan A portu ile 1 ve 3 nolu çekvalfler tarafından engellenir. Sonuç olarak disk fren silindiri içindeki hidrolik basınç düşerek tekerleklerin kilitlenmesi önlenir. Hidrolik basıncın düşme oranı, "basınç düşürme" ve "tutma" modlarının tekrarlanmasıyla düzenlenir.



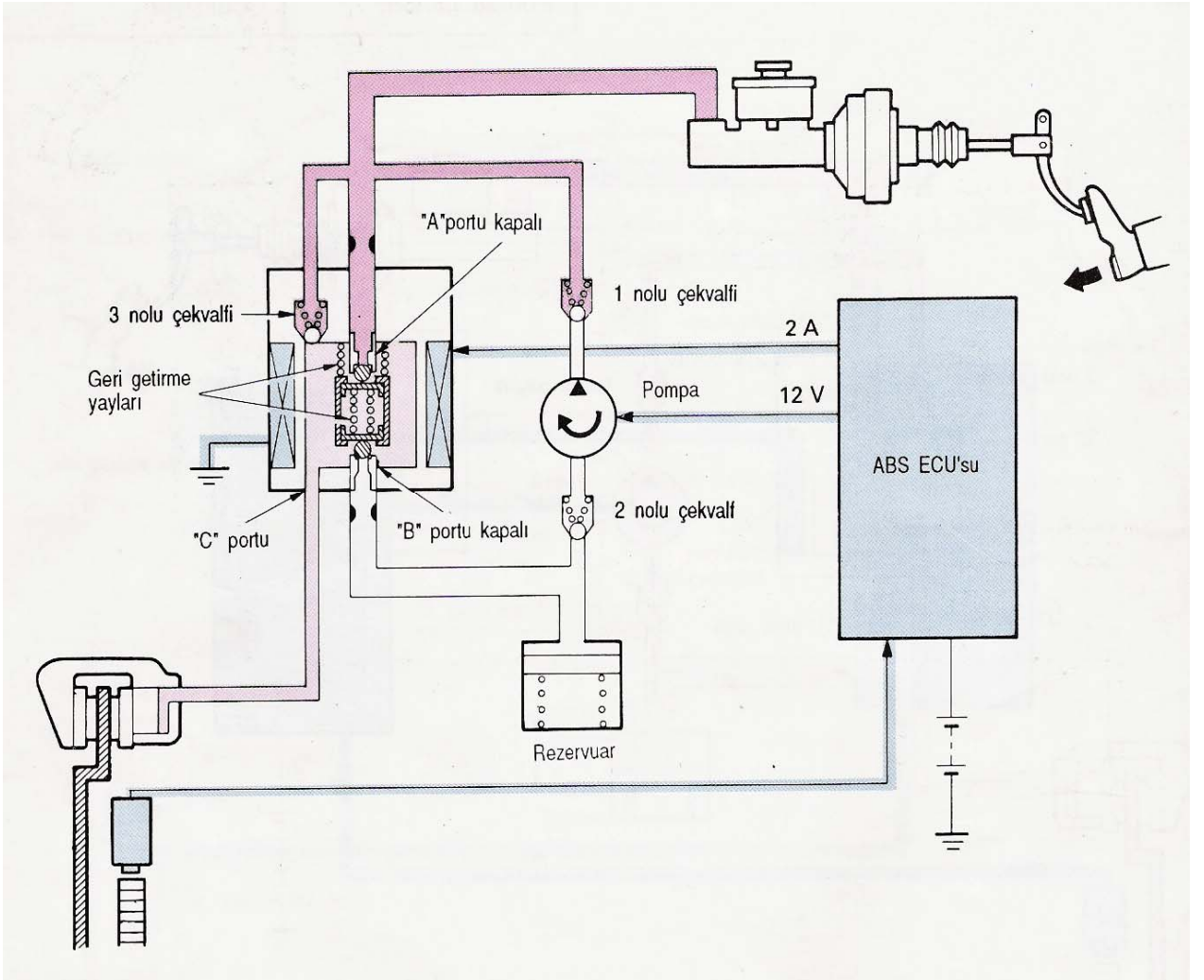
Şekil 4.7 Basınç düşürme modunda sistemin çalışması.

## Tutma Modu

Disk fren silindiri içindeki basıncın düşmesi veya yükselmesiyle ve hız sensörünün araç hızının hedef seviyede olduğunu gösteren bir sinyal göndermesiyle birlikte, ECU disk fren silindiri içindeki basıncın bu seviyede tutulması için selenoid bobine akım ( 2 A ) beslemesi yapar.

Selenoid bobinine beslenen akım 5 amperden ( basınç düşürme modundan ) 2 ampere ( tutma moduna ) düştüğü zaman, selenoid bobininde üretilen manyetik kuvvet de düşer. Üç konumlu selenoid valf daha sonra geri getirme yayının kuvvetiyle aşağıya, orta konuma

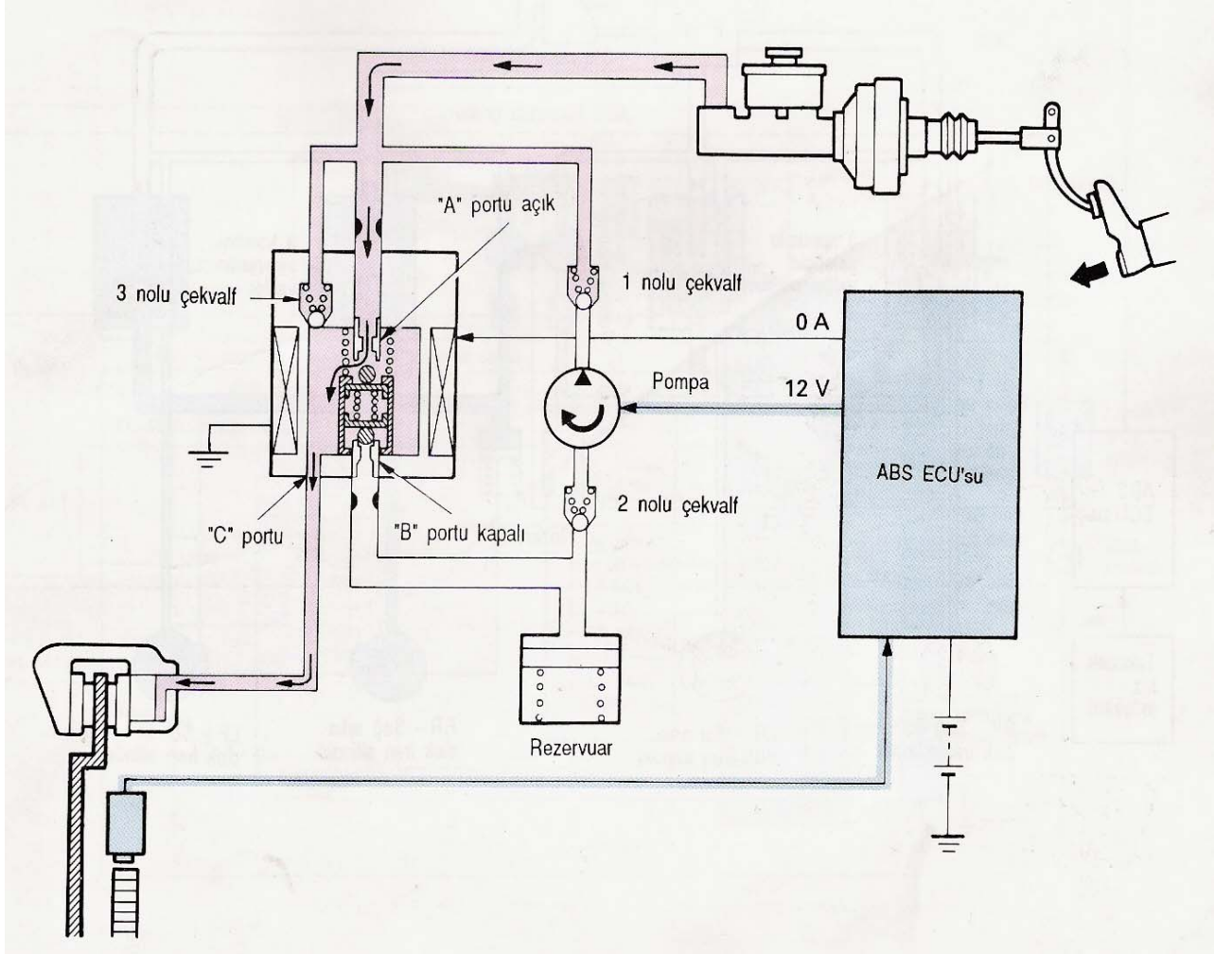
hareket ettirilerek sonuçta B portunu kapatır.



Şekil 4.8 Tutma modunda sistemin çalışması.

## Basınç Yükseltme Modu

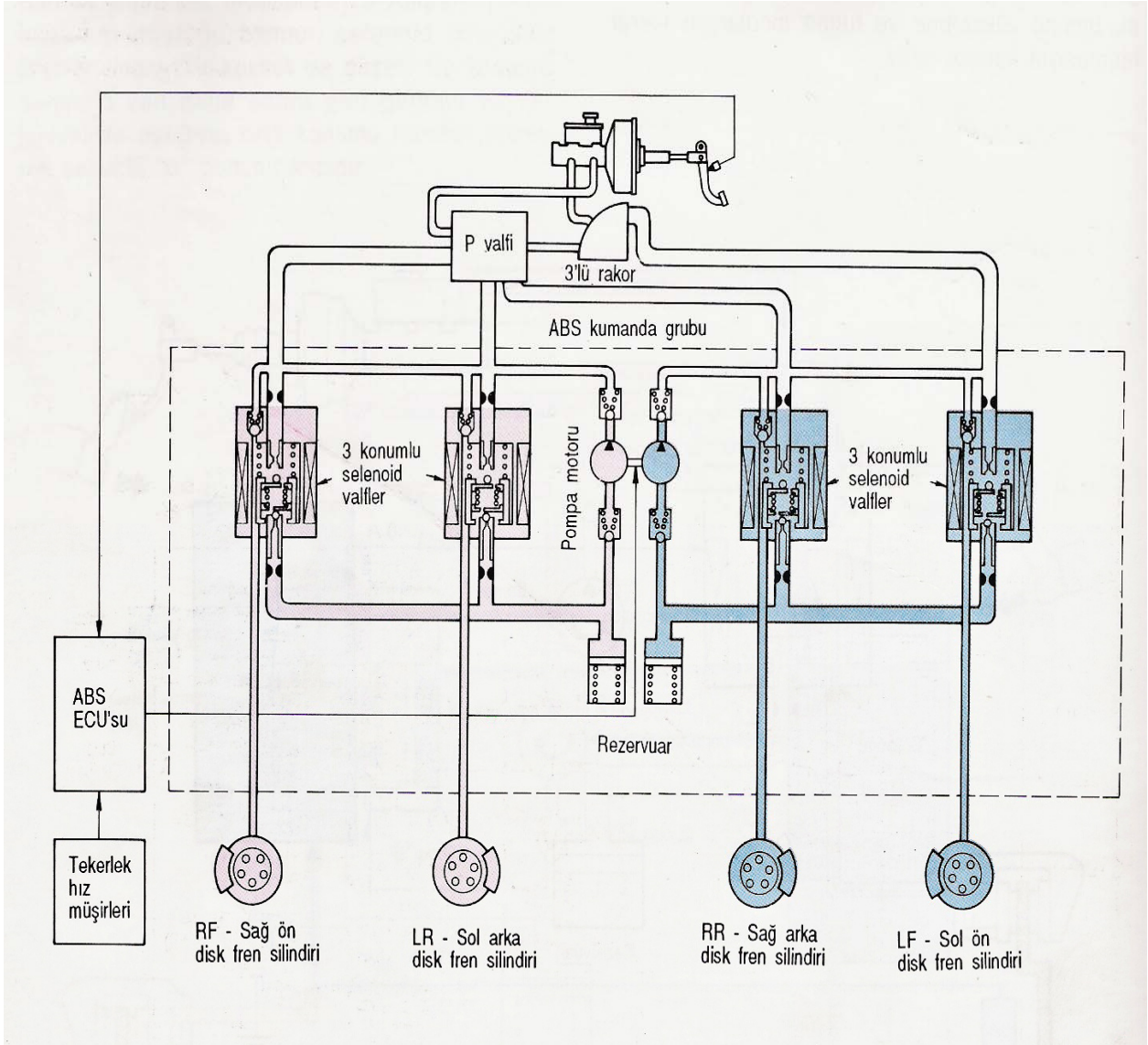
Disk fren silindiri içindeki basıncın daha büyük frenleme kuvveti elde etmek amacı ile yükseltilmesi gerektiğinde, ECU selenoid bobinlerine akım göndermeyi keser. Bu üç konumlu valfin A portunu açar ve B portunu kapatır. Bu durum, fren ana merkezindeki hidroliğin üç konumlu valf içindeki C portundan disk fren silindirine geçmesini sağlar. Hidrolik basıncın yükselme oranı, basınç yükseltme ve tutma modlarının tekrarlanmasıyla kontrol edilir.



Şekil 4.9 Basınç yükseltme modunda sistemin çalışması.

### 4.1.5 ABS Sistem Diyagramı

Burada tanımlanan ABS kumanda grubu içinde üç konumlu dört adet selenoid valf vardır; ön tekerlekler için selenoid valfler sağ ve sol tekerlekleri bağımsız olarak kontrol ederken, arka tekerlekler için selenoid valfler sağ ve sol tekerlekleri birlikte kontrol eder. Bu sistem, böylece üç yollu sistem olarak bilinir.



Şekil 4.10 ABS sistem diyagramı.

#### 4.2 ASR ( Anti-Patinaj) Sistemi

1987 yılında Bosch ilk üreticisi olarak ABS sisteminin daha gelişmiş olan ASR sistemini piyasaya sürmüştür. ASR sistemi ilk kalkışta ve hızlanmada, tahrik tekerleklerinin aşırı dönmesini engelleyerek , aracın güvenli hareketinin sağlar. Bu sistemin diğer kısaltılmış hali İngilizce anlamından dolayı ETC, TCS , TRC ( Electronic Traction Control ) olarak da bilinir. ASR sistemi, uygun olmayan yol koşullarında bile çekişi, hızlanmayı ve dik rampaları tırmanmayı kolaylaştırır yada mümkün kılar. ASR sistemi normal koşullarda sürekli açık tutulmalıdır. Sadece tekerleğin patinaj yapmasının istendiği özel durumlarda ASR sistemi

devre dışı bırakılabilirler.

ABS ile aynı teknolojiler kullanılır ve çoğu kez birleşik olarak kullanılır. Bu sistemde Mercedes-Benz firmasıyla işbirliği yapan Robert Bosch firmasının öncülüğünde 1987 yılında ASR ismiyle tanıtılmıştır.

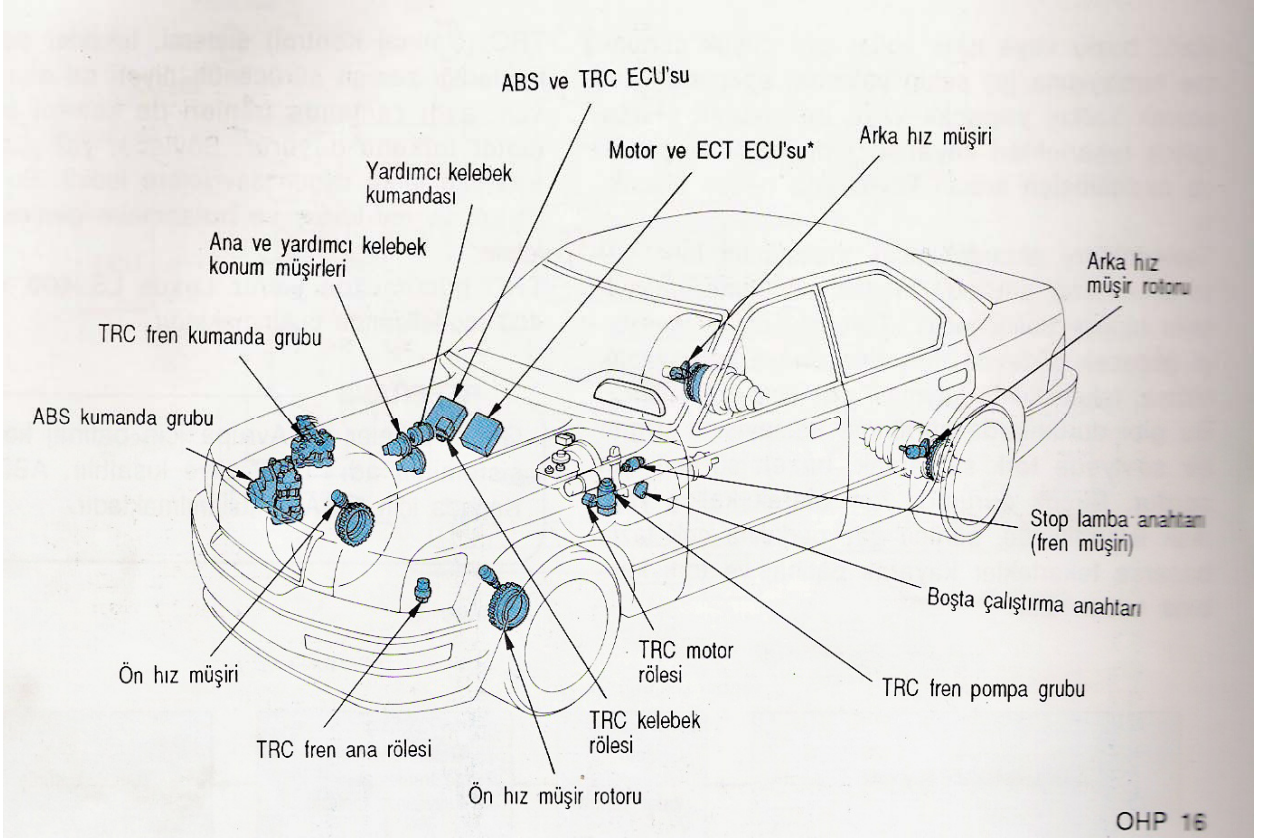
Temel çalışma özellikleri;

1. Eğer tahrik tekerleklerinin birisi patinajda ise bu tekerleğin otomatik olarak frenlenmesi.
2. Eğer tahrik tekerleklerinin her ikisi birden patinajda ise gaz kelebeğini kısarak motora kumanda etmek.

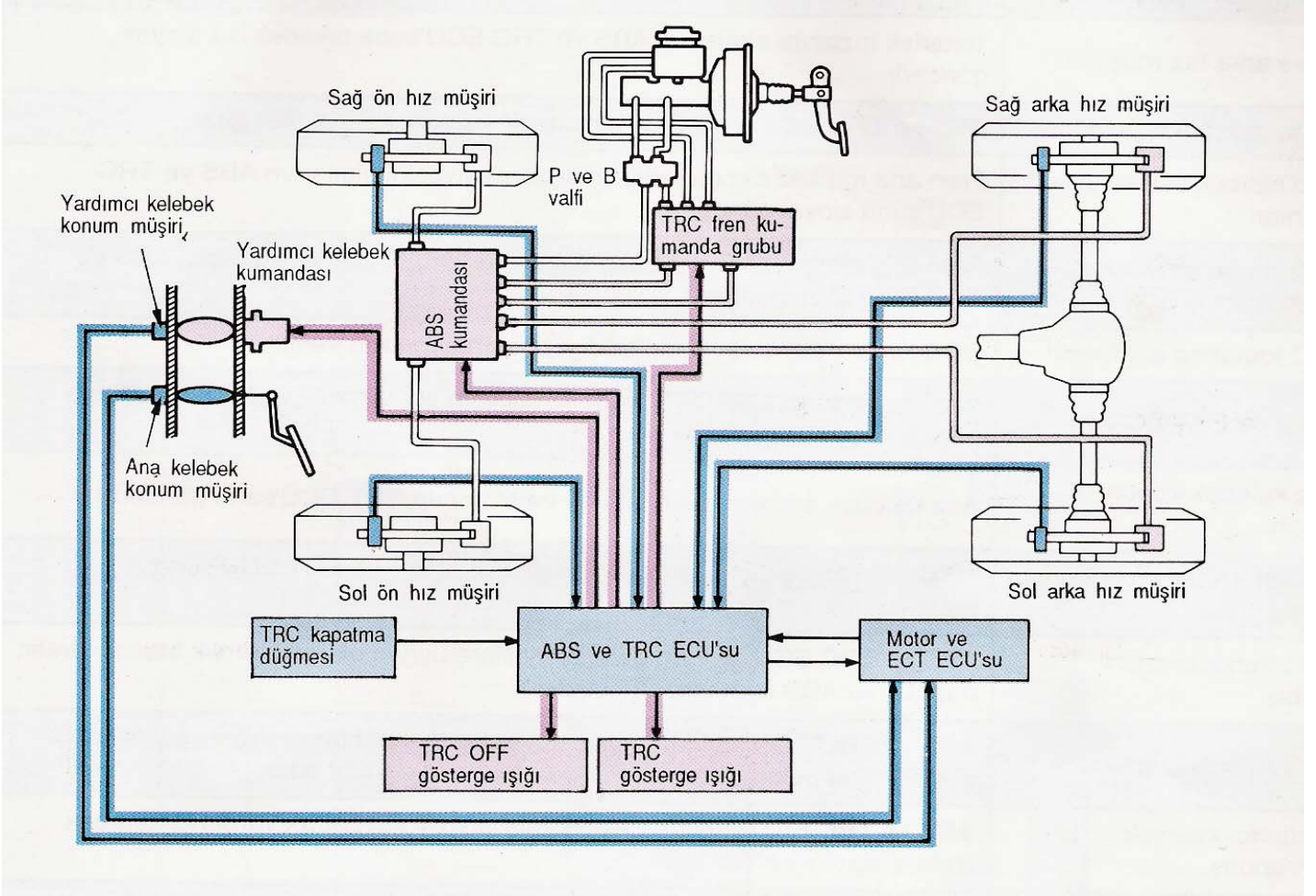
ASR, fren kumandasını sürücüden bağımsız olarak yapar. ASR, tekerleğin yola tutunuşunun sıfırlanıp, patinaja başlamadan, çok hızlı ve hassas bir şekilde durumu algılayıp frenleme yaparak patinaja geçecek tekerleğin torkunu diğer tekerleğe iletir. Bu durum farklı sürtünme katsayısına sahip farklı sürtünme katsayısına sahip farklı yol yüzeylerinde meydana gelir. Yolun bir kısmı ıslak ve buzlu diğer kısmı kuru ise ve bu durum kısmi ise taşıt eğer hızla geçiyorsa savrulacak ve direksiyon hakimiyeti kalmayacak eğer harekete geçecek ise tahrik tekerleklerine iletilen momentin tamamı patinaj durumundaki tekerleğe akacak ve taşıt hareket edemeyecektir.

ASR sistemi, ABS sisteminin mevcut parçalarından yararlanır. Bu yüzden bir elektronik kontrol ünitesi kontrolünde kombine olarak çalışırlar. ABS sisteminin kullandığı elektrohidrolik modülatör sistemi, ASR sisteminin kullanacağı birkaç valf ( frenlemeden çekişe geçişi, basınç modülasyonu ve basınç sınırlamasını sağlayan ) ile genişletilir. Tahrik tekerleklerinin sürücüden bağımsız olarak ( fren pedalına basmadan ) frenlenebilmesi için hidrolik enerjinin sağladığı yüksek basınçlı bir akümülatör gereklidir. Bu hidrolik akümülatör elektrik tahrikli bir pompa ile şarj edilir.

Tekerlek hız sensörlerinden ASR sistemine ihtiyaç duyulduğuna dair bir sinyal alındığında, elektronik kontrol ünitesi, modülatöre kumanda ederek hidrolik akümülatörden sağlanan yüksek basınçtaki fren akışkanını patinaj yapan tekerleğin fren silindrine gitmesini sağlar. Modülatör valfi, tekerlekteki patinaj geçinceye kadar fren hattı basıncını sabit tutar. Daha sonra tekerleği serbest bırakır.



Şekil 4.11 ASR/ABS birleşik düzeneği.



Şekil 4.12 ASR' nin sistem diyagramı.

#### 4.2.1 ASR Fren Kumanda Grubu

ASR kumanda grubu, hidrolik basınç üreten bir pompa grubu ve disk fren silindirlere hidrolik basıncı gönderen ve boşaltan bir fren kumandasından meydana gelir. Sağ ve sol arka tekerleklerin disk fren silindirlindeki hidrolik basınç, ABS ve TRC ECU' sundan gelen sinyallere bağlı olarak, ABS kumanda grubu tarafından ayrı ayrı kontrol edilir.

##### Pompa Grubu

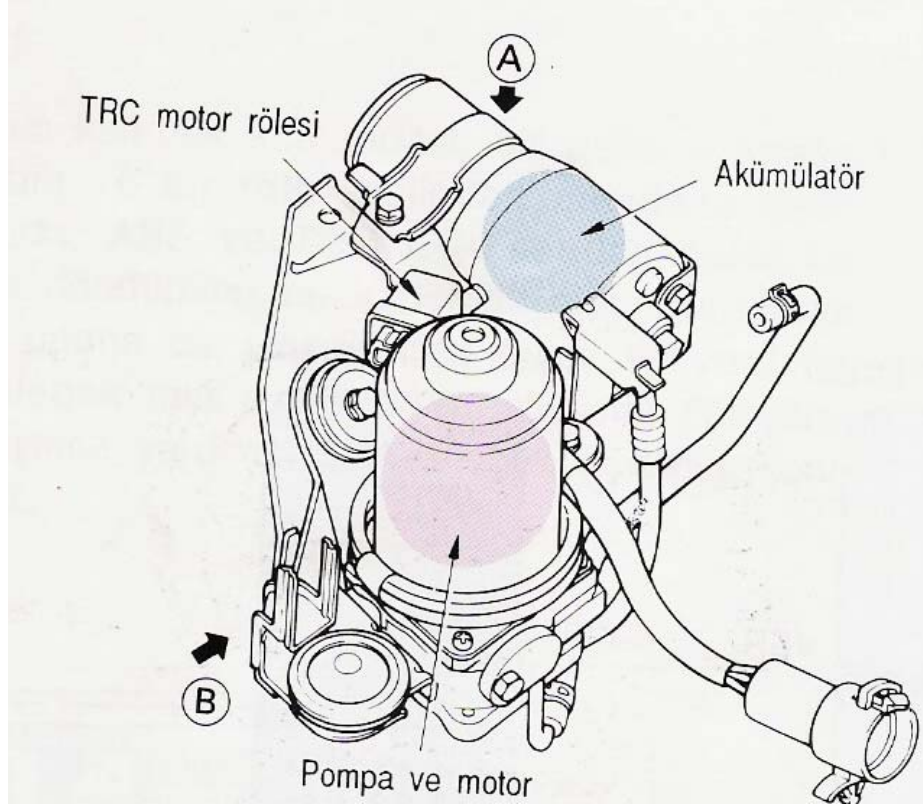
Pompa grubu aşağıdaki iki komponentten meydana gelir.

- Pompa

Fren ana merkez rezervuarından fren hidroliğini çeker, basıncını yükseltir ve akümülatöre gönderir.

- Akümülatör

Basınçlı fren hidroliğini depolar ve ASR sisteminin çalışması sırasında disk fren silindirlere bu basıncı gönderir. Akümülatör aynı zamanda, fren hidrolik hacmindeki değişiklikleri sönmölemek için yüksek basınçlı nitrojen gazı ile doludur.



Şekil 4.13 ASR kumanda grubu yapısı.

#### Fren Kumanda Grubu

Fren kumanda grubu aşağıdaki dört komponentten oluşur.

- Akümülatör Kesme Selenoid Valfi

ASR sisteminin çalışması sırasında hidrolik basıncını akümülatörden disk fren silindirlerine aktarır.

- Fren Ana Merkezi Kesme Selenoid Valfi

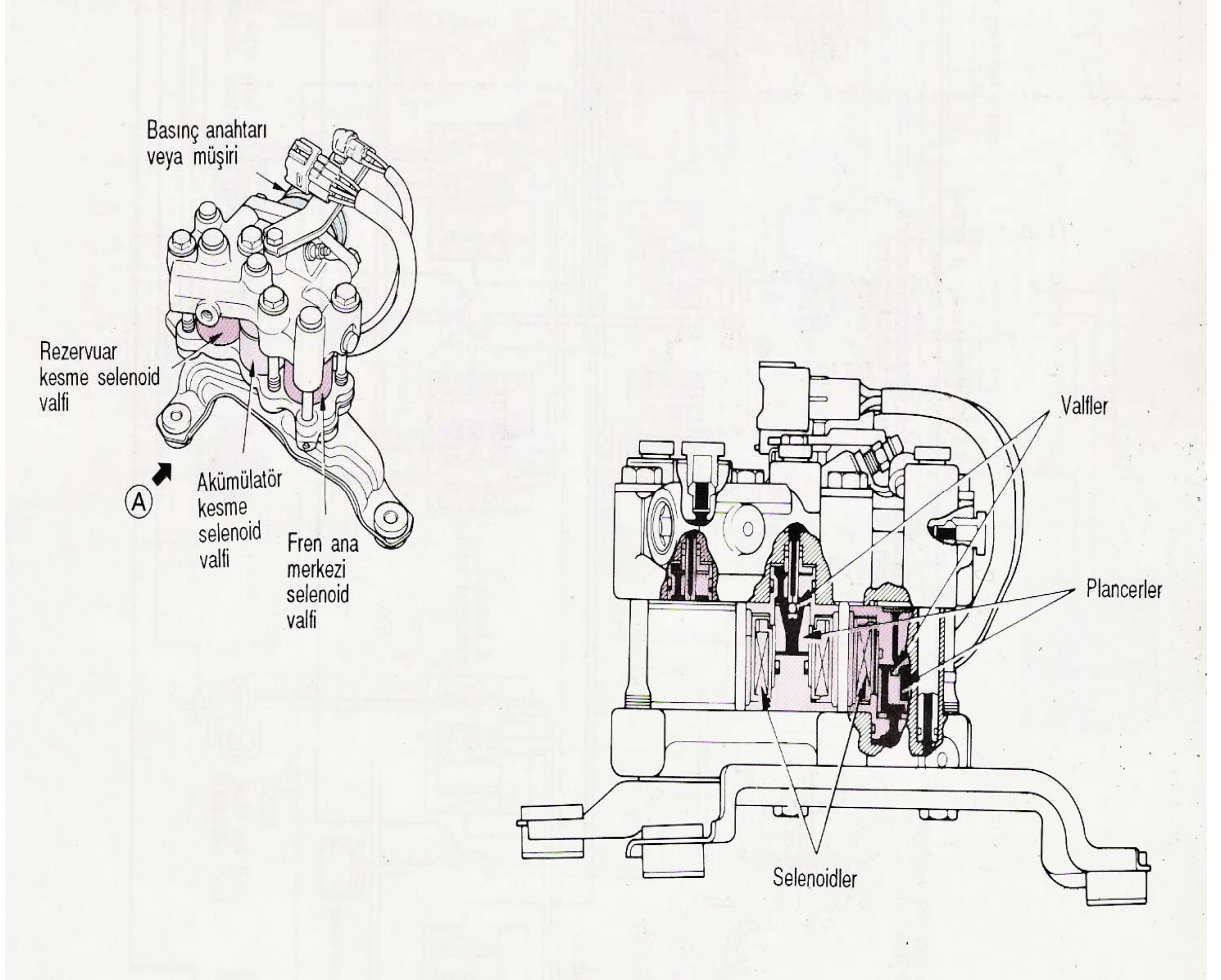
Akümlatördeki hidrolik basınç disk fren silindirlerine nakledilirken, bu selenoid valfi fren hidroliğinin fren ana merkezine dönmesini engeller.

- Rezervuar Kesme Selenoid Valfi

ASR sisteminin çalışması sırasında bu selenoid valfi fren hidroliğini disk fren silindirinden fren ana merkezi rezervuarına geri döndürür.

- Basınç Anahtarı veya Basınç Sensörü

Akümülatördeki basıncı gösterir ve bu bilgileri ABS ve ASR ECU' suna gönderir. ECU bu veriye dayanarak pompa çalışmasını kontrol eder.

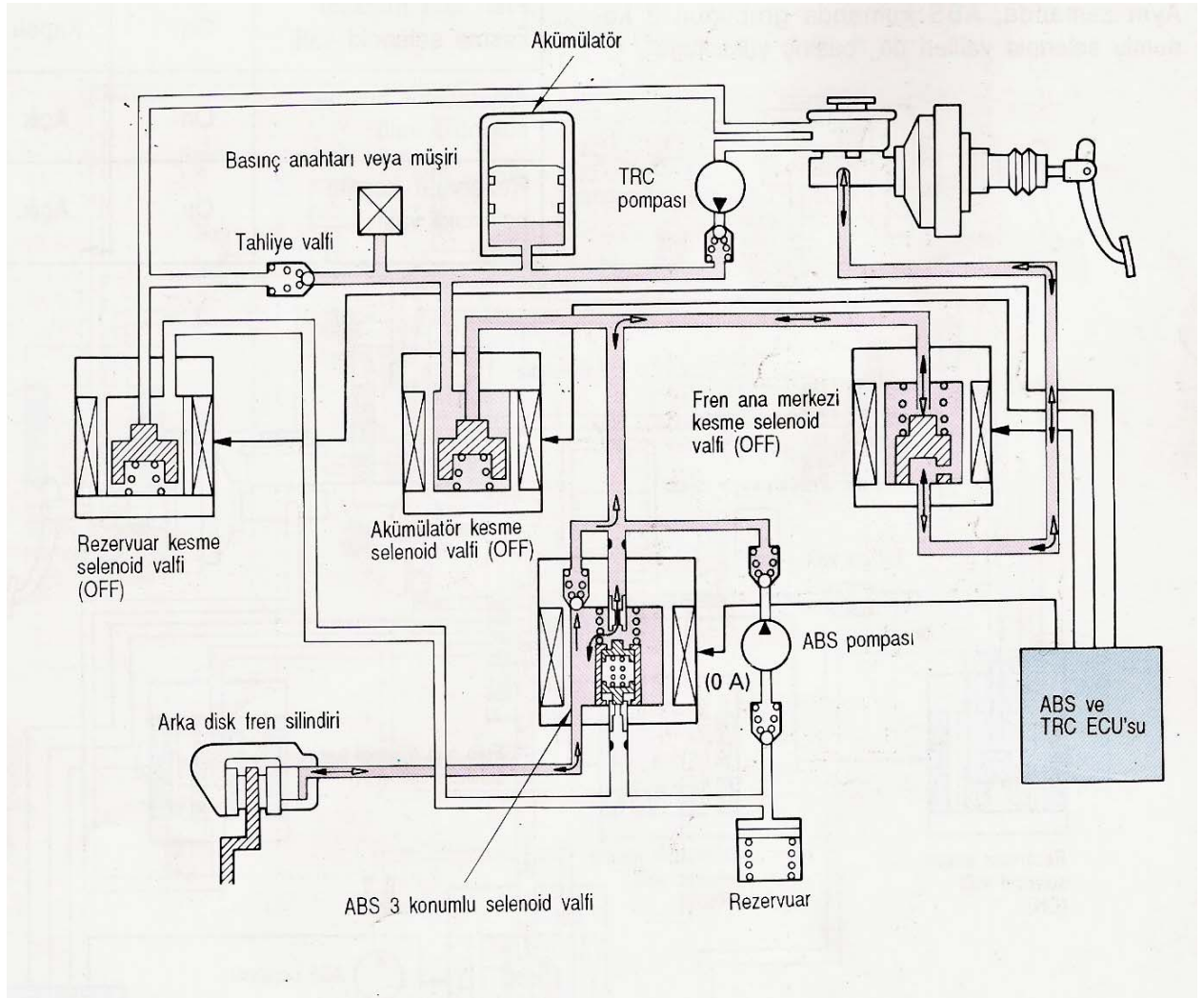


Şekil 4.14 Fren kumanda grubu.

## 4.2.2 ASR 'nin Çalışması

Normal Frenleme Sırasında ( ASR Devrede Değil )

ASR fren kumanda grubunda bulunan tüm selenoid valfler, frenler uygulandığı zaman kapanır. ASR bu konumdayken frene basıldığı zaman, fren ana merkezindeki hidrolik basınç, fren merkezi kesme selenoid valfi ve ABS kumanda grubunun üç konumlu selenoid valfi üzerinden, disk fren silindirlere uygulanır. Fren pedalı bırakıldığı zaman, fren hidroliği disk fren silindirlere geri döner.



Şekil 4.15 Normal çalışma modunda sistemin çalışması.

Aracın Hızlanması Sırasında ( ASR Devrede )

Eğer hızlanma sırasında arka tekerleklerden birisi patinaj yaparsa, bunu önlemek için ABS ve ASR ECU' su motor torkunu kontrol eder ve arka tekerleklere fren uygulanır.

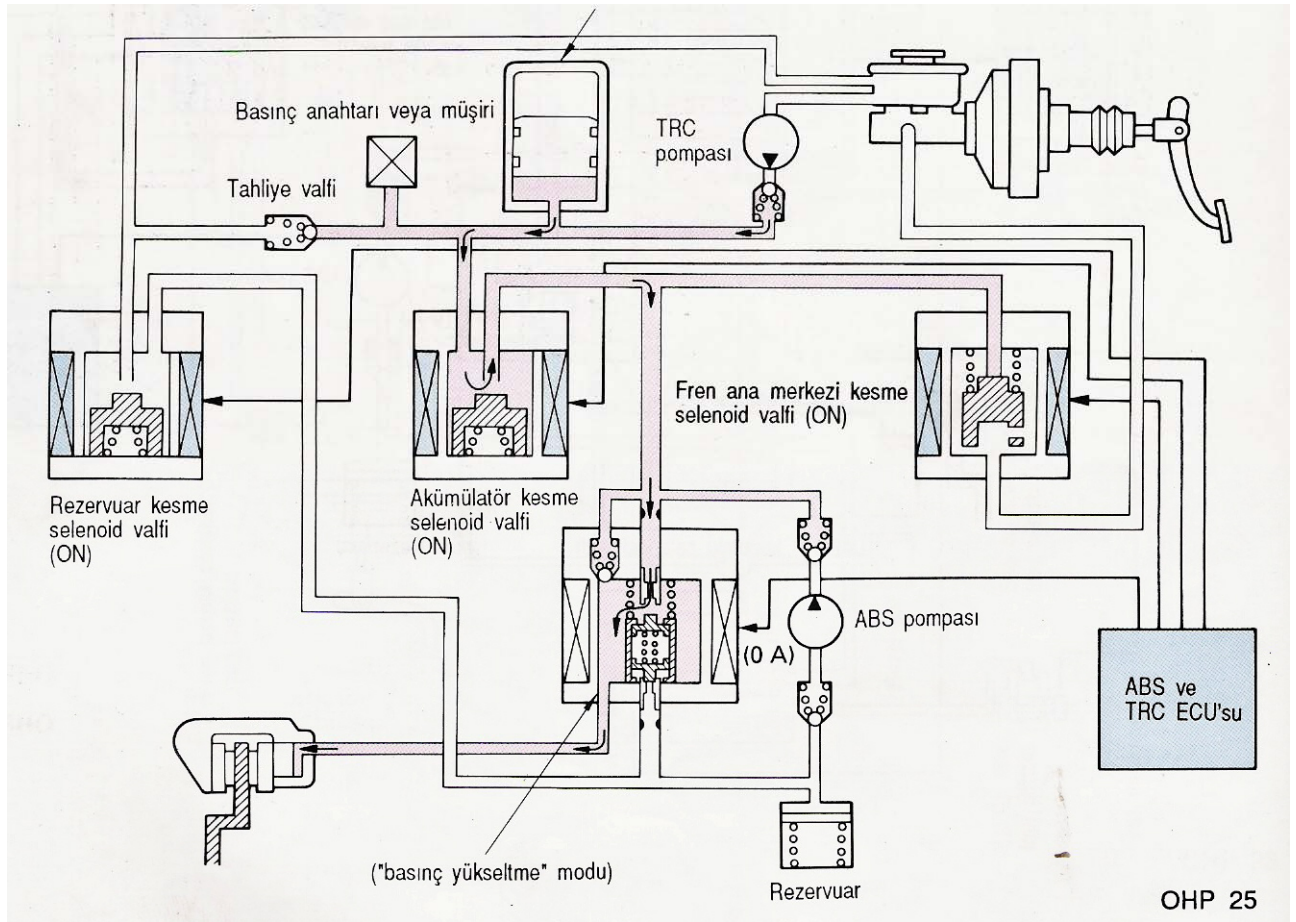
Sağ ve sol arka frenlerdeki hidrolik basınç, aşağıda açıklandığı gibi üç kontrol modunda ayrı ayrı kontrol edilir. ( “basınç yükseltme” , “tutma” ve “basınç düşürme” )

#### Basınç Yükseltme Modu

Gaz pedalına basıldığı ve arka tekerlekler patinaja başladığı zaman, ASR kumanda grubunun tüm selenoid valfleri ECU’ dan gelen sinyalle açılırlar.

Aynı zamanda, ABS kumanda grubunun 3 konumlu selenoid valfleri de “basınç yükseltme” moduna geçerler. Bu modda fren ana merkezi kesme selenoid valfi açılır ( kapalı ) ve akümülatör kesme selenoid valfi açılır ( açık ). Bu akümülatördeki basınçlı hidroliğin akümülatör kesme selenoid valfi ve ABS ‘de ki üç konumlu selenoid valfler üzerinden disk fren silindirleri üzerinde etkimesine neden olur.

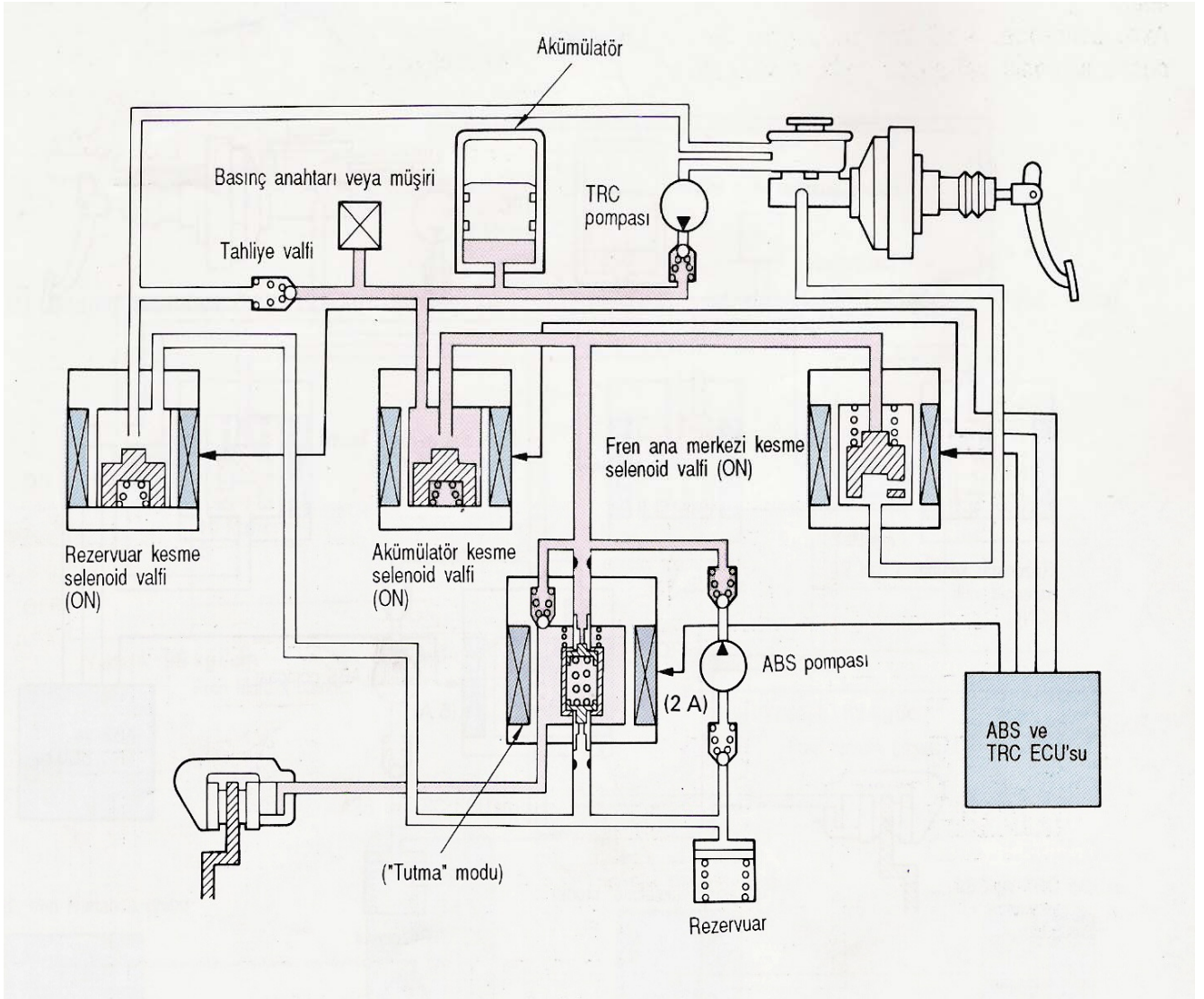
Basınç anahtarı akümülatörde ( ASR çalışmasına bakmaksızın ) bir basınç düşmesi algıladığı zaman, ECU hidrolik basıncı yükseltmek için ASR pompasını devreye sokar.



Şekil 4.16 Basınç yükseltme modunda sistemin çalışması.

## Tutma Modu

Arka disk fren silindirlerindeki hidrolik basınç gerekli seviyeye yükseltildiği veya düşürüldüğü zaman, sistem "tutma" moduna geçer. Mod değişimi, ABS kumanda grubunun üç konumlu selenoid valflerinin konumları değiştirilerek yapılır. Sonuç olarak akümülatör basıncının kaçması engellenerek, disk fren silindirlerindeki hidrolik basınç korunur.

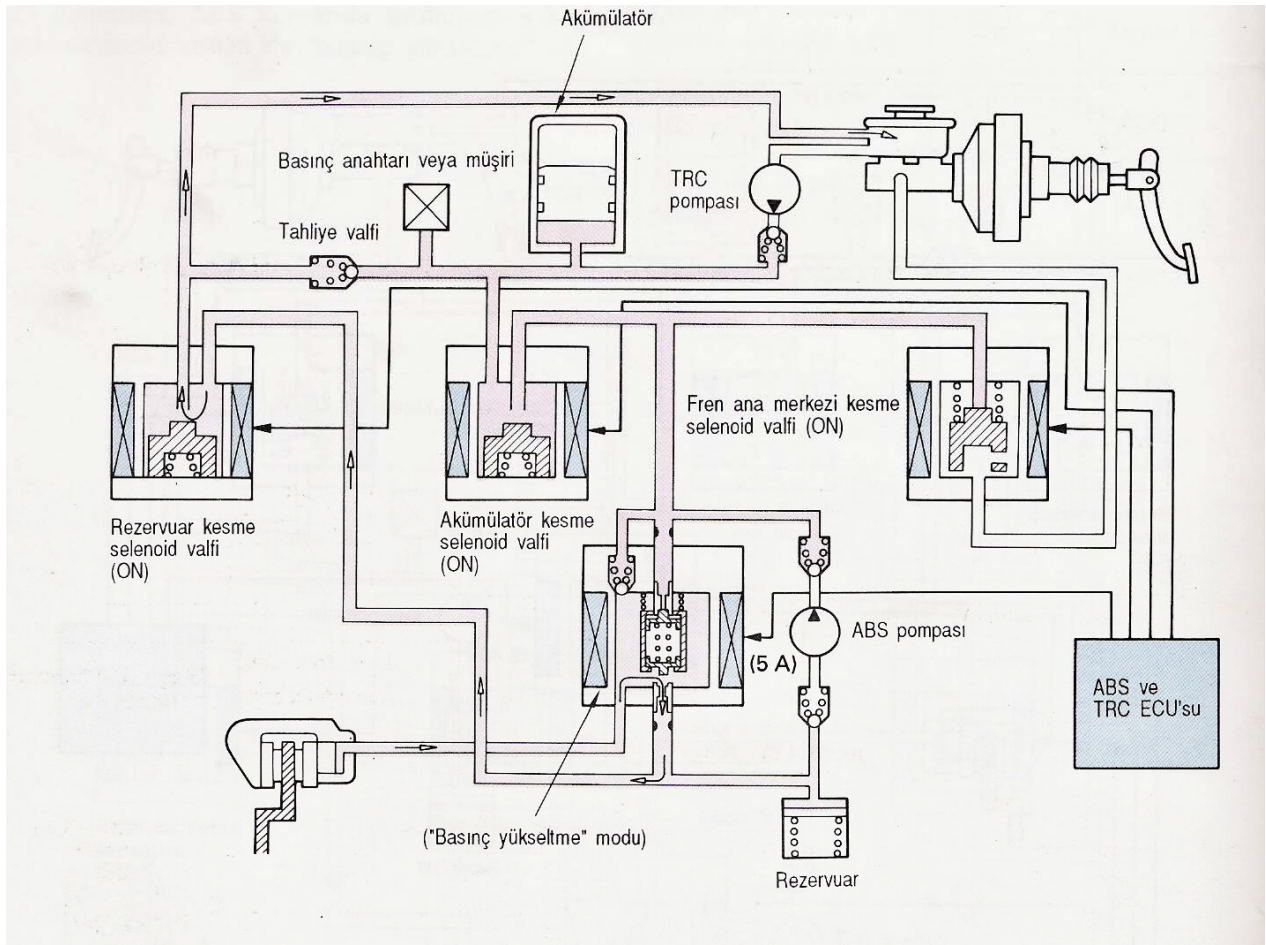


Şekil 4.17 Tutma modunda sistemin çalışması.

## Basınç Düşürme Modu

Arka disk fren silindirlerindeki hidrolik basıncın düşürülmesi gerektiğinde, ABS ve ASR ECU'su, ABS kumanda grubunun üç konumlu selenoid valfini "basınç düşürme" moduna geçirir. Bu disk fren silindirindeki hidrolik basıncın, ABS üç konumlu selenoid valfi ve

rezervuar kesme selenoid valfi üzerinden fren ana merkezine dönmesine neden olur. Sonuç olarak hidrolik basınç düşürülür. Bu anda ABS kumanda pompası çalışmadan bekler.



Şekil 4.18 Basınç düşürme modunda sistemin çalışması.

#### 4.2.3 ABS ve ASR ECU' su

ABS ve ASR ECU' su, bu iki ECU' nun görevlerini tek bir üniteye birleştirir. Dört adet tekerlek hız sensöründen girdi olarak gelen dönme hız sinyallerini kullanarak, tekerleklerin ve yol yüzeyinin kayma koşullarını hesaplar ve motor torkunu ve buna uygun olarak tekerlek dönme hızını düşürerek, tekerlek hız kontrolünü gerçekleştirir.

Bunun yanında, ABS ve ASR ECU' su, bir başlangıç kontrol fonksiyonu, diagnostik fonksiyonu ve "arıza-saklama fonksiyonuna" sahiptir.

## Tekerlek Hız Kontrolü

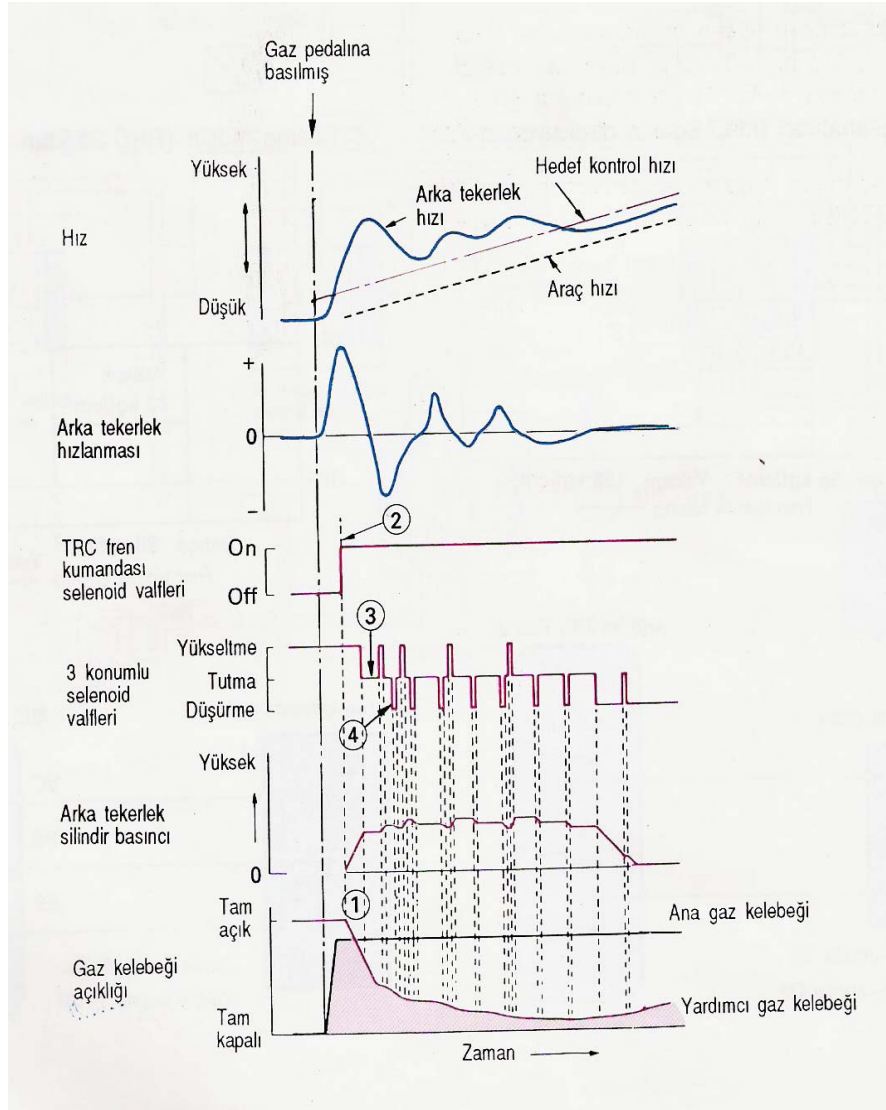
ECU devamlı olarak dört adet tekerlek hız sensöründen sinyal alır ve her tekerleğin hızını sürekli hesaplar. Aynı zamanda, ön tekerleklerin hızını dikkate alarak araç hızını tahmin eder ve bir hedef kontrol hızı belirler.

Eğer kaygan bir yolda gaz pedalına ani olarak basılır ve arka tekerlekler ( tahrik tekerlekleri ) patinaja başlarsa, arka tekerlek hızı, hedef kontrol hızını geçecektir. ECU böylece yardımcı kelebek kumandasına, bir yardımcı gaz kelebeği kapatma sinyali gönderir. Aynı zamanda, arka disk fren silindirlerine basınçlı fren hidroliği beslemesine neden olur. ABS kumanda grubunun üç konumlu selenoid valfi, arka tekerlek silindir basıncını kontrol etmek için yer değiştirir ve böylece tekerleklerin patinajını önler.

Eğer kalkış veya ani hızlanma sırasında arka tekerlekler patinaj yaparsa,tekerlek hızları ön tekerlek hızlarıyla eş olmayacaktır. ABS ve ASR ECU' su bu durumu hisseder ve ASR sistemini devreye sokar.

- ABS ve ASR ECU' su, yardımcı gaz kelebeğini kapatarak giriş hava hacmini azaltır ve böylece motor torkunu düşürür.
- Aynı zamanda, ASR fren kumanda grubu selenoid valflerini çalıştırır ve ABS kumanda grubunu “basınç yükseltme” moduna getirir. Bu noktaya kadar ASR akümülatöründe fren hidroliğinde depolanan basınç, frenlemeyi etkili kılmak için fren silindirlerine yeterli basıncı uygular.
- Frenler uygulanmaya başladığı zaman arka tekerleklerin hızlanması azalır ve ABS ve ASR ECU' su, ABS üç konumlu selenoid valflerini “tutma” moduna geçirir.
- Eğer arka tekerleklerin hızlanması çok fazla düşerse, “basınç düşürme” moduna geçerek, fren silindirlerindeki hidrolik basıncı düşürür ve arka tekerleklerin tekrar hızlanmasını sağlar.

Bu tip çalışmanın sürekli tekrarlanmasıyla ABS ve ASR ECU' su hızı, hedef kontrol hızına yakın tutar.



Şekil 4.19 Tekerlek hız kontrol diyagramı.

### Self Diagnostik Fonksiyonu

Eğer ECU, ASR sisteminde bir arıza algılanırsa, bir arıza olduğunu sürücüye haber vermek için gösterge panelindeki ASR gösterge lambasını yakar.

Aynı zamanda arızalar için kodları hafızada tutar.

### Arıza Saklama Fonksiyonu

ASR sistemi devrede değilken ABS ve ASR ECU' su tarafından bir arıza algılandığı zaman, ECU vakit kaybetmeden ASR kelebek rolesini, ASR motor rolesini ve ASR fren ana rolesini

devre dışı bırakarak, böylece ASR sisteminin çalışmasını engeler.

Eğer ASR sistemi devredeyken ECU tarafından bir arıza algılanacak olursa ASR motor rolesinin ve ASR fren ana rolesinin kontrolünü durdurur ve devre dışı bırakır.

ECU, ASR sisteminin çalışmasını önlediği zaman bile; motor ve fren sistemi, ASR sistemi bulunmayan modellerde olduğu gibi çalışmasına devam eder.

## **5. OTOMOBİLLERDE FREN ( DURMA ) MESAFESİNİN DENEYSEL OLARAK BELİRLENMESİ**

Fren sisteminin performans durumunu ortaya koymak için fren testleri yapılmaktadır. Bu testler yapıldıkları ülkenin kanun, yönetmelik ve yapılış amaçlarına göre farklı sınıflandırmalara tabi tutulmaktadır. Performans testleri üzerinde yapılan çalışmalar, bu sınıflandırmaya göre farklılık göstermektedir. Kanunlar tarafından zorunlu kılınan testlerde aracın sınıfına göre sağlaması gereken sınır değerleri bulunmaktadır. Taşıt fren sistemi bu sınır değerleri içerisinde olması gereken performansı gösterirse yeterlilik belgesi almaktadır.

Ayrıca kalite sistemlerine bağlı olarak üretim yapmakta olan otomobil üreticileri dünyanın farklı bölgelerinde kalite belgeleri veya sertifika belgeleri veren firmalara testler yaptırmaktadırlar. Almanya 'da BPW Bergische Achsen Kommanditgesellschaft Wieht Germany firması tarafından yapılan sertifikasyon testleri ise bu sınıf testlerdendir. Otomobil üreticilerinin kendi imal ettikleri araçların tasarım esaslarına uygun olarak imal edilip edilmediğini kontrol etmeleri bakımından kendileri veya başka firmalar tarafından yapılan testlerde bu çalışmaların farklı bir sınıfını oluşturmaktadır. National Organization for Automotive Safety and Victim's aid (OSA) tarafından Honda firmasına yapılan testler bu sınıf için örnek olmaktadır. Kanunlar ve sertifikasyon testleri haricinde özellikle SAE ( Society of Automotive Engineers, Otomotiv Mühendisleri Odası ) tarafından değişik marka ve modeller üzerinde de taşıt fren performans testleri yapılarak sonuçları karşılaştırılmıştır. Yapılan bütün çalışmalarda her kurum ve firmanın kendi yöntem ve ekipmanları bulunmakla birlikte değerlendirme kriterleri de birbirinden farklıdır. Fren sistemi testleri 2 ana başlıkta toplanır.

1. Fren sistemi elemanlarının testleri ve bunların performansa etkileri.
2. Taşıt hareket halinde iken fren performansını belirlemek için yapılan testler. (Yol testleri)

Fren performansının belirlenmesine yönelik olarak yapılan yol deneyleri farklı yöntem ve ekipmanlarla yapılmaktadır.

Testleri yapan ekip tarafından test özelliklerine göre geliştirilen ekipmanlar ise çok çeşitlidir. Pedal kuvveti ölçme cihazı, tekerlek devri ölçme sensörü, tekerlek torku ölçme cihazı gibi birkaç ekipman örnek olarak belirtilebilir.

## **5.1 Fren Sisteminin Performansını Ölçme Deneyleri**

Yapılış şekilleri bakımından fren performans testleri yol ve cihaz testleri olarak 2 ana grupta toplanır. Ulusal nitelikli TSE ve Uluslararası ISO standartları baz alınarak test yöntemleri incelendiği zaman standartların yol testlerine göre tespit edildiği görülmektedir.

### **5.1.1 Yol Testleri**

Yol testleri yapıları bakımından bütün standart ve yönetmeliklerde benzer şartlarda ve şekillerde yapılır. TSE standartlarında yol testlerinin çeşidi oldukça fazladır. Buna rağmen ülkemizde uygulanması gereken araçların imal ve montajı hakkındaki yönetmelikte bu testlerin bazıları şart koşulmuştur.

Testlerde yol yüzeyi düzgün, kuru ve tutucu olmalı. % 1'e kadar eğimli kısa yokuş ve inişlere müsaade edilebilir, atmosferik basıncı 0,991 ile 1,017 bar arasında, hava sıcaklığı 0°C ile 34°C arasında olmalıdır. Deney sırasında sonuçları etkileyecek bir rüzgar veya deneyi etkileyecek hava şartları bulunmamalıdır. Rüzgar hızı ortalama 5 m/sn 'yi geçmemelidir. Test başlangıcında lastikler soğuk olmalı ve taşımakta olduğu statik yüke uygun basınçta şişirilmelidir. Testler, araç türüne göre belirtilen yük durumunda ve hızda yapılır. Eğer aracın maksimum hızı yapısal nedenlerle test hızının altındaysa; test, aracın ulaştığı maksimum hızda yapılır.

Frenlerin sağlamaları gereken koşullar, yönetmeliklerde ayrıntılı tanımları yapılmış olan testler ve sınır değerleri ile kontrol edilir. Testlerde performans, başlangıç hızına bağlı olarak durma mesafeleri ve yavaşlama ivmeleri ile ölçülür.

### **5.1.2 Cihaz Üzerinde Yapılan Testler**

Cihaz üzerinde yapılan testler, kullanılan cihazların özelliklerine göre, kendi aralarında iki sınıfta toplanır.

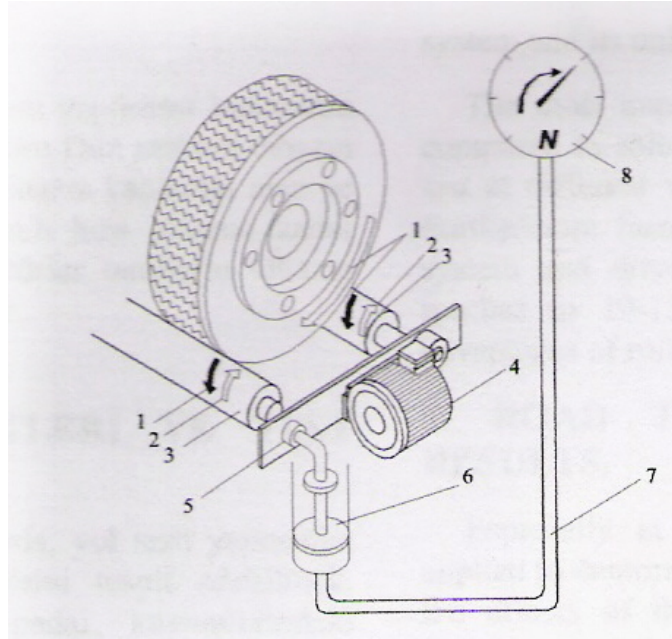
Bunlar;

1. Tamburlu tip fren test cihazı
2. Platformlu tip ( Düz Yüzeyli ) fren test cihazı

Tamburlu Tip Fren Test Cihazı ;

Tamburlu tip fren test cihazında birbirine bağlı olarak hareket eden iki adet silindir şeklinde çapları eşit tambur bulunur. Aracın tekerleği iki tambur arasına çıkartılarak frenleme işlemi

gerçekleştirilir. Tamburlara hareket veren bir elektrik motoru ve motor üzerine bağlı bir kol bulunmaktadır. Tamburlara hareket verildikten sonra araç içerisindeki deneyi yapan kişi frenleme yapar. Bu esnada tamburların dönme istikametinin ters yönünde bir kuvvet oluşur. Bir kol vasıtası ile bu kuvvet ölçme ünitesine iletilir. ( Şekil 5.1 ). Tamburun yüzey pürüzlülüğü değiştirilebildiği gibi tamburların devirleri de değiştirilebilir. Bu şartlar, farklı zemin ve hız şartlarında, test yapılmasını sağlar.



Şekil 5.1 Tamburlu fren test cihazı ve parçaları.

- 1- Fren momenti
- 2- Döndürme momenti
- 3- Tambur çifti
- 4- Devri değiştirilebilir elektrik motoru
- 5- Moment kolu
- 6- Hidrolik kuvvet ölçüm kutusu
- 7- Hidrolik borusu
- 8- Fren kuvvet göstergesi

Ağır vasıtalar için kullanılacak bir tamburlu fren test cihazı, çapı en az 2 km/h test hızına sahip olmalıdır. Test yapılacak aks tamburlar üzerine geldiğinde otomatik olarak

çalışmalı, tekerlek kilitlendiğinde otomatik olarak durmalı ve ayarlanabilir bir gecikmeyi müteakip tekrar çalışmalıdır. Cihaz, en az 10 tonluk bir aks yüküne göre boyutlandırılmış olmalı ve tercihen gerçek aks yükünü meydana getirmek üzere bir ağırlık tertibatı içermelidir. Hava basıncıda dahil test sıralamasının kaydı yapılabilmesi ve çıktısı alınabilmelidir. Test cihazında tercihen otomasyonlu analiz ve sonuç değerlendirmesi yapabilecek donanımlar bulunmalıdır.

Hafif vasıtalar için kullanılacak bir tamburlu fren test cihazı, ağır vasıtalar için belirtilenlerden çok az farklılık göstermekte ve tambur devri en az 5 km/h test hızına sahip olmalıdır. Cihaz, en az 5 tonluk bir aks yüküne göre boyutlandırılmış olmalı ve tercihen gerçek aks yükünü meydana getirmek üzere bir ağırlık tertibatı içermelidir.

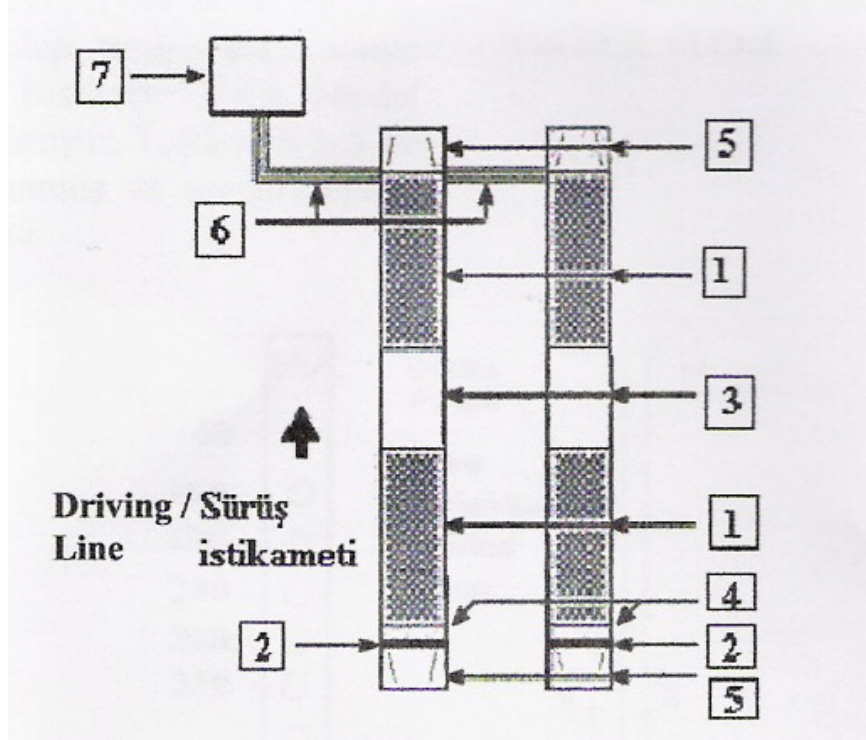
Platformlu Tip ( Düz Yüzeyle ) Fren Test Cihazı ;

Düz zeminli fren test cihazı dört adet tutunma katsayısı yüksek düz platformdan meydana gelmiştir. Platformların uç noktalardan sabitlendiği yerlerden belirli bir miktar boşluk bırakılarak hareket etmesi sağlanmıştır. Taşıt ortalama 10-15 km/h hızla platformlar üzerine çıkarılarak frenleme gerçekleştirilmektedir. Bu esnada hareket edebilen platformların uç noktalarına yerleştirilmiş olan elektronik yük algılayıcıları bilgisayar ünitesine, bu çarpma hızını sinyal olarak göndermekte ve bilgisayar ekranından kuvvet olarak okunmaktadır.

Tamburlu cihaza göre kullanımı daha basit ve fonksiyonları kısıtlı olan bu cihazlarda fabrika ve servislerde kullanılmaktadır. Cihazın şematik görünüşü ve üniteleri Şekil 5.2.'de görülmektedir. Bu cihazların, farklı hızlarda test yapılması imkanının kısıtlı olması, Tamburlu cihaza göre düz zeminli cihazın en büyük dezavantajıdır. Ayrıca cihazın kapladığı alan ve bunun yanı sıra taşıtın 10-15 km/h hıza ulaşana kadar alacağı yolun uzunluğu gibi faktörler tamburlu cihazın üstünlüklerini ortaya çıkarmaktadır.

- 1- Platformlar
- 2- Ağırlık göstergeleri
- 3- Pürüzsüz platform
- 4- Platform bağlantıları
- 5- Dayanma rampası
- 6- Bağlantı kabloları

## 7- Bilgisayar ekranı



Şekil 5.2 Platform fren test cihazı.

### 5.2 Platformlu Fren Test Cihazında Yapılan Fren Performans Testi

Test sırasında kullanılan araç ve özellikleri ;

Nissan 2001 model Almera marka araç kullanılmıştır.

Araç ön fren ; Disk Fren

Araç arka fren ; Kampana Fren

Araç ağırlığı : 1050 kg

Fren performans test cihazı özellikleri ;

Bosch SDL 260 fren test cihazı ; 2 ton aks ağırlığına kadar tüm binek araçların fren test işlemleri yapılabilmektedir.

Windows 2000 / XP işletim sistemine sahip bilgisayar kontrollü kumanda panelleri ile müşteri- ölçüm bilgileri saklanabilmekte, eski ölçümler ve yeni yapılan ölçüm raporları karşılaştırılabilmektedir.

Fren kuvveti - fren hava basınç grafikleri otomatik olarak ölçülüp, raporlama işlemleri

gerçekleştirilebilmektedir.

Gerektiğinde ölçüm bilgileri ağ bağlantısı ile diğer bilgisayar sistemlerine aktarmak mümkündür.

Statik veya dinamik ağırlık ölçümleri ile frenleme değerleri hatasız olarak ölçülebilmekte, aracın güvenli fren sistemine sahip olup olmadığı kontrol edilebilmektedir.



Şekil 5.3 Fren performans test cihazı.

Fren performans testi ve sonuçları ;

Araç bilgileri fren test cihazından seçildikten sonra , araç çalışır vaziyette, önce ön

tekerlekler, silindir platform üzerine yerleştirilir. Test işlemini başlatmak için cihazda start düğmesine basıldıktan sonra, aracın frenine sonuna kadar basılır. Bu sırada cihaz ön frenlerin performans testini gerçekleştirmektedir. İşlem bitiminde cihazdan gelen siren sesi ile aynı işlem arka tekerlekler içinde uygulanır. Çalışma ekranının sağ tarafında test edilen dingil gösterilir. Arka tekerlekler platform üzerinde iken el freni de kademeli olarak çekilerek cihazın ölçümü sağlanır.

Performans testi sonucu aracın ön ve arka aks üzerindeki frenleme performansı ile el freni performans testi tamamlanmış olmaktadır. Sistem istenildiği takdirde printer çıktısı ile olması gereken değerlere göre bir karşılaştırma tablosu vermektedir.

Test düzeni sırasında, ovallik testi yapmakta mümkündür. Fren, beklenen fren kuvvetinin yaklaşık yarısı kadar uygulanır. Daha sonra “start” tuşuna basılır. Ovallik testi başlamış olur. Test esnasında pedal gücü sabit tutulur. Testin sonunda sinyal verilir verilmez ovallik sembolü söner ve frene sonuna kadar basılır.

Test sonrasında ölçülen değerler;

Frenleme kuvveti			
	Sol	Sağ	Fark
Ön aks :	3,42 kN	3,33 kN	% 3
El freni :	1,51 kN	1,60 kN	% 6
Arka aks:	2,04 kN	2,02 kN	% 1

Ayak freni : % 94 total performans

Sağ ve sol aksta ki frenleme % farkının, % 30 ‘u geçmemesi gerekmektedir. Optimum frenleme şartı olan bir araçta bu frenleme % farklarının 0 olması beklenmektedir.

### **5.3 Farklı Marka Otomobillerde Değişik Yüklerde Yapılan Platformlu Fren Testleri ve Değerlendirilmesi**

Örnek 1 : Hyundai Era      Örnek 2 : Nissan Note      Örnek 3 : Hyundai Accent

Fren performans testi otomobillerin, sol ön koltuğunda oturan sabit bir kişi ile gerçekleştirilmektedir. Kişinin frene basış hızı, fren kuvvetlerini etkileyeceğinden, hata oranını en aza indirmek için uygulanan her test 10 defa tekrarlanarak, ortalama bir fren kuvveti değeri belirlenmiştir.

### 5.3.1 Örnek 1 ile Yapılan Fren Testleri

Otomobil özellikleri ; Boş Ağırlık : 1205 kg

Sol ön koltuk otomobil test sürücüsü ile : 1298 kg

Aracın boş ağırlığı, aracı kullanacak sabit biri olması gerekliliğinden, 1298 kg alınmaktadır.

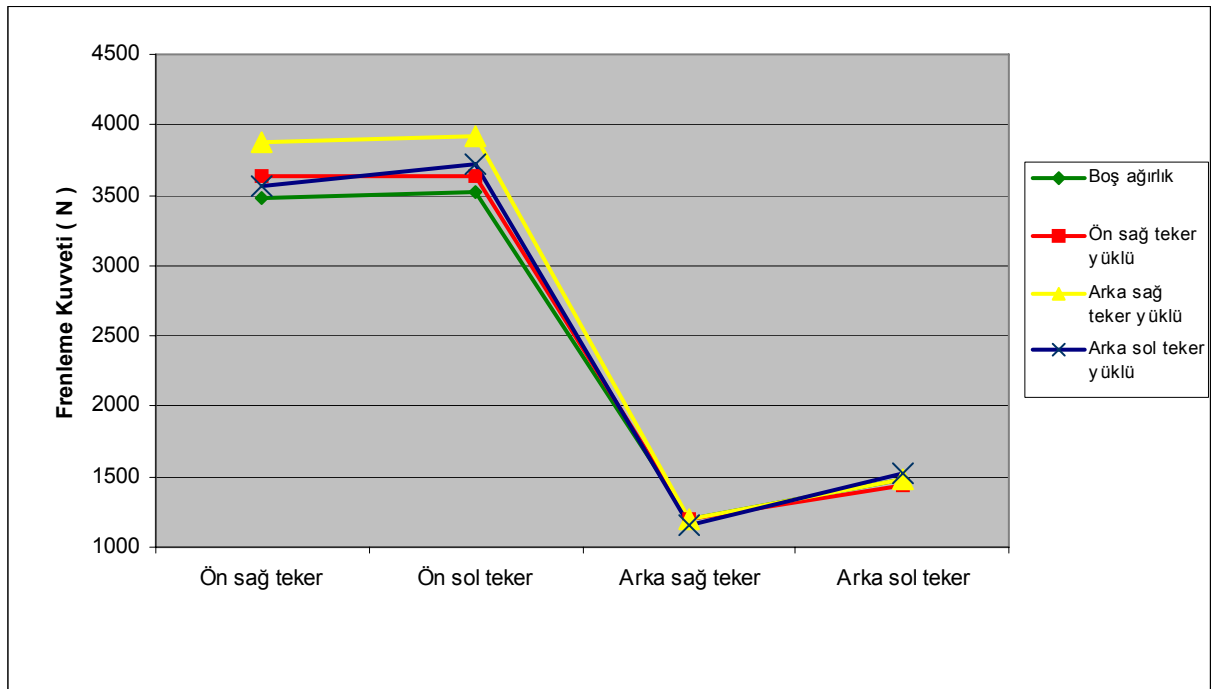
Model : 2006 Km : 400 km Motor : 1,5 dizel

Araç uzunluğu : 2500 mm ( Dingil Mesafesi )

Eni : 1470 mm ( İz genişliği )

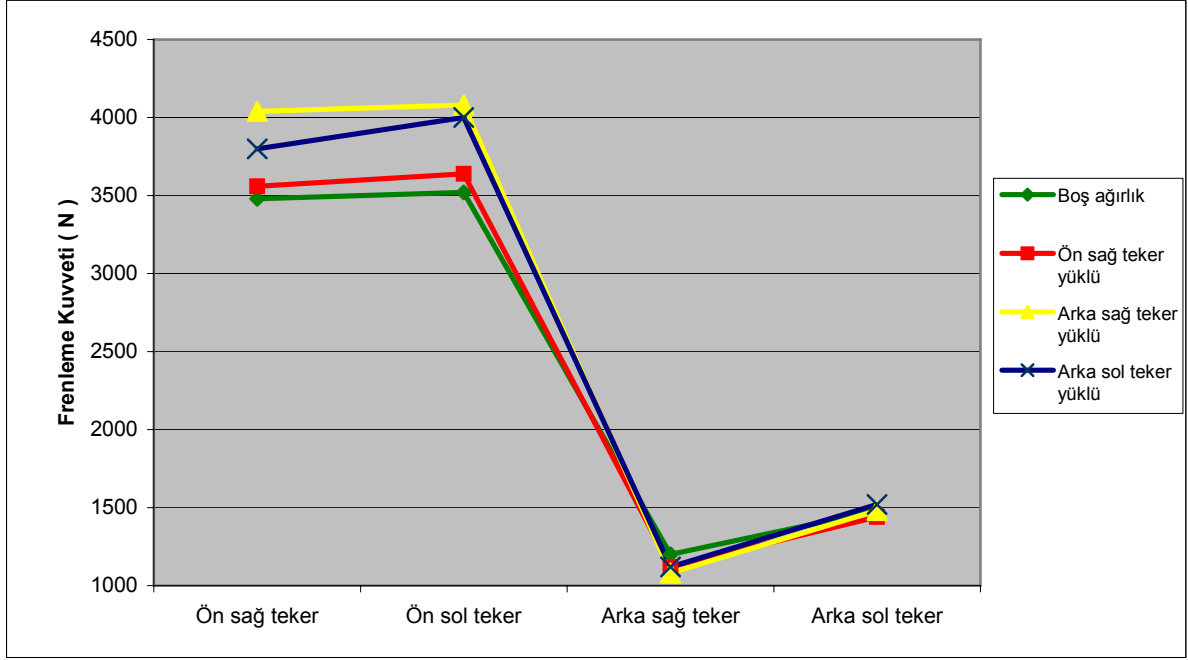
Araca boş ağırlığında , 50 kg, 100 kg ve 150 kg' lık farklı yükler ile, her yük ön sağ, arka sağ ve arka sol tekerleklere etki edecek şekilde uygulanarak testler gerçekleştirilmiştir.

FRENLEME KUVVETLERİ ( Newton)	Boş ağırlık ile	Ön sağ teker yükü	Arka sağ teker yükü	Arka sol teker yükü
Ön sağ teker	3480	3640	3880	3560
Ön sol teker	3520	3640	3920	3720
Arka sağ teker	1200	1200	1200	1160
Arka sol teker	1480	1440	1480	1520



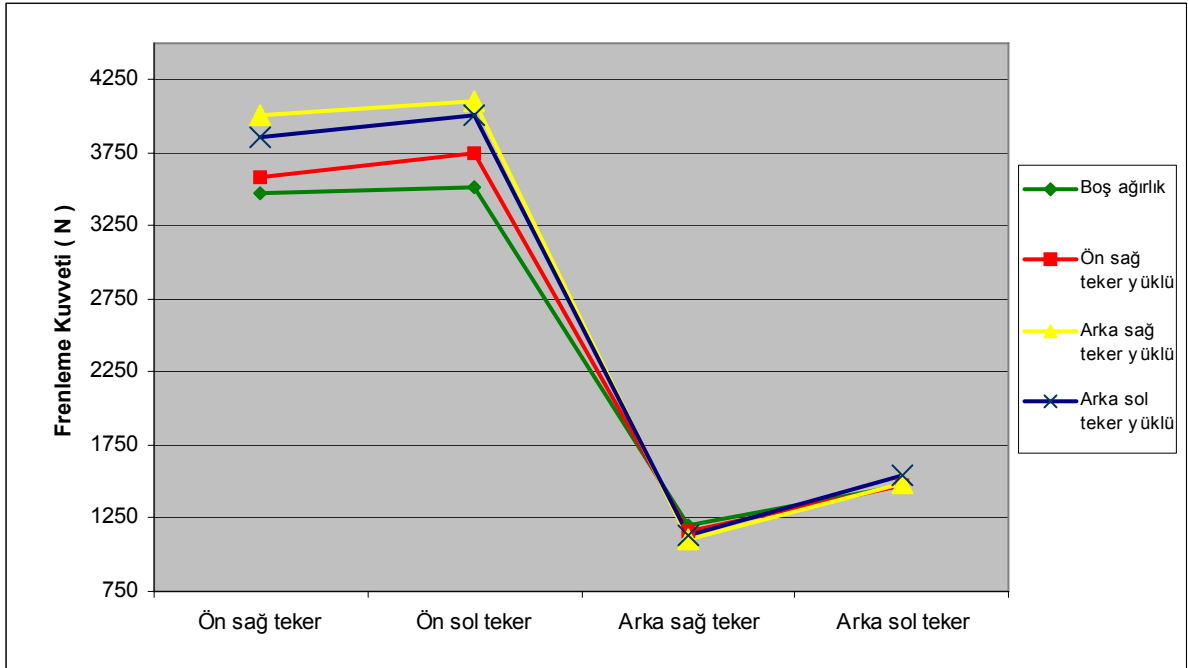
Şekil 5.4 Örnek 1 marka otomobil ile 50 kg yüklenerek yapılan fren testi.

FRENLEME KUVVETLERİ ( Newton)	Boş ağırlık ile	Ön sağ teker yükü	Arka sağ teker yükü	Arka sol teker yükü
Ön sağ teker	3480	3560	4040	3800
Ön sol teker	3520	3640	4080	4000
Arka sağ teker	1200	1120	1080	1120
Arka sol teker	1480	1440	1480	1520



Şekil 5.5 Örnek 1 marka otomobil ile 100 kg yüklenecek yapılan fren testi.

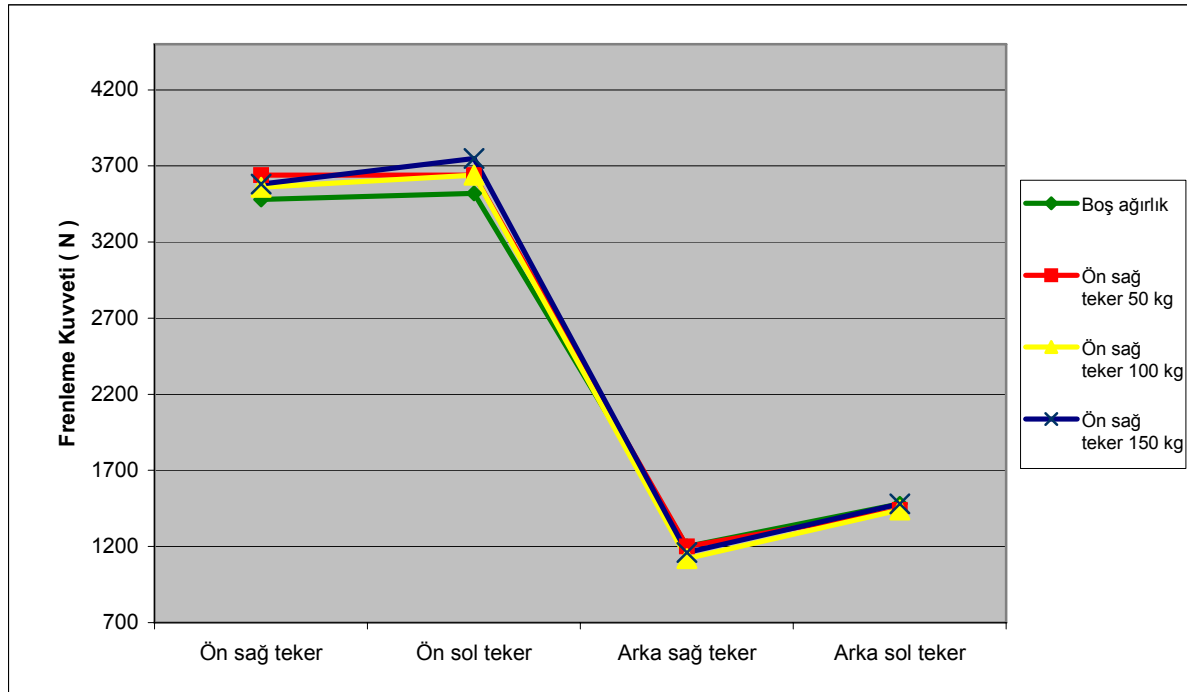
FRENLEME KUVVETLERİ ( Newton)	Boş ağırlık ile	Ön sağ teker yükü	Arka sağ teker yükü	Arka sol teker yükü
Ön sağ teker	3480	3580	4010	3850
Ön sol teker	3520	3750	4100	4010
Arka sağ teker	1200	1160	1110	1140
Arka sol teker	1480	1480	1490	1540



Şekil 5.6 Örnek 1 marka otomobil ile 150 kg yüklenecek yapılan fren testi.

Tekerleklere uygulanan yüklerin değişimine bağlı olarak , frenleme kuvveti değişimlerini inceleyecek olursak ;

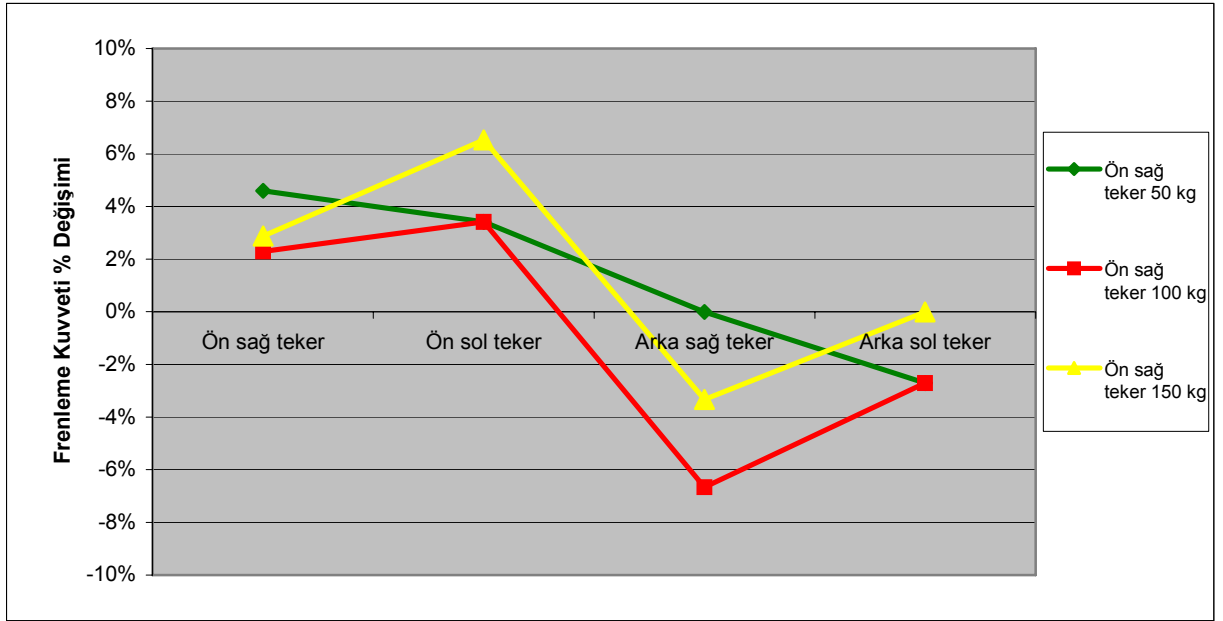
<b>FRENLEME KUVVETLERİ ( Newton)</b>	<b>Boş ağırlık ile</b>	<b>Ön sağ teker 50 kg</b>	<b>Ön sağ teker 100 kg</b>	<b>Ön sağ teker 150 kg</b>
<b>Ön sağ teker</b>	3480	3640	3560	3580
<b>Ön sol teker</b>	3520	3640	3640	3750
<b>Arka sağ teker</b>	1200	1200	1120	1160
<b>Arka sol teker</b>	1480	1440	1440	1480



Şekil 5.7 Örnek 1 marka otomobilin sağ ön tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık yükler sonucu tüm tekerleklerdeki frenleme kuvvetleri ve değişimleri.

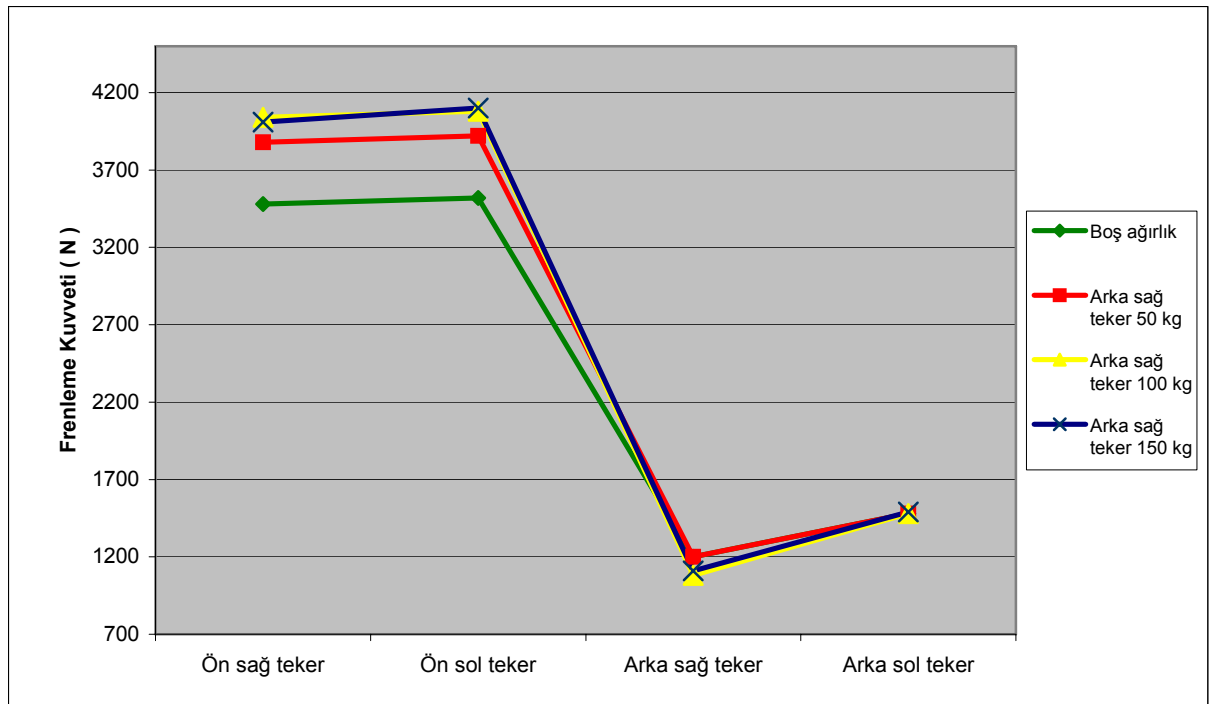
Tekerlek üzerine uygulanan yükün artması ile mevcut frenleme kuvvetinin arttığı da görülmektedir. Aracın yük uygulanmış durumundaki frenleme kuvvetinin boş ağırlığı durumundaki frenleme kuvvetine göre % değişimleri de incelenmiştir.

FRENLEME KUVVETİ DEĞİŞİMİ ( % )	Ön sağ teker 50 kg	Ön sağ teker 100 kg	Ön sağ teker 150 kg
Ön sağ teker	4,60%	2,30%	2,87%
Ön sol teker	3,41%	3,41%	6,53%
Arka sağ teker	0,00%	-6,67%	-3,33%
Arka sol teker	-2,70%	-2,70%	0,00%



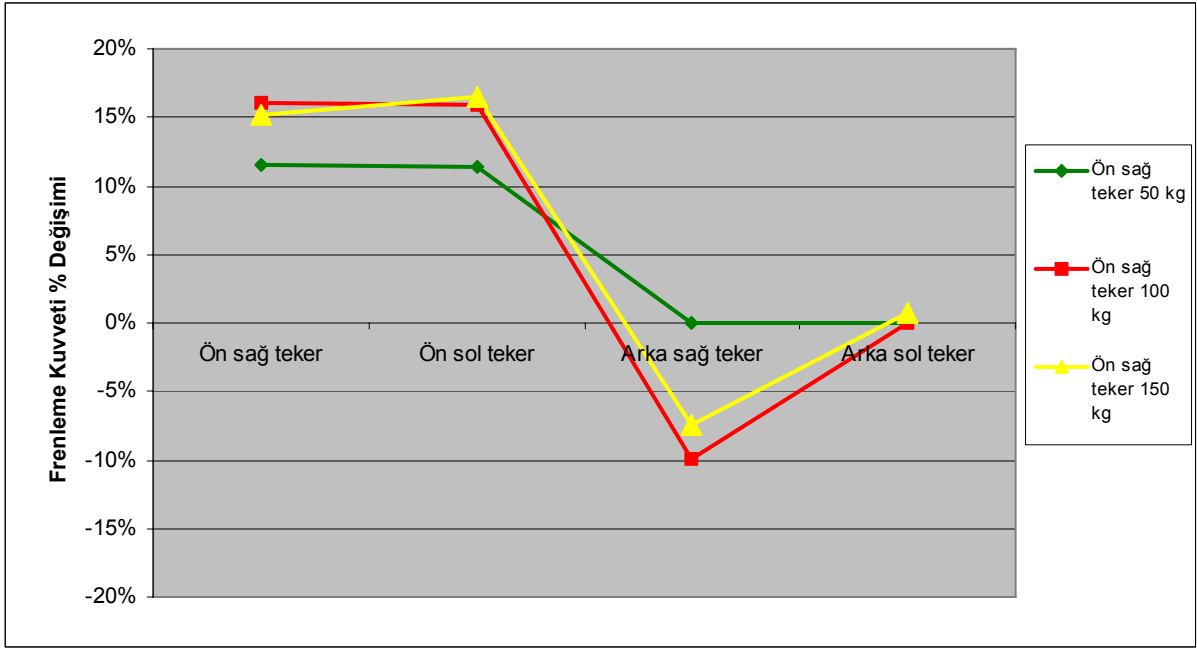
Şekil 5.8 Örnek 1 marka otomobilin sağ ön tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg'lık yükler sonucu frenleme kuvvetinin, aracın boş durumdaki frenleme kuvvetine göre % değişimi.

FRENLEME KUVVETLERİ ( Newton)	Boş ağırlık	Arka sağ teker 50 kg	Arka sağ teker 100 kg	Arka sağ teker 150 kg
Ön sağ teker	3480	3880	4040	4010
Ön sol teker	3520	3920	4080	4100
Arka sağ teker	1200	1200	1080	1110
Arka sol teker	1480	1480	1480	1490



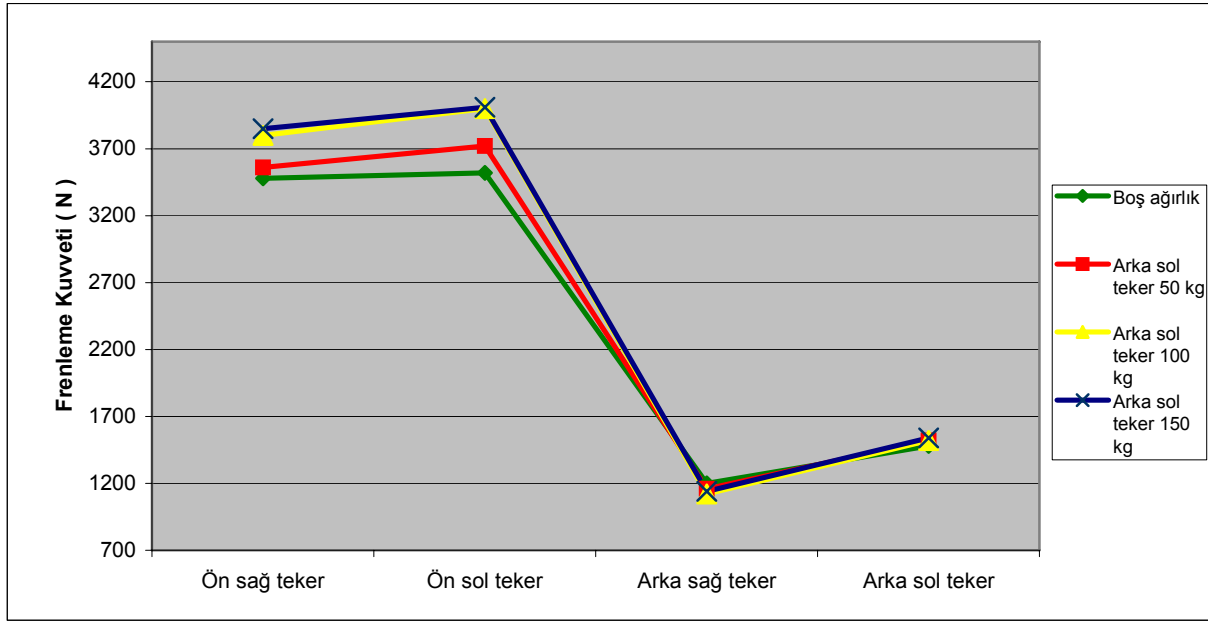
Şekil 5.9 Örnek 1 marka otomobilin sağ arka tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık yükler sonucu tüm tekerleklerdeki frenleme kuvvetleri ve değişimleri.

FRENLEME KUVVETİ DEĞİŞİMİ ( % )	Arka sağ teker 50 kg	Arka sağ teker 100 kg	Arka sağ teker 150 kg
Ön sağ teker	11,49%	16,09%	15,23%
Ön sol teker	11,36%	15,91%	16,48%
Arka sağ teker	0,00%	-10,00%	-7,50%
Arka sol teker	0,00%	0,00%	0,68%



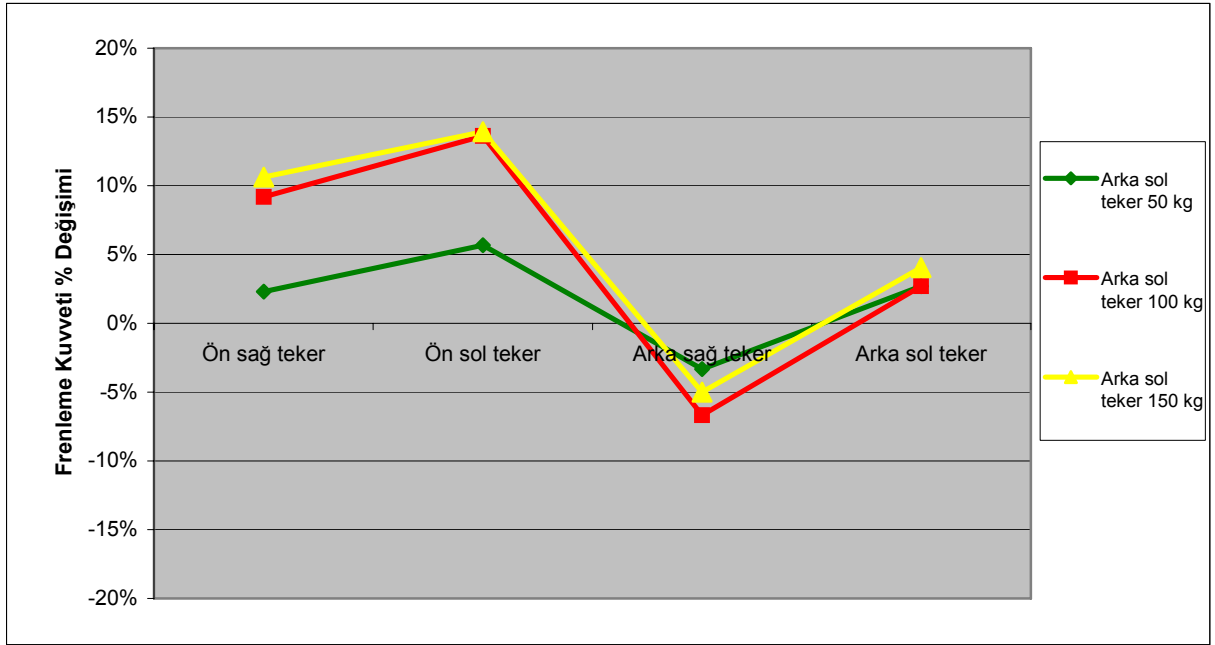
Şekil 5.10 Örnek 1 marka otomobilin sağ arka tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık yükler sonucu frenleme kuvvetinin, aracın boş durumundaki frenleme kuvvetine göre % değişimi.

FRENLEME KUVVETLERİ ( Newton)	Boş ağırlık	Arka sol teker 50 kg	Arka sol teker 100 kg	Arka sol teker 150 kg
Ön sağ teker	3480	3560	3800	3850
Ön sol teker	3520	3720	4000	4010
Arka sağ teker	1200	1160	1120	1140
Arka sol teker	1480	1520	1520	1540



Şekil 5.11 Örnek 1 marka otomobilin sol arka tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık yükler sonucu tüm tekerleklerdeki frenleme kuvvetleri ve değişimleri.

<b>FRENLEME KUVVETİ DEĞİŞİMİ ( % )</b>	<b>Arka sol teker 50 kg</b>	<b>Arka sol teker 100 kg</b>	<b>Arka sol teker 150 kg</b>
<b>Ön sağ teker</b>	2,30%	9,20%	10,63%
<b>Ön sol teker</b>	5,68%	13,64%	13,92%
<b>Arka sağ teker</b>	-3,33%	-6,67%	-5,00%
<b>Arka sol teker</b>	2,70%	2,70%	4,05%



Şekil 5.12 Örnek 1 marka otomobilin sol arka tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık yükler sonucu frenleme kuvvetinin, aracın boş durumundaki frenleme kuvvetine göre % değişimi.

Ayrıca her tekerleğe uygulanan ayrı yük durumunda göre, aracın ağırlık merkezi değişimleri de aşağıdaki grafiklerde ifade edilmektedir.

**Örnek 1 'in boş ağırlığında ;**

Sol ön aksa gelen ağırlık ; 443 kg

Sağ ön aksa gelen ağırlık ; 383 kg

Sol arka aksa gelen ağırlık ; 248 kg

Sağ arka aksa gelen ağırlık ; 225 kg 'dır.

Aracın toplam ağırlığı ; 1298 kg

Aracın boş iken ağırlık merkezinin belirlenmesi ;

$$(443+383) * 2500 = 1298 * (2500-x) \text{ ise } x = 910 \text{ cm}$$

$$(383+225) * 1470 = 1298 * y \text{ ise } y = 688 \text{ cm}$$

**Örnek 1 sol arka tekerlek 50 kg yüklü ;**

Sol ön aksa gelen ağırlık ; 451 kg

Sağ ön aksa gelen ağırlık ; 383 kg

Sol arka aksa gelen ağırlık ; 270 kg

Sağ arka aksa gelen ağırlık ; 240 kg 'dır.

Aracın toplam ağırlığı ; 1343 kg

$$(451+383) * 2500 = 1343 * (2500-x) \text{ ise } x = 947 \text{ cm}$$

$$(383+240) * 1470 = 1343 * y \text{ ise } y = 682 \text{ cm}$$

**Örnek 1 sağ arka tekerlek 50 kg yüklü ;**

Sol ön aksa gelen ağırlık ; 435 kg

Sağ ön aksa gelen ağırlık ; 398 kg

Sol arka aksa gelen ağırlık ; 262 kg

Sağ arka aksa gelen ağırlık ; 248 kg 'dır.

Aracın toplam ağırlığı ; 1343 kg

$$(435+398) * 2500 = 1343 * (2500-x) \text{ ise } x = 949 \text{ cm}$$

$$(398+248) * 1470 = 1343 * y \text{ ise } y = 707 \text{ cm}$$

**Örnek 1 sağ ön tekerlek 50 kg yüklü ;**

Sol ön aksa gelen ağırlık ; 443 kg

Sağ ön aksa gelen ağırlık ; 405 kg

Sol arka aksa gelen ağırlık ; 255 kg

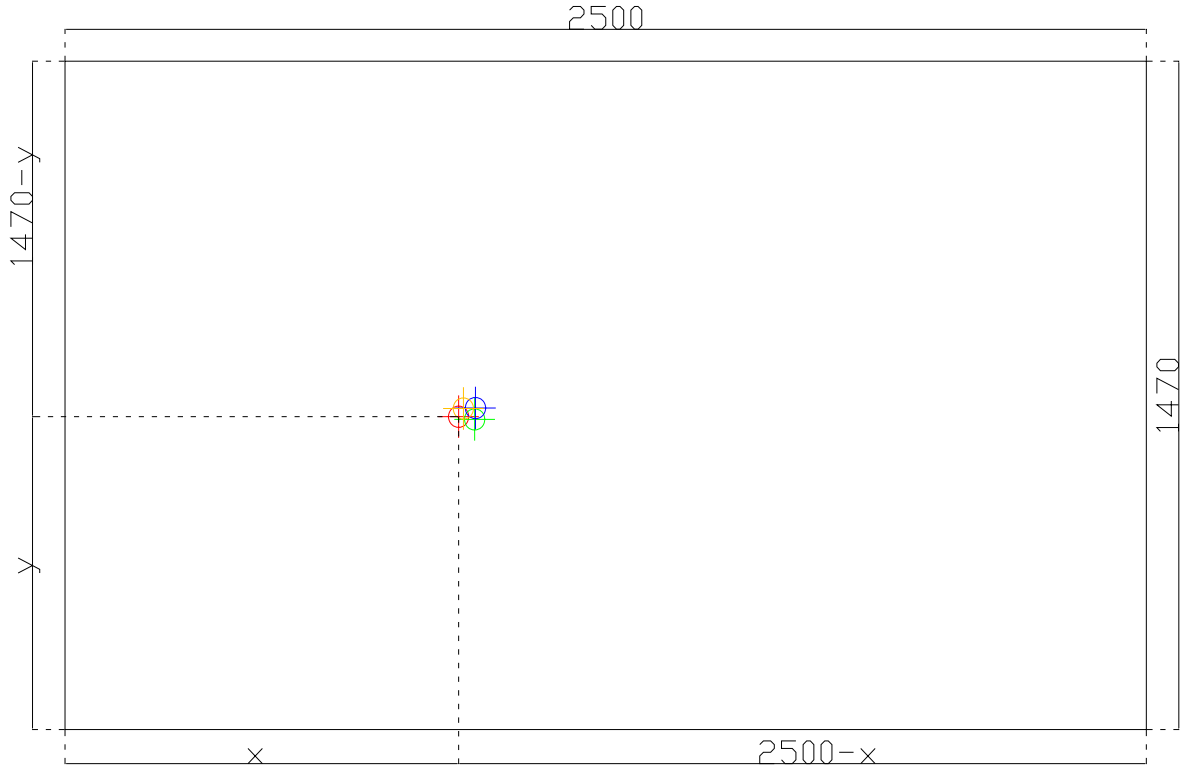
Sağ arka aksa gelen ağırlık ; 240 kg 'dır.

Aracın toplam ağırlığı ; 1343 kg

Aracın boş iken ağırlık merkezinin belirlenmesi ;

$$(443+405) * 2500 = 1343 * (2500-x) \text{ ise } x = 921 \text{ cm}$$

$(405+240) * 1470 = 1343 * y$  ise  $y = 706$  cm olarak ağırlık merkez noktaları tespit edilmiştir.

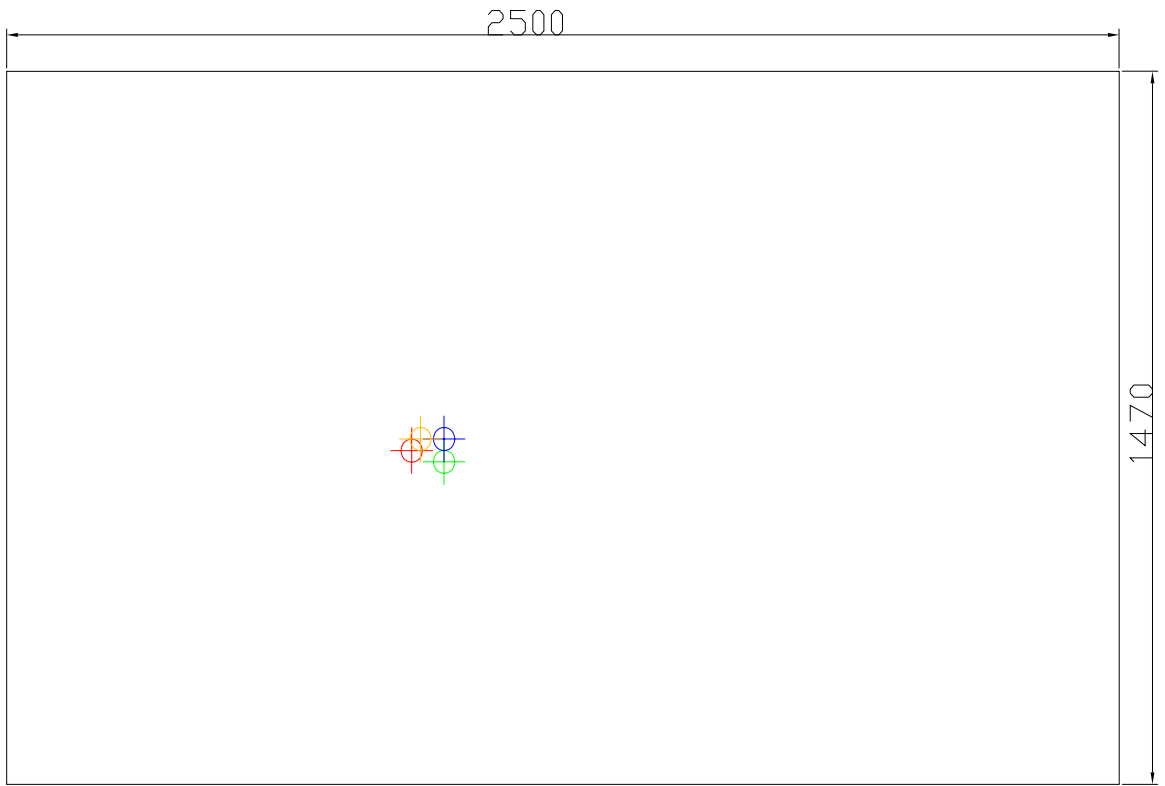


Şekil 5.13 Örnek 1 için aracın boş ağırlığı, sağ ön, arka ve sol arka tekerleğe 50 kg lık yük uygulanması durumunda ağırlık merkezinin yerleri.

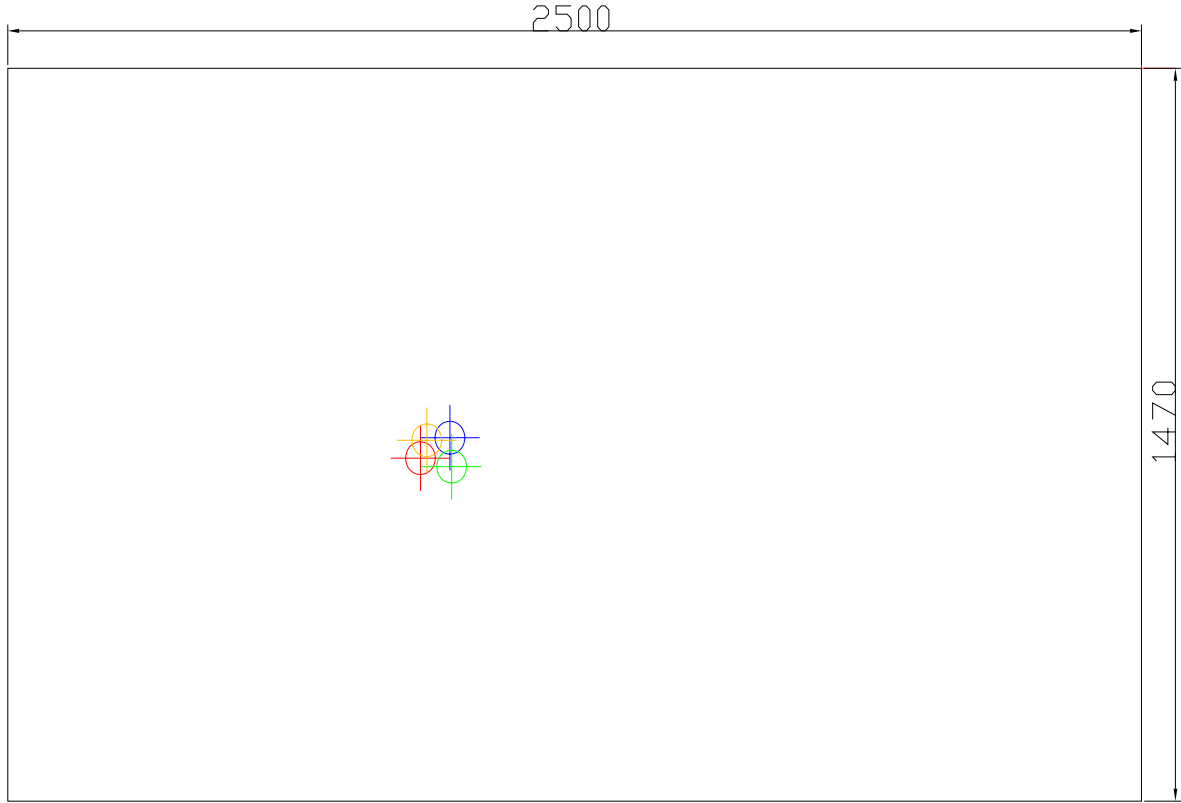
Şekil 5.13 'de aracın iki dingil mesafesi uzunluğu 2500 mm, genişliği ise 1470 mm 'dir. Şekilde ki kırmızı renk ile ifade edilen nokta aracın boş ağırlığı esnasında belirlenen ağırlık

merkezidir. Yeşil renk aracın sol arka tekerleğine eklenen 50 kg lık yük sonrası değişen ağırlık merkezi yerini ifade eder. Mavi renk aracın arka sağ tekerleğine 50 kg lık yük uygulanması sonrası ağırlık merkezidir. Turuncu renk ise aracın sağ ön tekerleğine 50 kg lık yük uygulanması sonucu aracın ağırlık merkezidir. Aracın boş iken ağırlık merkezini, x yönünde 910 cm sağda, y yönünde de 688 cm yukarıda belirlenen kırmızı nokta ifade etmektedir. Uygulanan 50 kg yüke göre akslardaki yük dağılımı değiştiğinden, otomobilin ağırlık merkezi de değişmektedir.

Sayfanın sağında kalan kısım aracın arka dingilini , solunda kalan kısım ise ön dingili ifade etmektedir.



Şekil 5.14 Örnek 1 için aracın boş ağırlığı, sağ ön, arka ve sol arka tekerleğe 100 kg lık yük uygulanması durumunda ağırlık merkezinin yerleri.



Şekil 5.15 Örnek 1 için aracın boş ağırlığı, sağ ön, arka ve sol arka tekerleğe 150 kg lık yük uygulanması durumunda ağırlık merkezinin yerleri.

### 5.3.2 Örnek 2 ile Yapılan Fren Testleri

Otomobil özellikleri ; Boş Ağırlık : 1131 kg

Sol ön koltuk otomobil test sürücüsü ile : 1220 kg

Aracın boş ağırlığı, aracı kullanacak sabit biri olması gerekliliğinden, 1220 kg alınmaktadır.

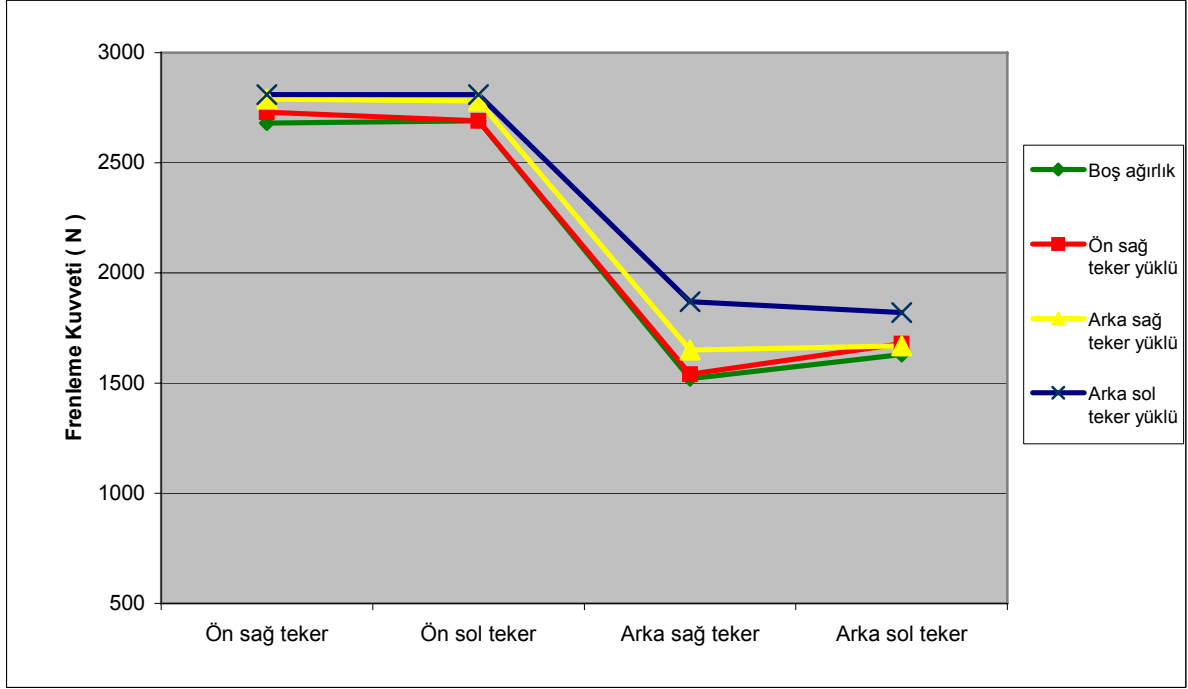
Model : 2006 Km : 4650 km Motor : 1,6 benzinli otomatik

Araç uzunluğu : 2600 mm ( Dingil Mesafesi )

Eni : 1460 mm ( İz genişliği )

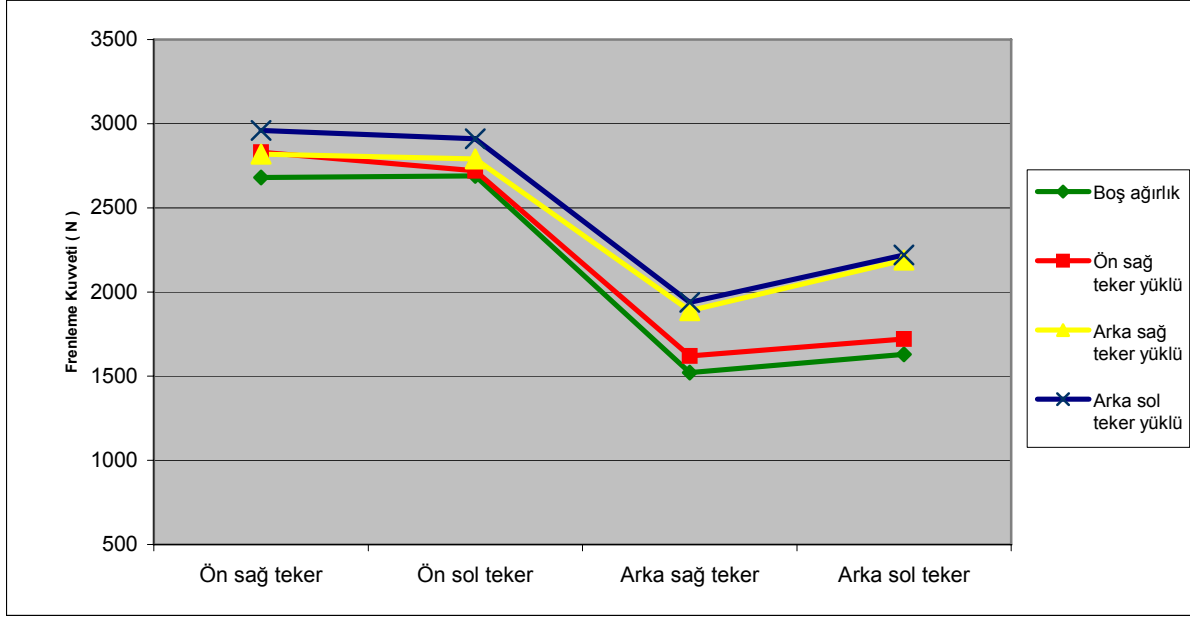
Araca boş ağırlığında , 50 kg, 100 kg ve 150 kg lık farklı yüklerde her yük ön sağ, arka sağ ve arka sol tekerleklere etki edecek şekilde uygulanarak testler gerçekleştirilmiştir.

FRENLEME KUVVETLERİ ( Newton)	Boş ağırlık ile	Ön sağ teker yükü	Arka sağ teker yükü	Arka sol teker yükü
Ön sağ teker	2680	2730	2790	2810
Ön sol teker	2690	2690	2780	2810
Arka sağ teker	1520	1540	1650	1870
Arka sol teker	1630	1680	1670	1820



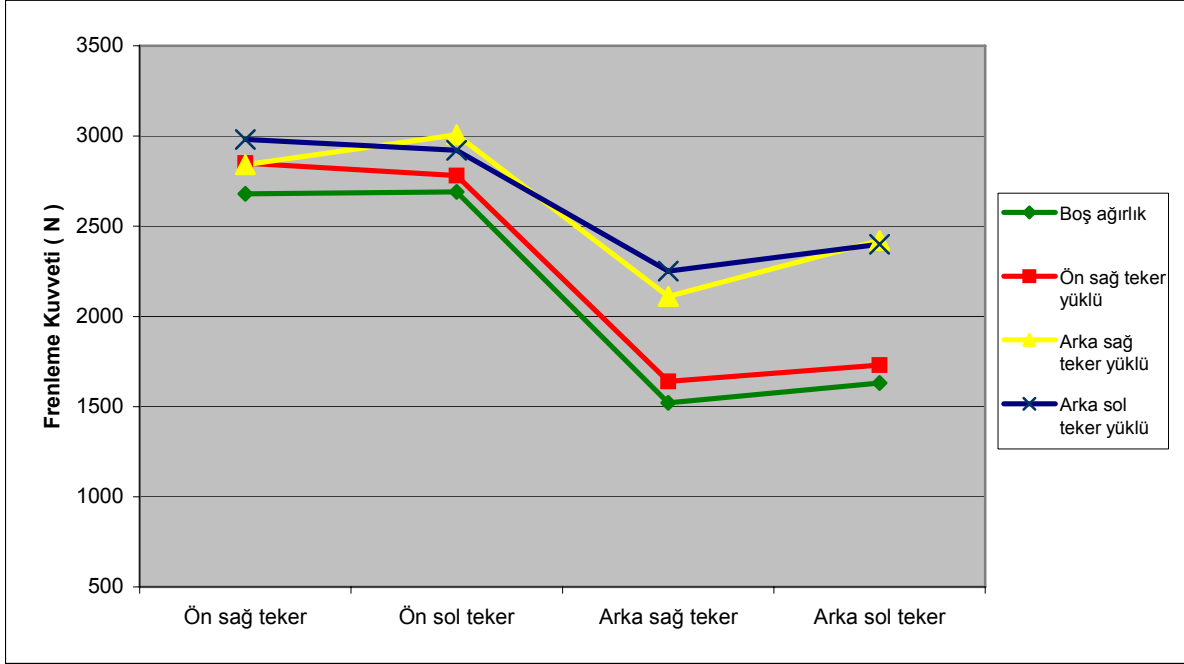
Şekil 5.16 Örnek 2 marka otomobil ile 50 kg yüklenerek yapılan fren testi.

FRENLEME KUVVETLERİ ( Newton)	Boş ağırlık ile	Ön sağ teker yükü	Arka sağ teker yükü	Arka sol teker yükü
Ön sağ teker	2680	2830	2820	2960
Ön sol teker	2690	2720	2790	2910
Arka sağ teker	1520	1620	1890	1940
Arka sol teker	1630	1720	2190	2220



Şekil 5.17 Örnek 2 marka otomobil ile 100 kg yüklenerek yapılan fren testi.

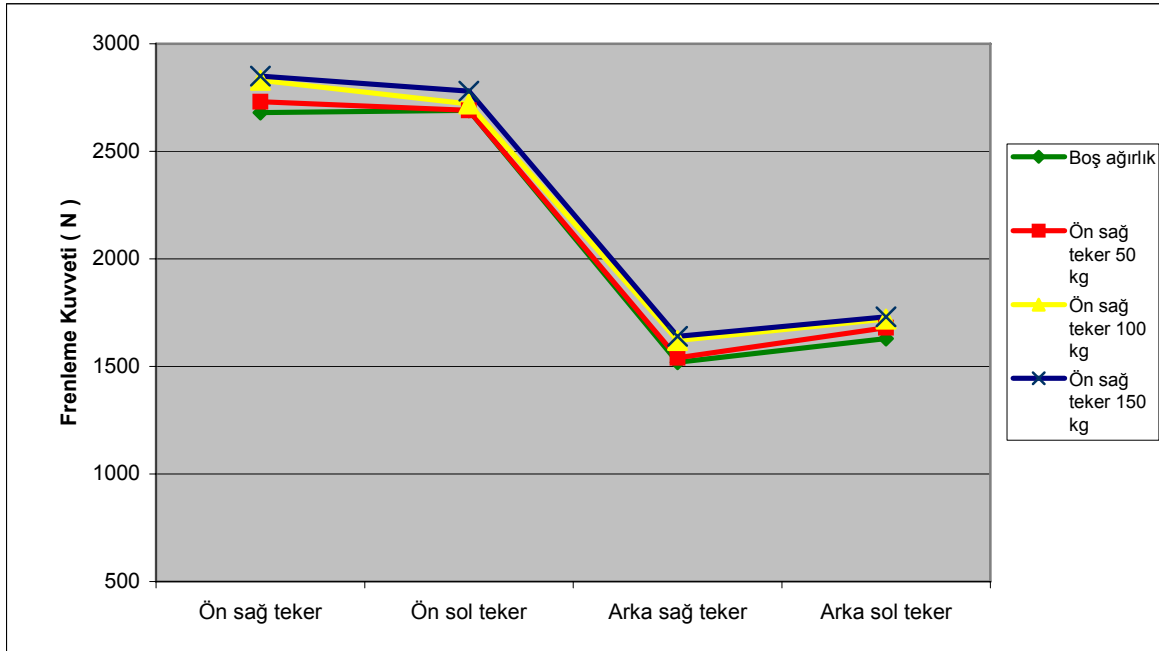
FRENLEME KUVVETLERİ ( Newton)	Boş ağırlık ile	Ön sağ teker yükü	Arka sağ teker yükü	Arka sol teker yükü
Ön sağ teker	2680	2850	2840	2980
Ön sol teker	2690	2780	3007	2920
Arka sağ teker	1520	1640	2110	2250
Arka sol teker	1630	1730	2420	2400



Şekil 5.18 Örnek 2 marka otomobil ile 150 kg yüklenerek yapılan fren testi.

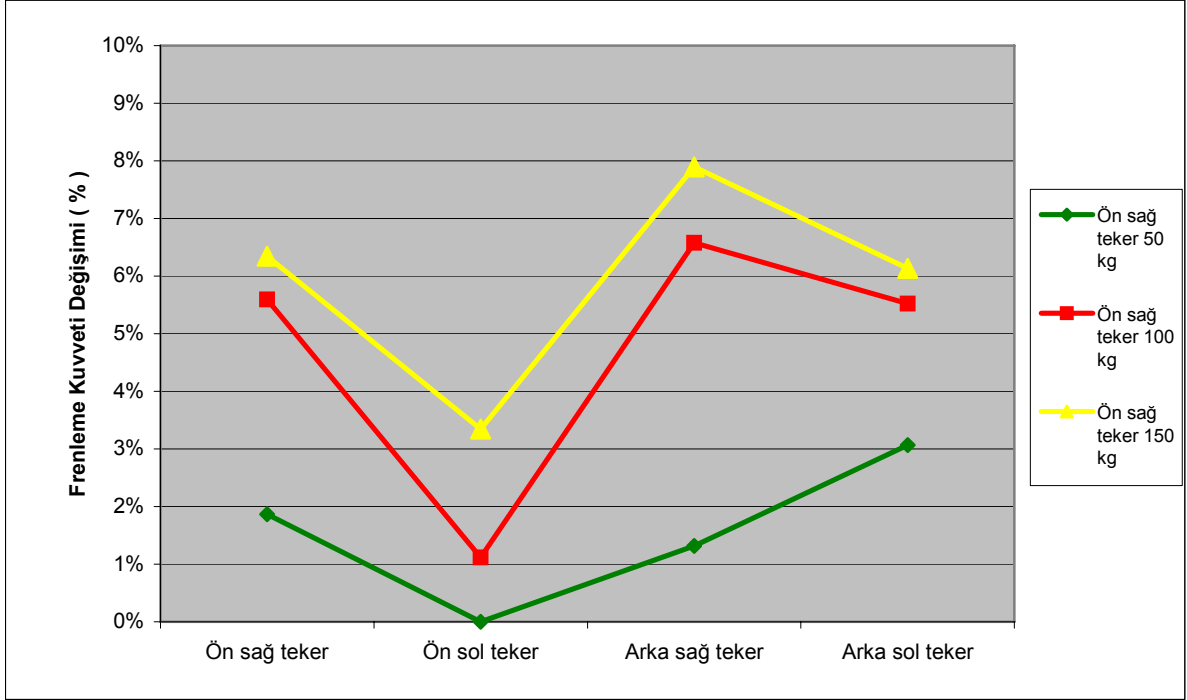
Tekerleklere uygulanan yüklerin değişimine bağlı olarak , frenleme kuvveti değişimlerini inceleyecek olursak ;

<b>FRENLEME KUVVETLERİ ( Newton)</b>	<b>Boş ağırlık</b>	<b>Ön sağ teker 50 kg</b>	<b>Ön sağ teker 100 kg</b>	<b>Ön sağ teker 150 kg</b>
<b>Ön sağ teker</b>	2680	2730	2830	2850
<b>Ön sol teker</b>	2690	2690	2720	2780
<b>Arka sağ teker</b>	1520	1540	1620	1640
<b>Arka sol teker</b>	1630	1680	1720	1730



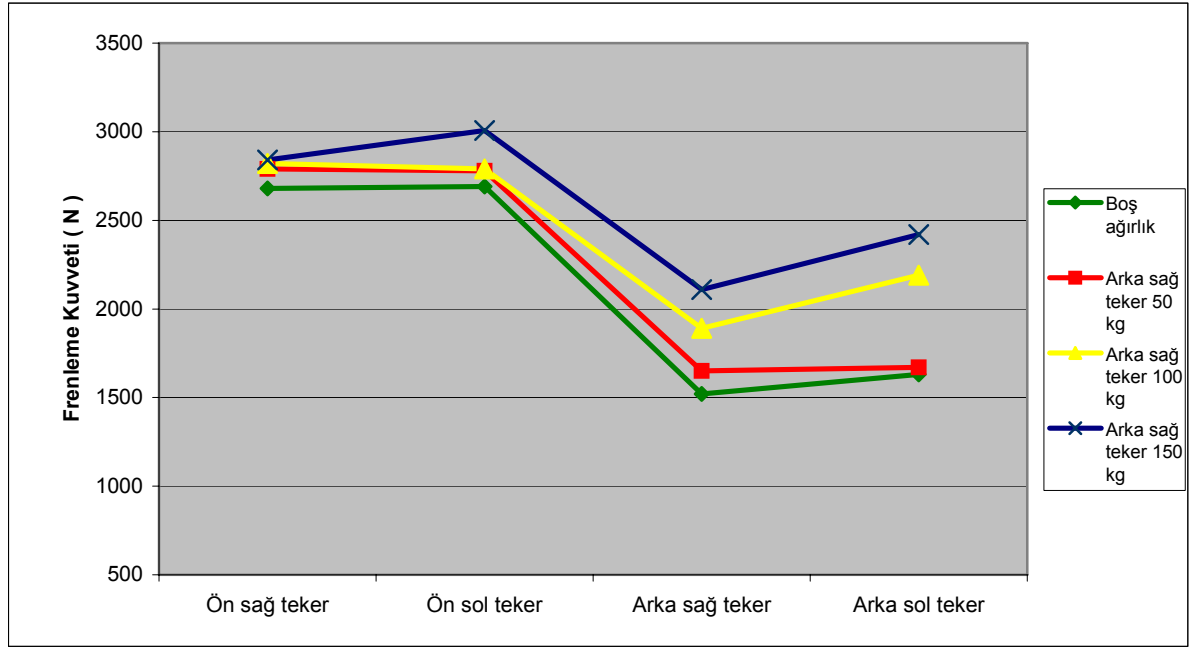
Şekil 5.19 Örnek 2 marka otomobilin sağ ön tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık yükler sonucu tüm tekerleklerdeki frenleme kuvvetleri ve değişimleri.

FRENLEME KUVVETLERİ DEĞİŞİMİ ( % )	Ön sağ teker 50 kg	Ön sağ teker 100 kg	Ön sağ teker 150 kg
Ön sağ teker	2%	6%	6%
Ön sol teker	0%	1%	3%
Arka sağ teker	1%	7%	8%
Arka sol teker	3%	6%	6%



Şekil 5.20 Örnek 2 marka otomobilin sağ ön tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg'lık yükler sonucu frenleme kuvvetinin, aracın boş durumdaki frenleme kuvvetine göre % değişimi.

FRENLEME KUVVETLERİ ( Newton)	Boş ağırlık	Arka sağ teker 50 kg	Arka sağ teker 100 kg	Arka sağ teker 150 kg
Ön sağ teker	2680	2790	2820	2840
Ön sol teker	2690	2780	2790	3007
Arka sağ teker	1520	1650	1890	2110
Arka sol teker	1630	1670	2190	2420



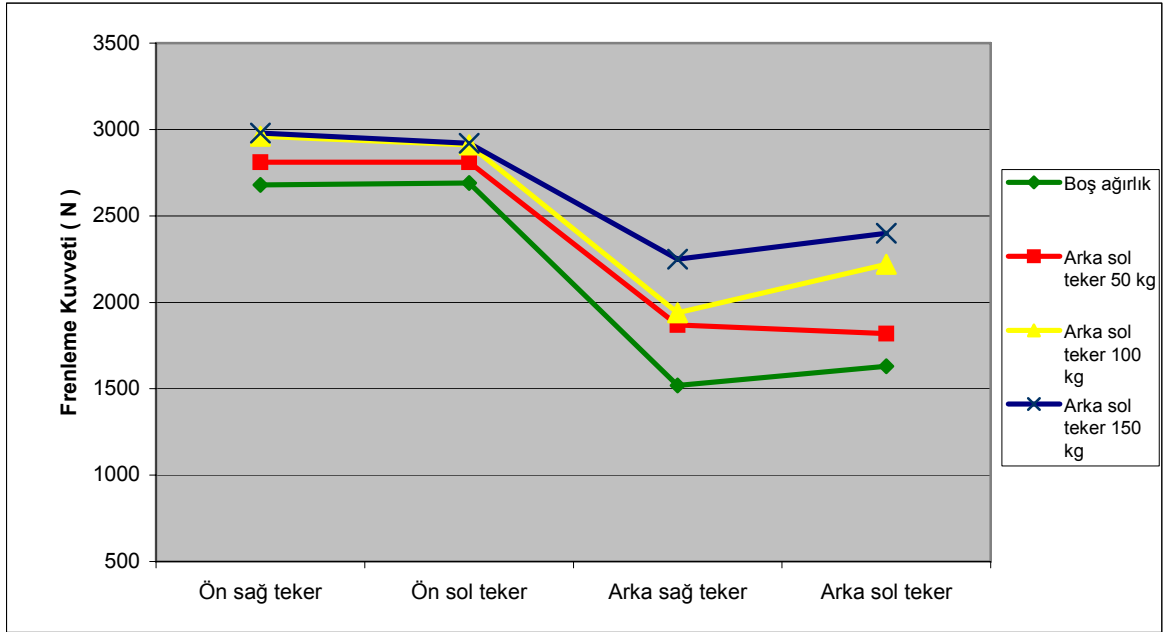
Şekil 5.21 Örnek 2 marka otomobilin sağ arka tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık yükler sonucu tüm tekerleklerdeki frenleme kuvvetleri ve değişimleri.

<b>FRENLEME KUVVETLERİ DEĞİŞİMİ ( % )</b>	<b>Arka sağ teker 50 kg</b>	<b>Arka sağ teker 100 kg</b>	<b>Arka sağ teker 150 kg</b>
<b>Ön sağ teker</b>	4%	5%	6%
<b>Ön sol teker</b>	3%	4%	12%
<b>Arka sağ teker</b>	9%	24%	39%
<b>Arka sol teker</b>	2%	34%	48%



Şekil 5.22 Örnek 2 marka otomobilin sağ arka tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık yükler sonucu frenleme kuvvetinin, aracın boş durumundaki frenleme kuvvetine göre % değişimi.

FRENLEME KUVVETLERİ ( Newton)	Boş ağırlık	Arka sol teker 50 kg	Arka sol teker 100 kg	Arka sol teker 150 kg
Ön sağ teker	2680	2810	2960	2980
Ön sol teker	2690	2810	2910	2920
Arka sağ teker	1520	1870	1940	2250
Arka sol teker	1630	1820	2220	2400



Şekil 5.23 Örnek 2 marka otomobilin sol arka tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık yükler sonucu tüm tekerleklerdeki frenleme kuvvetleri ve değişimleri.

FRENLEME KUVVETLERİ DEĞİŞİMİ ( % )	Arka sol teker 50 kg	Arka sol teker 100 kg	Arka sol teker 150 kg
Ön sağ teker	5%	10%	11%
Ön sol teker	4%	8%	9%
Arka sağ teker	23%	28%	48%
Arka sol teker	12%	36%	47%



Şekil 5.24 Örnek 2 marka otomobilin sol arka tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık yükler sonucu frenleme kuvvetinin, aracın boş durumdaki frenleme kuvvetine göre % değişimi.

### 5.3.3 Örnek 3 ile Yapılan Fren Testleri

Otomobil özellikleri ; Boş Ağırlık : 1102 kg

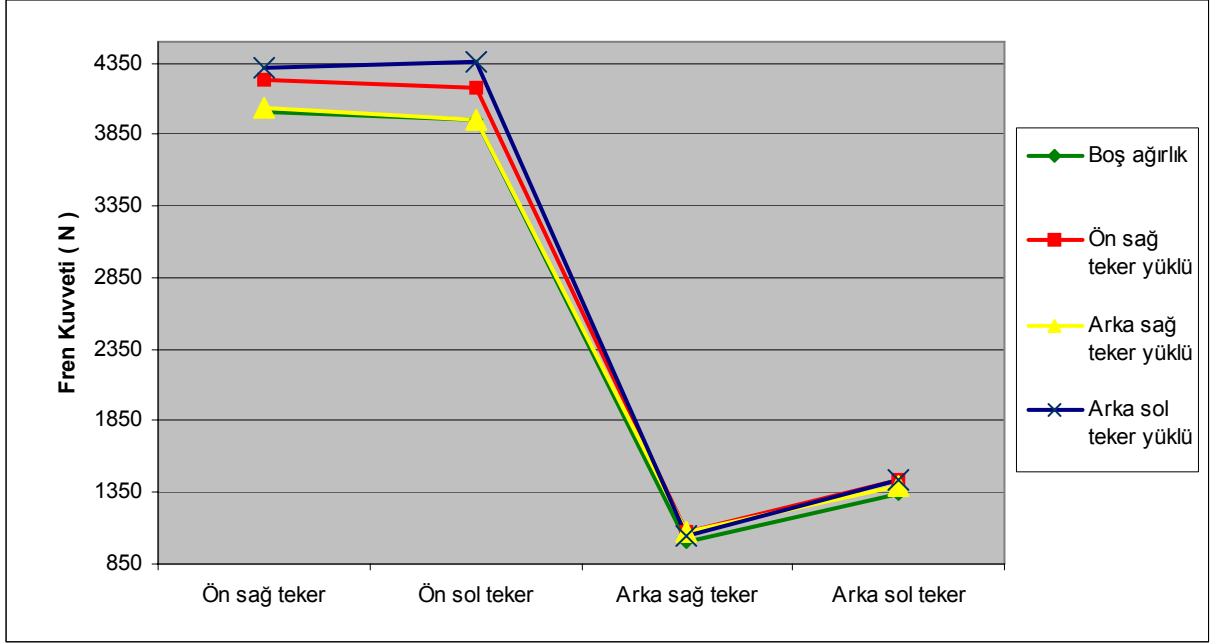
Sol ön koltuk otomobil test sürücüsü ile : 1195 kg

Aracın boş ağırlığı, aracı kullanacak sabit biri olması gerekliliğinden, 1195 kg alınmaktadır.

Model : 2005 Km : 4000 km Motor : 1,5 dizel

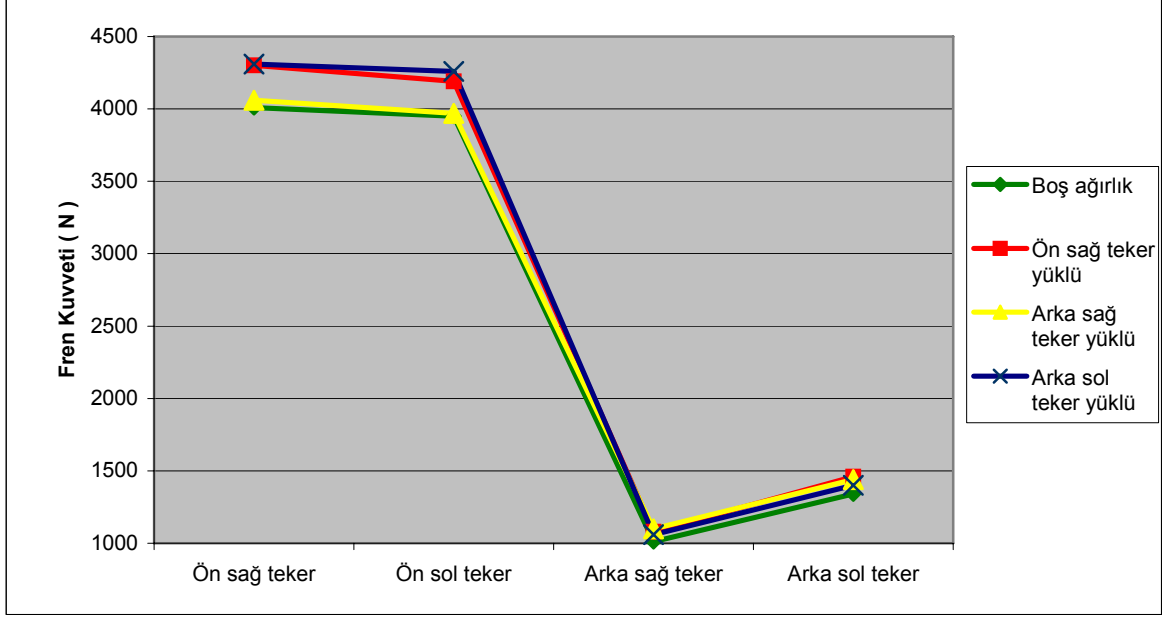
Araca boş ağırlığında , 50 kg, 100 kg ve 150 kg lık farklı yüklerde her yük ön sağ, arka sağ ve arka sol tekerleklere etki edecek şekilde uygulanarak testler gerçekleştirilmiştir.

FRENLEME KUVVETLERİ ( Newton)	Boş ağırlık ile	Ön sağ teker yükü	Arka sağ teker yükü	Arka sol teker yükü
Ön sağ teker	4010	4240	4040	4320
Ön sol teker	3950	4180	3960	4360
Arka sağ teker	1010	1080	1080	1040
Arka sol teker	1340	1440	1400	1440



Şekil 5.25 Örnek 3 marka otomobil ile 50 kg yüklenerek yapılan fren testi.

FRENLEME KUVVETLERİ ( Newton)	Boş ağırlık ile	Ön sağ teker yükü	Arka sağ teker yükü	Arka sol teker yükü
Ön sağ teker	4010	4300	4060	4310
Ön sol teker	3950	4190	3970	4260
Arka sağ teker	1010	1080	1100	1060
Arka sol teker	1340	1460	1440	1400



Şekil 5.26 Örnek 3 marka otomobil ile 100 kg yüklenerek yapılan fren testi.

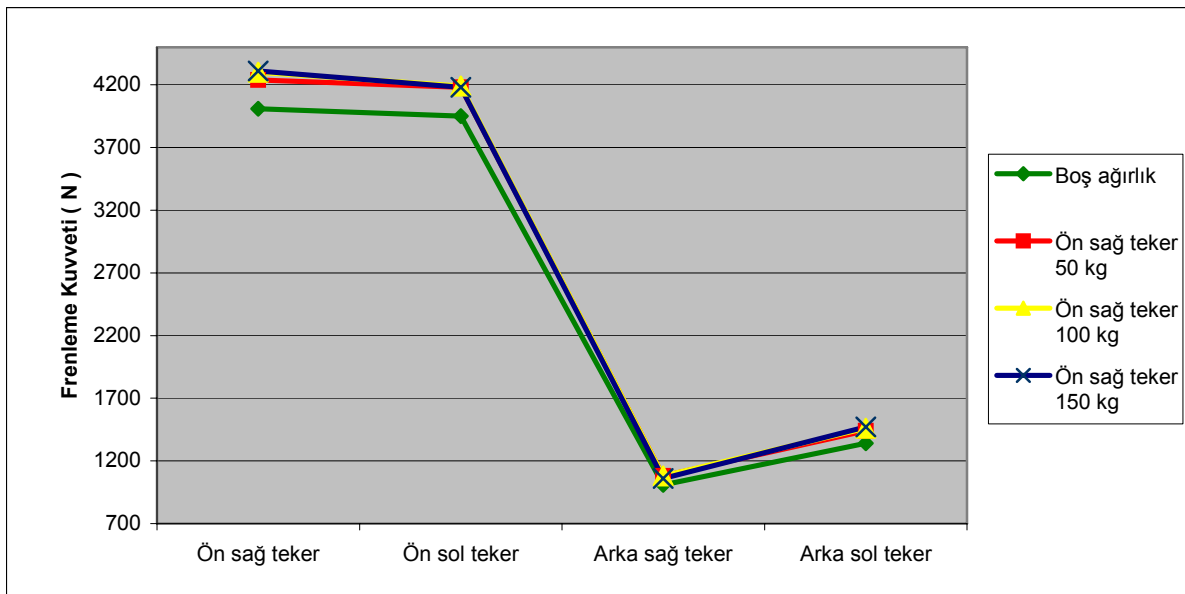
FRENLEME KUVVETLERİ ( Newton)	Boş ağırlık ile	Ön sağ teker yüklü	Arka sağ teker yüklü	Arka sol teker yüklü
Ön sağ teker	4010	4310	4050	4380
Ön sol teker	3950	4180	4040	4340
Arka sağ teker	1010	1060	1040	1080
Arka sol teker	1340	1470	1380	1460



Şekil 5.27 Örnek 3 marka otomobil ile 150 kg yüklenerek yapılan fren testi.

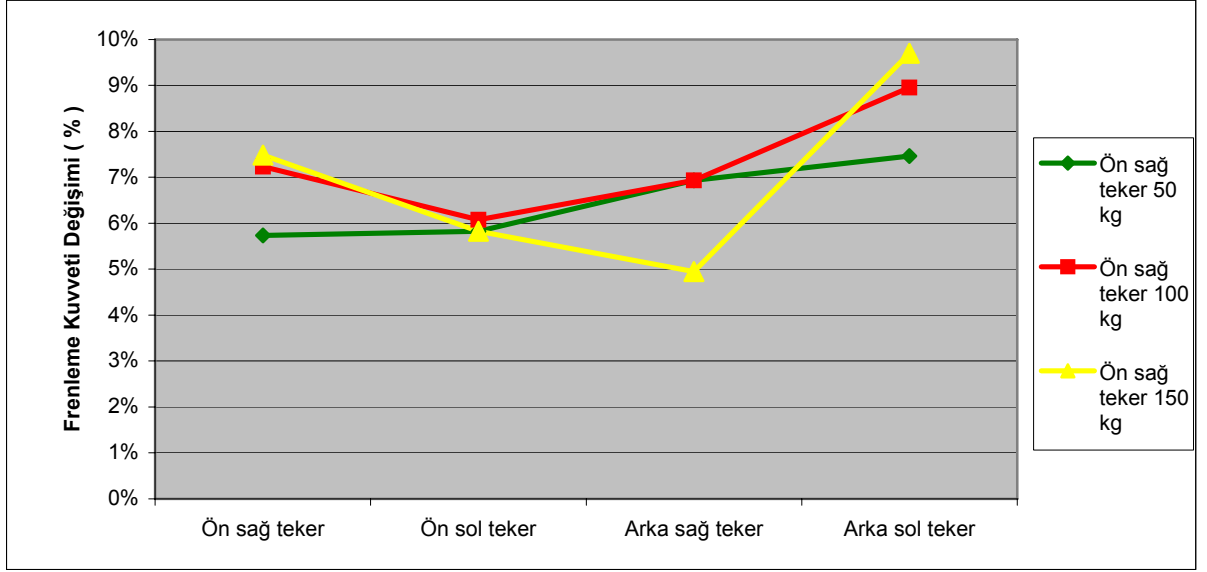
Tekerleklere uygulanan yüklerin değişimine bağlı olarak , frenleme kuvveti değişimlerini inceleyecek olursak ;

<b>FRENLEME KUVVETLERİ ( Newton)</b>	<b>Boş ağırlık ile</b>	<b>Ön sağ teker 50 kg</b>	<b>Ön sağ teker 100 kg</b>	<b>Ön sağ teker 150 kg</b>
<b>Ön sağ teker</b>	4010	4240	4300	4310
<b>Ön sol teker</b>	3950	4180	4190	4180
<b>Arka sağ teker</b>	1010	1080	1080	1060
<b>Arka sol teker</b>	1340	1440	1460	1470



Şekil 5.28 Örnek 3 marka otomobilin sağ ön tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık yükler sonucu tüm tekerleklerdeki frenleme kuvvetleri ve değişimleri.

FRENLEME KUVVETLERİ DEĞİŞİMİ ( % )	Ön sağ teker 50 kg	Ön sağ teker 100 kg	Ön sağ teker 150 kg
Ön sağ teker	6%	7%	7%
Ön sol teker	6%	6%	6%
Arka sağ teker	7%	7%	5%
Arka sol teker	7%	9%	10%



Şekil 5.29 Örnek 3 marka otomobilin sağ ön tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık yükler sonucu frenleme kuvvetinin, aracın boş durumundaki frenleme kuvvetine göre % değişimi.

FRENLEME KUVVETLERİ ( Newton)	Boş ağırlık ile	Arka sağ teker 50 kg	Arka sağ teker 100 kg	Arka sağ teker 150 kg
Ön sağ teker	4010	4040	4060	4050
Ön sol teker	3950	3960	3970	4040
Arka sağ teker	1010	1080	1100	1040
Arka sol teker	1340	1400	1440	1380



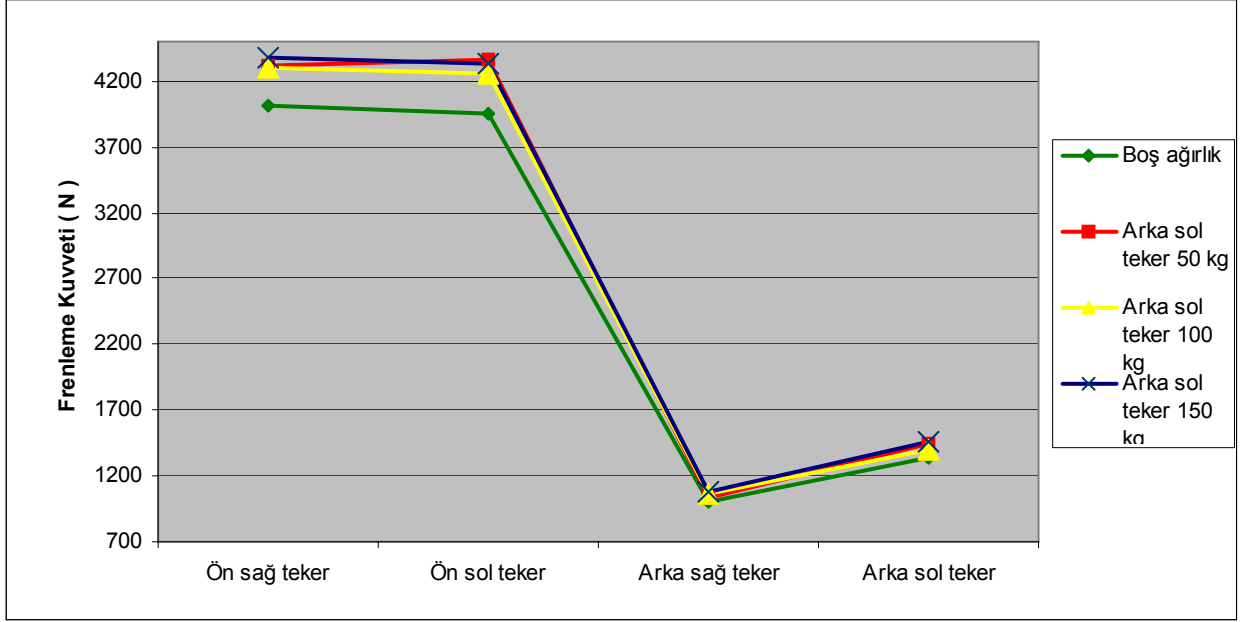
Şekil 5.30 Örnek 3 marka otomobilin sağ arka tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık yükler sonucu tüm tekerleklerdeki frenleme kuvvetleri ve değişimleri.

FRENLEME KUVVETLERİ DEĞİŞİMİ ( % )	Arka sağ teker 50 kg	Arka sağ teker 100 kg	Arka sağ teker 150 kg
Ön sağ teker	1%	1%	1%
Ön sol teker	0%	1%	2%
Arka sağ teker	7%	9%	3%
Arka sol teker	4%	7%	3%



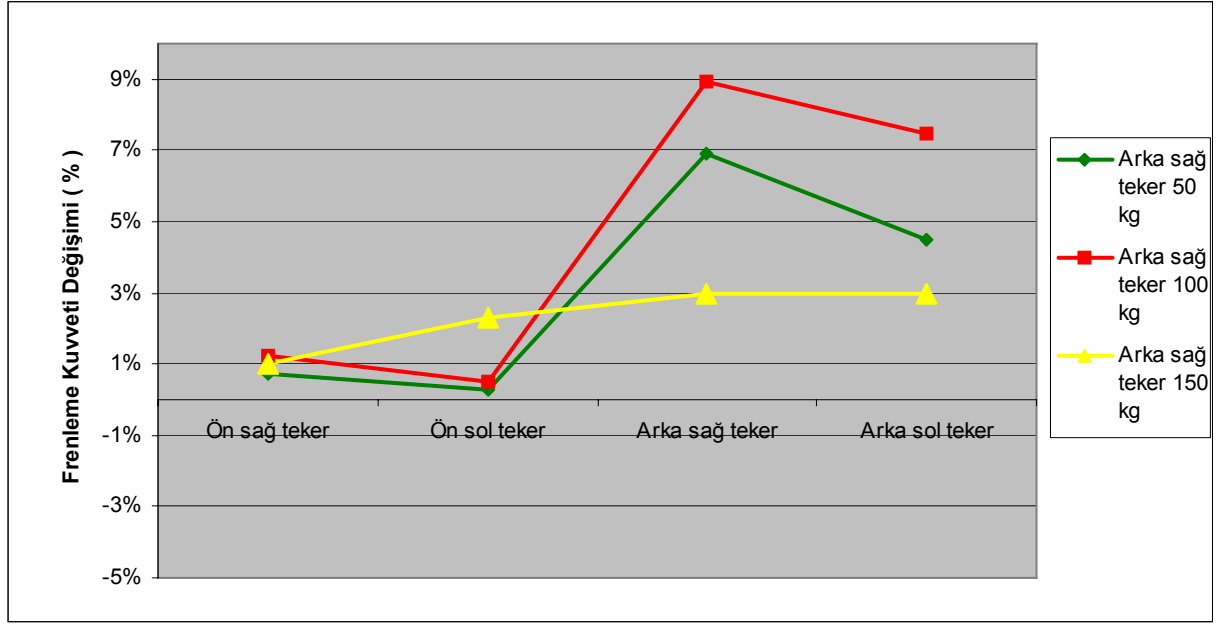
Şekil 5.31 Örnek 3 marka otomobilin sağ arka tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık yükler sonucu frenleme kuvvetinin, aracın boş durumundaki frenleme kuvvetine göre % değişimi.

FRENLEME KUVVETLERİ ( Newton)	Boş ağırlık ile	Arka sol teker 50 kg	Arka sol teker 100 kg	Arka sol teker 150 kg
Ön sağ teker	4010	4320	4310	4380
Ön sol teker	3950	4360	4260	4340
Arka sağ teker	1010	1040	1060	1080
Arka sol teker	1340	1440	1400	1460



Şekil 5.32 Örnek 3 marka otomobilin sol arka tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık yükler sonucu tüm tekerleklerdeki frenleme kuvvetleri ve değişimleri.

FRENLEME KUVVETLERİ DEĞİŞİMİ ( % )	Arka sol teker 50 kg	Arka sol teker 100 kg	Arka sol teker 150 kg
Ön sağ teker	8%	7%	9%
Ön sol teker	10%	8%	10%
Arka sağ teker	3%	5%	7%
Arka sol teker	7%	4%	9%



Şekil 5.33 Örnek 3 marka otomobilin sol arka tekerleğine uygulanan 50, 100 ve 150 kg lık yükler sonucu frenleme kuvvetinin, aracın boş durumundaki frenleme kuvvetine göre % değişimi.

## **6. FREN SİSTEMİNDEKİ TEKNOLOJİK GELİŞMELER**

Yeni araçların sürüş performansları ve ağırlıkları sürekli artmaktadır. Bunun nedeni ise güvenlik ve konfor donanımlarının sürekli artmasıdır. Bundan dolayı araçların fren sistemi bu koşullara uyarlanmalıdır.

Bosch firması, fren sistemlerinde yeni iki tasarım üzerinde çalışmalarına devam etmektedir.

### **6.1 Elektro Hidrolik Frenler**

EHB sisteminde, fren pedalı bir tel sistemi ile aracın elektronik beynine bağlanmıştır. Pedalın görevi şüphesiz yine aynı, aracı durdurmak. Ama bu kez fren pedalına basış hızına ve çokluğuna göre, sistem ne kadar acil bir fren gereksinimine ihtiyaç olduğunu anlamaktadır. Elektronik fren beyni bu ve diğer araç bilgilerini birleştirerek her tekerleğe gerekli fren kuvvetini hesaplayarak, gerekli fren basıncı, merkezi hidrolik ünitesinde oluşturmaktadır. Eğer elektrik sisteminde herhangi bir hata ortaya çıkarsa, direkt olarak yedek hidrolik fren ünitesi devreye girmektedir.

Günümüzde araç fren pedalına uygulanan mekanik kuvvet, servo fren ve ana merkez üzerinden fren hidroliği sayesinde hidrolik kuvvet olarak tekerlere iletilir ve frenleme gerçekleşir. Geleceğin fren sistemlerinden Elektro-Hidrolik frenlerde, fren pedalına uygulanan kuvvet, pedal hareketini algılayan bir sensör sayesinde sürekli gözlemlenecek ve buradaki değişiklik elektronik beyin ünitesine iletilecektir.

Yeni sistemde fren ayak pedalına uygulanan kuvvet, sadece fren yapılması gerektiğini sisteme haber veren bir ön uyarı şeklinde olacaktır.

Elektronik beyine ulaşan bu frenleme bilgisi, araç içerisindeki bir elektro-motorun, beyinden gelen mesajla devreye girmesini, aracın durdurulabilmesi için fren gücünü üretmesini ve yine fren hidroliği vasıtası ile aktarılan güç sayesinde aracın durdurulmasını sağlayacaktır.

Geleceğin frenlerinde de fren hidroliği kullanılacak, fakat buradaki en büyük fark, fren hidroliğin çalıştığı alanın çok fazla daralacak olmasıdır. Günümüzde fren pedalından hemen sonra tekerlere kadar büyük bir alan içerisinde fren güç iletimini sağlayan fren hidroliği, gelecekte yeni Bosch dizaynı ile sadece elektro-motor ve tekerler arasında güç iletimini gerçekleştirecektir. Bu da gelecekte daha güçlü, daha emniyetli ve kontrollü frenlemeyi mümkün kılacaktır.

Konvensiyonel sistemlerle karşılaştırıldığında EHB'nin avantajları nelerdir?

- EHB sistemi ağırlığı önemli ölçüde azaltılmış, daha küçük bir montaj alanı gerektiren bir sistemdir. Ek olarak, araca montajı da çok daha kolaydır.
- Her tekerde bulunan fren kuvvet modülasyonu ile kombine olarak çok hızlı çalışması nedeniyle optimum fren mesafesinde ve güvenilir frenleme sağlamaktadır. Böylece EHB, frenleme esnasında otomatik olarak fren gücünü artırırken, buna paralel olarak frenlemenin doğurduğu fiziksel etkileri de azaltmaktadır.
- EHB, sürücüye yardımcı olan diğer birçok tamamlayıcı sistemle de birlikte çalışabilmektedir. Örneğin, acil frenleme esnasında fren kuvvetini çok seri artıran "ileri fren destek sistemleri" veya yokuş aşağı sabit hızda inmeyi sağlayan sistemlerle birlikte çalışabilmektedir. ACC (Adaptive Cruise Control) sisteminden başlayarak trafik navigasyon sistemlerine kadar araç üzerindeki diğer tüm sistemlerle bir şebeke sistemi kurarak haberleşebilmektedir.
- Sürücü için minimum frenleme kuvveti, titreşimsiz ve ayarlanabilir hafif bir fren pedalı duygusu sağlaması ve frenlemenin son derece sesiz gerçekleşmesi sürüş rahatlığını artıran çok önemli bir faktördür.
- Ayrıca EHB çok daha yüksek emniyet koşulları sağlamaktadır. Aracın tüm sistemlerinden gelen bilgiyi anlık olarak değerlendiren ve frenleme parametrelerini aracın o anki pozisyonuna, yol şartlarına göre belirleyen bu sistem gerçekten geleceğin araçlarına büyük bir güven sunmaktadır.

EHB sistemi elektronik güç iletiminin yanı sıra, hidrolik güç iletimi için de bir düzeneğe sahiptir. Bunun nedeni; şu anda uygulama çalışmaları halen devam eden bu sistemde herhangi bir elektronik arızanın meydana gelmesi durumunda, günümüz hidrolik fren tertibatının otomatik olarak devreye girmesi ve emniyetin bir kat daha artırılmış olmasıdır.

EHB sistemi konvensiyonel fren sistemlerinden sonra kullanılacak birinci jenerasyon fren sistemidir. İkinci jenerasyon ise EMB (Elektro Mekanik Fren Sistemleri).

## **6.2 Elektro Mekanik Frenler**

Bosch aralıksız olarak EHB ve EMB sistemleri üzerine çalışmalarını sürdürmektedir. EMB yine EHB gibi fren pedalının bir tel ile aracın fren elektronik beynine bağlı olduğu ve istenilen frenlemenin derecesini belirlemek için kullanılan bir düzeneğe sahip olan bir

sistemdir. EMB sistemi, her teker düzeneğinde bulunan kaliperlerin (fren beyni) bir elektrik motoru ile entegre edilmesi ile yeni bir boyut kazanıyor. EMB sisteminde tüm frenleme fonksiyonları her tekerde bireysel olarak kontrol edilebiliyor. Ek olarak, bu yeni sistemde mekanik el freninin yerini elektro mekanik park freni alacaktır.

EMB sisteminin avantajlarını kısaca özetlersek:

- Araca kolay montaj imkanı,
- Park freni için bir fren teline ihtiyacın olmayışı,
- El fren kolunun olmaması nedeniyle geliştirilmiş araç iç dizaynı,
- Küçük fren pedalı,
- Yüksek kontrol imkanı,
- ABS, ASR gibi sistemlerle entegre çalışma özelliği,
- Fren hidrolik yağı içermeyen fren sistemi,
- Hidrolik fren boru ve tüplerine gereksinim olmayışı,
- Düşük servis maliyetleri,

### **6.3 VW Firmasının 2006 Model Passat 'ta Uyguladığı Gelişmiş Fren Sistemi**

Yeni teknoloji ile üretilmiş ,2006 model Passat marka araçta kullanılan gelişmiş sistemler;

- TRW (Thompson-Ramo-Wooldrigde) firmasının yeni ESP sistemi
- Büyük tip tekerlek frenleri
- Bir fren diski silicisi
- Fren lamba şalteri tandem ana fren merkezi
- Dual-Rate sistemli fren servosu

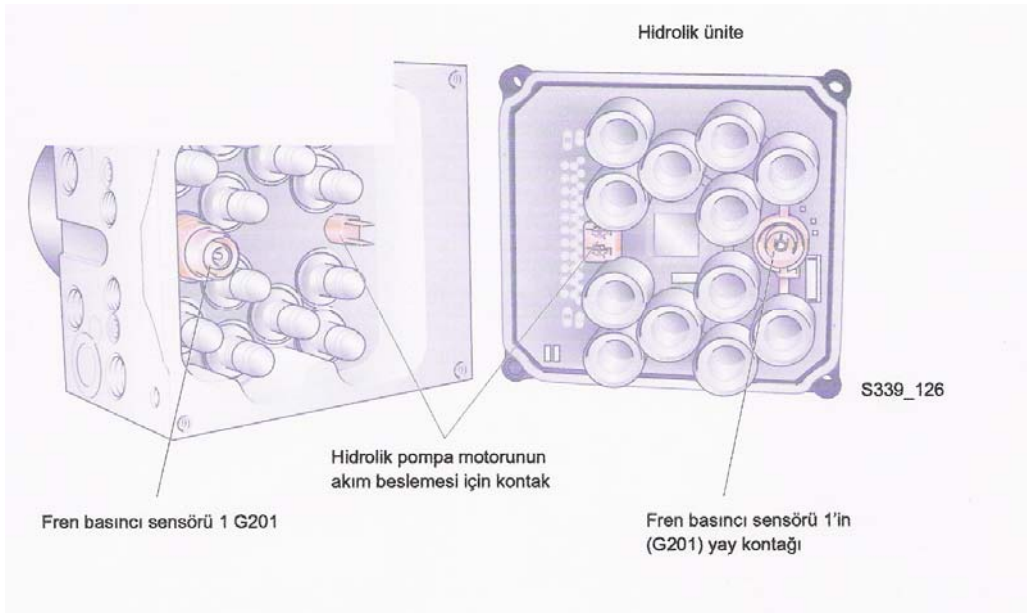
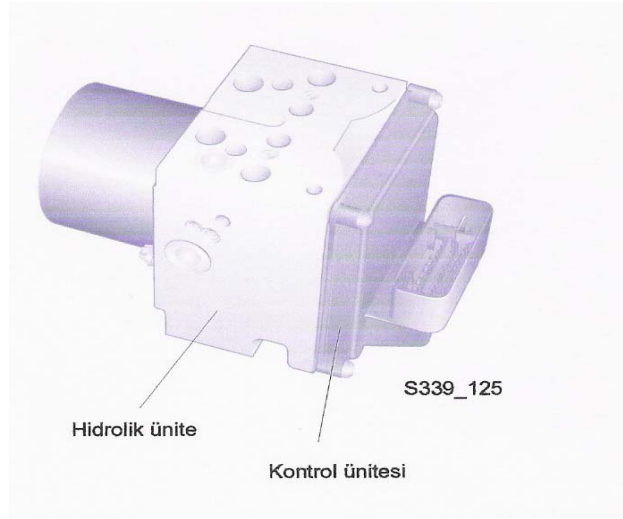
#### **6.3.1 ABS/ ESP TRW 440 Anti-Blokaj Sistemi**

Bu sistemi hidrolik fren asistanının yanında, elektro mekanik park freninin bağlantı noktası olan AUTO HOLD fonksiyonunu, römork dengelemesini ve bir fren diski sileceğini kapsıyor.

Sistemin ana parçaları sırası ile aşağıdaki gibidir.

Fren Basıncı Sensörüne Sahip Hidrolik Ünite ;

Daha iyi anlaşılması için hidrolik ünite ve kontrol ünitesi tek tek gösterilmiştir.



Şekil 6.1 Hidrolik ünite ve kontrol ünitesi. ( VW eğitim notları )

Fren Diski Silicisi ;

Yoğun yağmurda veya yollar yaşken fren diskinde bir su filmi oluşabilir, bu film bir frenleme esnasında fren diskiyle fren balataları arasındaki sürtünme değerini düşürür. Sürtünme sonucu oluşan ısıyla su filmi ortadan kaybolana kadar fren etkisi zaman zaman değişir.

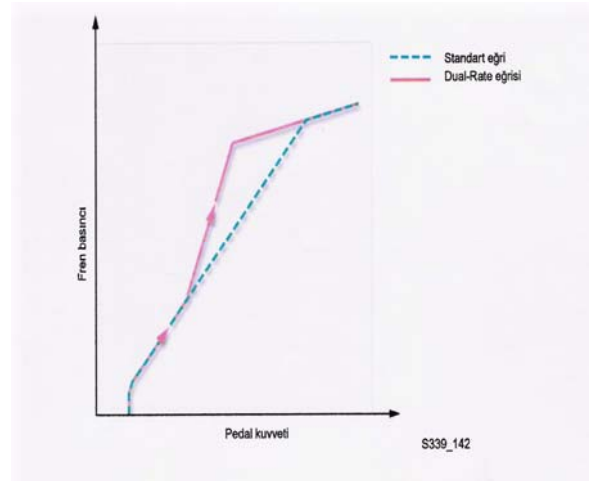
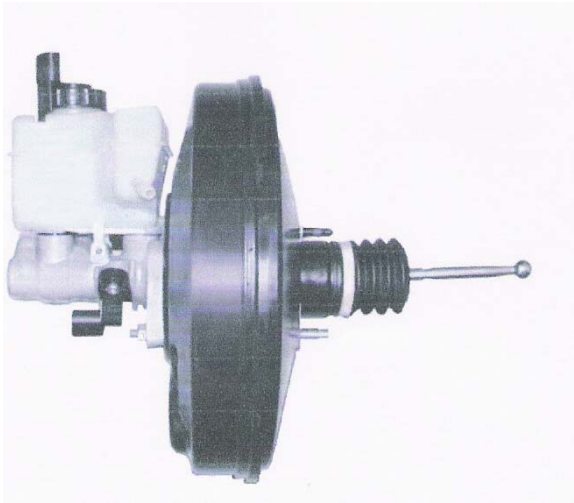
Bu sistemde fren balataları zaman zaman düşük basınçla fren disklerine dayandırılır, böylece

su filmi ortadan kaldırılır ve fren yolunda kısalma sağlanır. Bu ise fren sisteminde düşük fren basıncını oluşturan hidrolik pompanın zamanlı şekilde kumanda edilmesiyle gerçekleşir. Fren sisteminde bu işlem sürücü tarafından hissedilmez.

Fren Servosu- Dual- Rate Booster ;

Soldan direksiyonlu tüm araçlar için 11 inçlik bir fren servosu kullanılmaktadır. Sağdan direksiyonlu araçlarda ise 7/8 inç ebadında bir tandem fren servosu mevcuttur. En büyük yenilik “Dual-Rate” özelliğidir.

Fren servosunun iç yapısında yapılan bir değişiklik sonucu aşamalı bir sistem oluşturulmuştur. Bu sayede sıradan fren servolarıyla kıyasladığımızda pedal kuvvetleri düşük olsa bile yüksek düzeyde fren basıncının olması sağlanmaktadır. Tüm bunlara rağmen yavaşlama normal bir şekilde yumuşak gerçekleşir.



Şekil 6.2 Fren servosu ve fren basıncına etkisi. ( VW eğitim notları )

### 6.3.2 Elektrikli Park Fren Sistemi

Araç hareket etmezken güvenli şekilde durdurmak için sürücü bu zamana kadar bir el freni kolunu sıkıca çekmeli veya ayak bölmesinde ek bir pedala basmalı idi. Oysa artık ön panelde bulunan bir düğmeye kısaca basmak yeterli olmaktadır. Çünkü manuel park freninin yerini, elektro-mekanik park freni almıştır.

Elektro mekanik park freni sadece park ederken yardımcı olmaz. Akıllı işlevi sayesinde güvenli frenlemeyi ve rampada kalkarken gerekli tutunmayı sağlamaktadır. Elektro mekanik park frenine çeşitli yayınlarda elektrikli park freni de denir.



Şekil 6.3 Elektrikli park frenini oluşturan parçalar. ( VW eğitim notları )

Elektrikli Park Freninin Avantajları ;

Normal bir el freniyle kıyasla elektro mekanik park freni bir çok avantaj sunar, örneğin;

- İç mekan tasarımında daha fazla özgürlük

El fren kolu yoktur ve yerine bir tuş bulunmaktadır. Böylece iç mekanın tasarımında ve ayak bölmesinin, orta konsolun dizaynında daha fazla yer olur.

- Kullanıcı için gelişmiş işlevsellikler

Elektro mekanik park freni kullanıcı için yüksek konfor sunmaktadır.

- Üretim prosesinde avantajlar

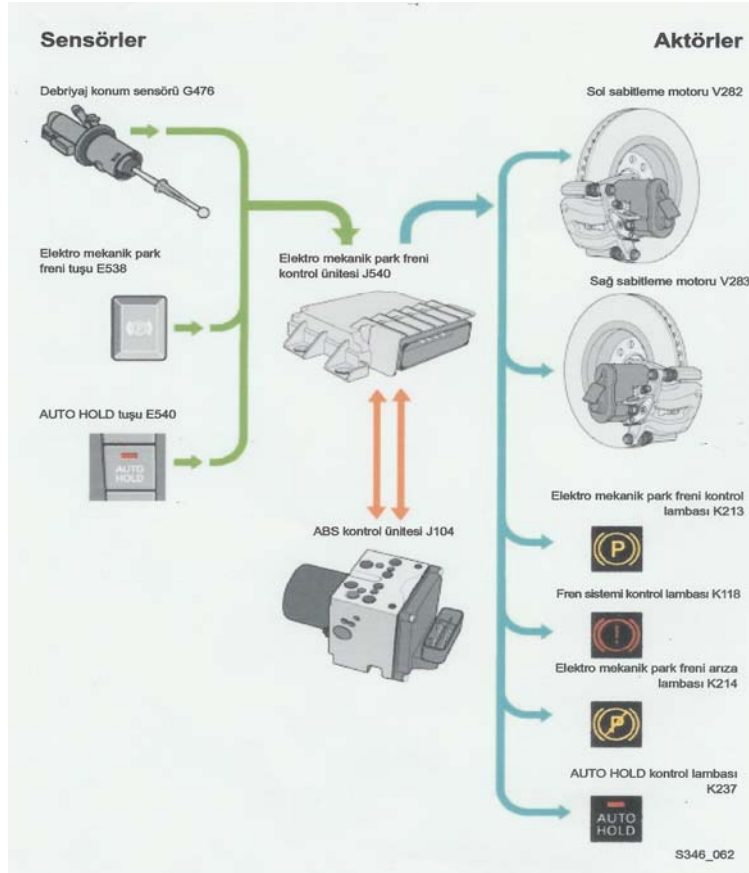
El freni kolunun ve el freni tellerinin iptal olması ile aracın üretim ve montaj prosesi basitleştirilmiştir.

- Kendi kendine kontrol edebilir

Elektro mekanik park freni mekanik bir sistemdir.

Sisteme Genel Bakış ve Parçaları ;

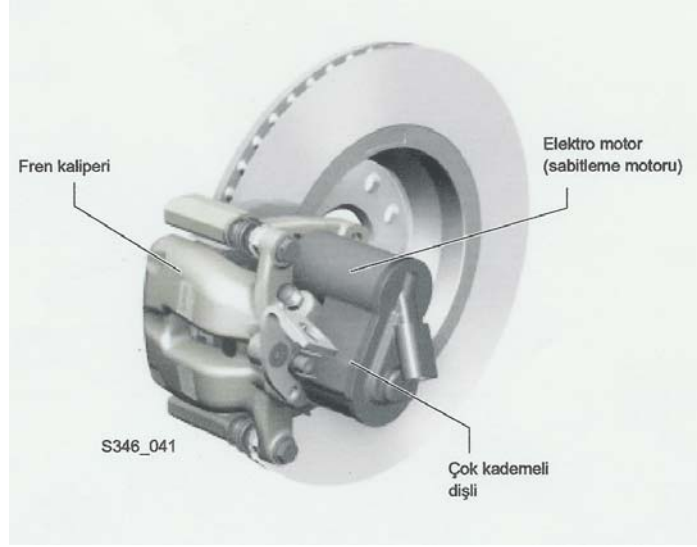
Sensörler ;



Şekil 6.4 Sensörler. ( VW eğitim notları )

Arka Tekerlek Fren Aktüatörleri ;

Elektro mekanik ayar ünitesi olarak fren aktüatörleri, arka tekerleklerin fren kaliperlerine entegre edilmiştir. Elektro motorun, çok kademeli dişlinin pinyon grubunun yardımıyla “park freni çalıştır” komutunu, fren balataları fren disklerine dayanacak bir kuvvete dönüştürürler.



Şekil 6.5 Arka tekerlek dizaynı. ( VW eğitim notları )

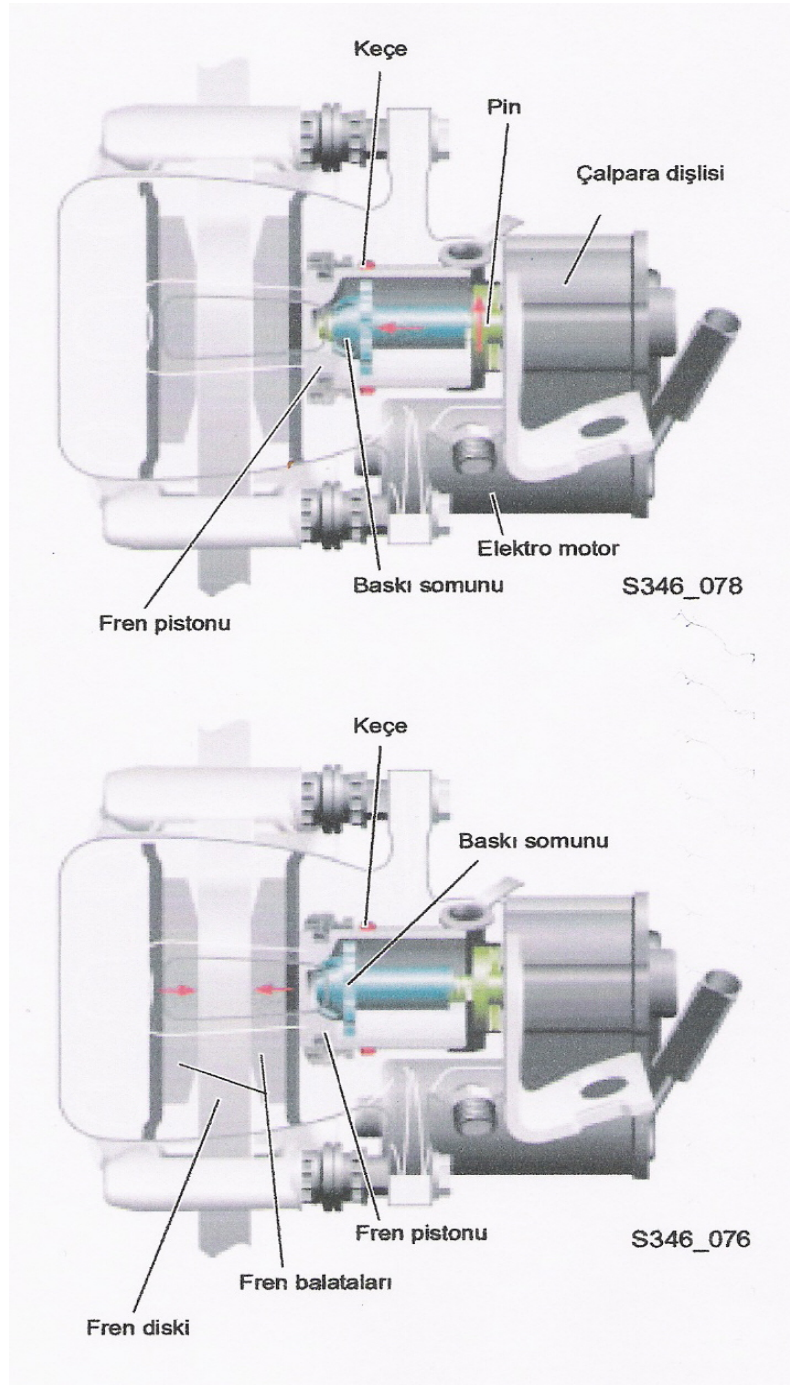
Arka Tekerlek Fren Aktüatörlerinin Çalışması ;

Elektro Mekanik

Park freni kapatılacaksa, elektro motor, park freni kontrol ünitesi tarafından kumanda edilir. Pinyon grubu doğrudan kayış ve çalpara dişlisi vasıtasıyla elektro motor tarafından tahrik edilir. Pinyonun dönüş hareketi sayesinde pinyon dişi üzerindeki baskı somunu ileri hareket eder. Baskı somunu fren pistonuna dayanır ve bunu fren balatalarına karşı bastırır. Fren balataları fren diskine karşı bastırılır. Bu esnada keçenin şekli fren balataları yönünde değiştirilir. Baskıdan dolayı elektro motor daha fazla akım çeker.

Elektro mekanik park freni tüm sabitleme işlemi esnasında elektro motorun çektiği akımı ölçer. Çekilen akım belirli bir değeri aşarsa, kontrol ünitesi, elektro motora gelen akımı kapatır.

Park freni açılırken pin üzerindeki baskı somunu geri çevrilir. Fren pistonunun yükü alınır. Keçe şeklinin geri dönüşümü ve fren diskinde muhtemel bir balanssızlık sayesinde fren pistonu geri hareket ettirilir. Fren balataları fren diskini serbest bırakır.



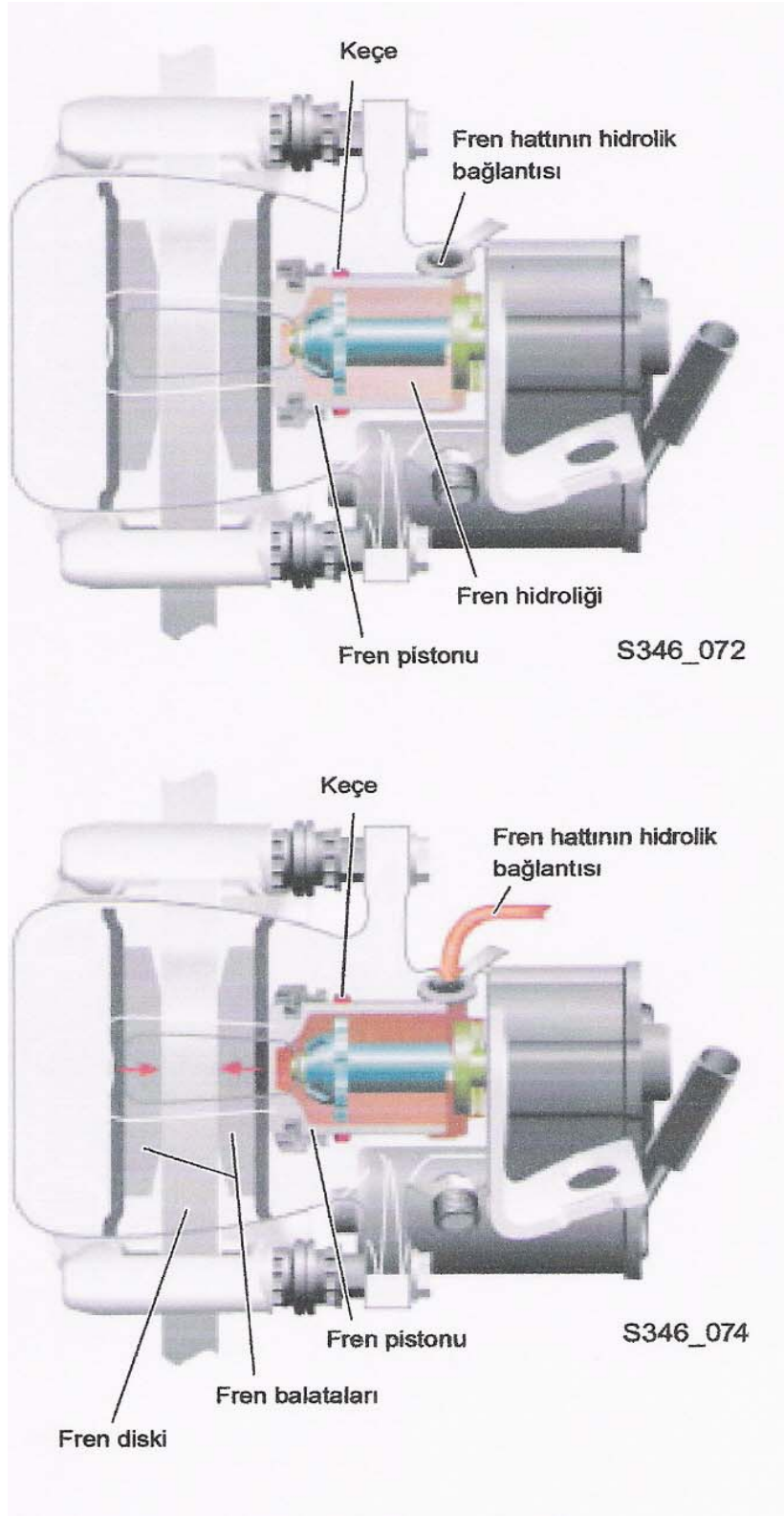
Şekil 6.6 Elektro mekanik sistemin çalışması. ( VW eğitim notları )

## Hidrolik

Dinamik bir acil frenlemede (sürüş esnasında elektro mekanik park frenine basılması) fren hattı üzerinden fren hidroliğinin basıncı artar. Bu basınç fren pistonunun fren balatalarına karşı basmasına yol açar. Bunlar fren diskine karşı bastırırlar. Bu esnada keçenin şekli fren balataları yönünde değiştirilir.

Frenleme işlemi tamamlandıktan sonra fren hidroliği basıncı düşer. Fren pistonunun yükü

alınır. Keçe şeklinin geri dönüşümü ve fren diskinde muhtemel bir balanssızlık sayesinde fren pistonu geri hareket ettirilir. Fren balataları fren diskini serbest bırakır.



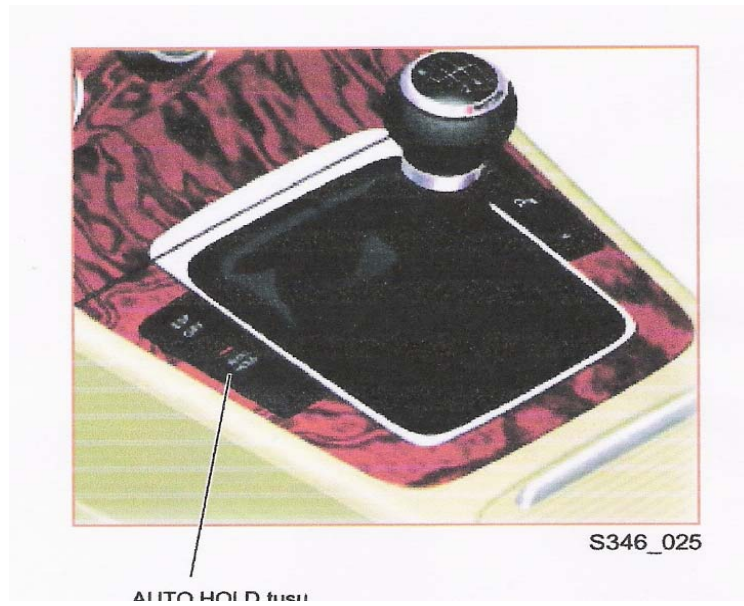
Şekil 6.7 Hidrolik sistemin çalışması. ( VW eğitim notları )

Elektro mekanik park freni tuşuyla elektro mekanik park freni etkinleştirilir veya devre dışı bırakılır. Bu tuş far düğmesinin solunda bulunur.



Şekil 6.8 Elektro mekanik park freni tuşu. ( VW eğitim notları )

Auto Hold tuşuyla Auto Hold fonksiyonu çalıştırılır veya kapatılır. Bu tuş vites kolunun solunda, orta konsolda bulunur.

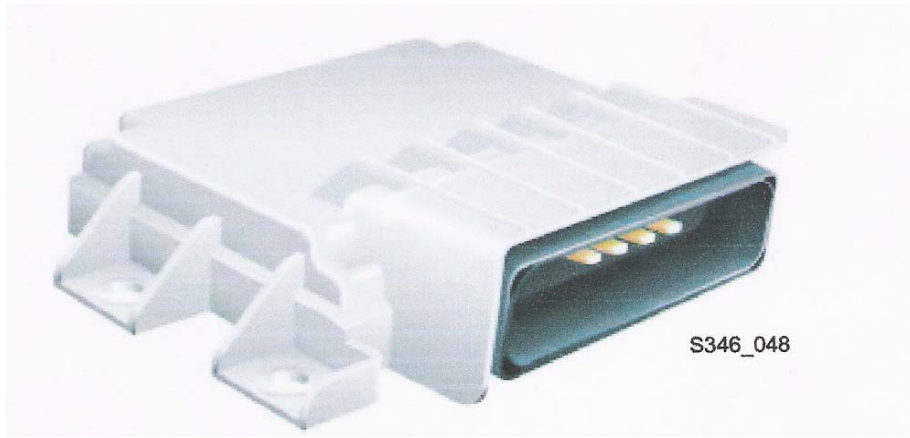


Şekil 6.9 Auto Hold tuşu. ( VW eğitim notları )

## Elektro Mekanik Park Freni Kontrol Ünitesi ;

Elektro mekanik park freni kontrol ünitesi aracın içinde, orta konsol bölgesinde bulunmaktadır. Burada elektro mekanik park freninin tüm kumanda ve teşhis görevleri yerine getirilir. Elektro mekanik park freninin kontrol ünitesi iki işlemciye sahiptir ve özel bir veri yolu üzerinden ABS kontrol ünitesiyle bağlıdır.

Elektro mekanik park freninin kontrol ünitesine bir sensör grubu entegre edilmiştir. Yan hızlanma sensörünü, boylamasına hızlanma sensörünü ve Gier oranı sensörünü içerir. Sensör grubunun sinyalleri hem elektro mekanik park freni için, hem de ESP fonksiyonu için kullanılmaktadır.



Şekil 6.10 Elektro mekanik park freni kontrol ünitesi. ( VW eğitim notları )

## Elektro Mekanik Park Freninin Fonksiyonları ;

Elektro mekanik park freni sürücüye aşağıdaki fonksiyonları sunar.

- Park freni fonksiyonu
- Dinamik kalkış asistanı
- Dinamik acil fren fonksiyonu
- AUTO HOLD fonksiyonu

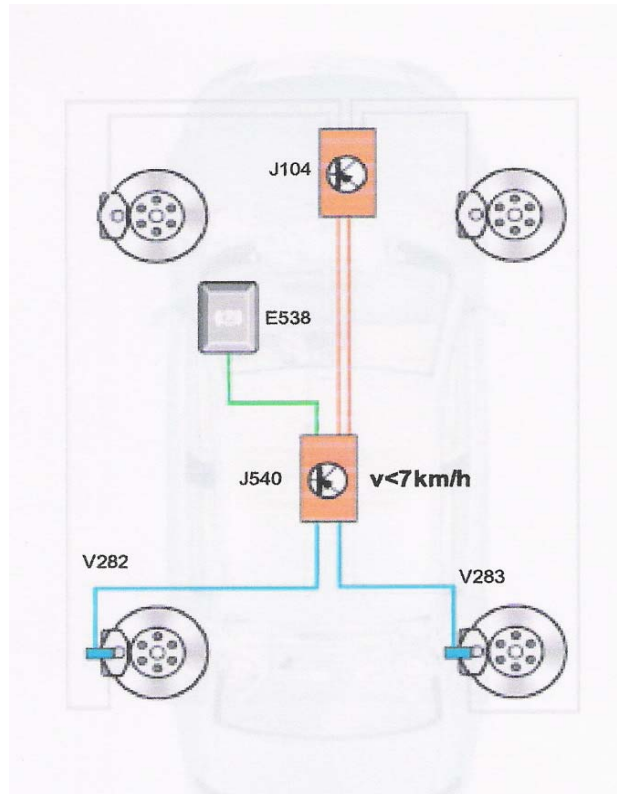
Esasen aracın hızına göre statik mod (aracın hızı 7 km/saatten küçük) ve dinamik frenleme (aracın hızı 7 km/saatten büyük) ayırt edilir. Statik modda park freni elektro mekanik şekilde açılır ve kapanır. Dinamik frenlemede araç ABS/ESP üzerinden yavaşlatılır, yani tekerleklerin dördü hidrolik olarak frenlenir.

## Park Freni Fonksiyonu ;

Elektro mekanik park freni sistemi yüzde 30 eğimli rampalarda aracın güvenli şekilde park edilmesini sağlamaktadır. Elektro mekanik park freninin açılması ve kapatılması elektro mekanik park freni tuşuna basılarak yapılır.

Elektro mekanik park freninin kapatılması “kontakt kapalı” olsa bile her an mümkündür. Kontakt açıkken park freni etkinleştirilirse, tuştaki elektro mekanik park freni kontrol lambası ve gösterge tablosundaki fren kontrol lambası yanmaktadır. Kontakt kapalıyken elektro mekanik park frenine basılırsa, her iki kontrol lambası 30 saniye süreyle yanarlar.

Elektro mekanik park freninin açılması sadece “kontakt açıkken” mümkündür. Fren pedalına basıldığında ve aynı anda elektro mekanik park freni tuşuna basıldığında elektro mekanik park freni açılmaktadır. Sürücü emniyet kemerini taktığında, kapıyı kapattığında ve motoru çalıştırdığında, gaz verilirken ve kalkarken elektro mekanik park freni otomatik olarak çözülür. Bu esnada serbest bırakma zamanı eğim açısına ve motorun torkuna göre hesaplanır. Tuştaki ve gösterge tablosundaki kontrol lambaları söner.



Şekil 6.11 Çalışma süreci. ( VW eğitim notları )

Dinamik Kalkış Desteği ;

Dinamik kalkış desteği elektro mekanik park freni alıştırılmışken aracın rampalarda kaymadan kalkmasını sağlar Aşağıdaki durumlarda fonksiyon etkin olur:

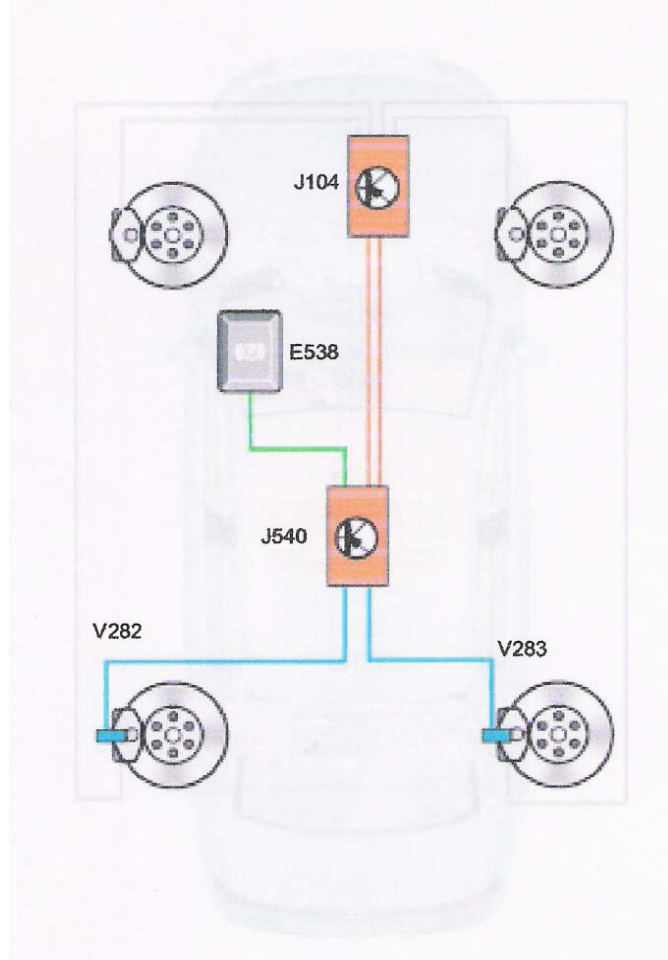
- sőrücü kapısı kapalı,
- emniyet kemeri takılı ve
- motor alışıyor.

Park freni etkinleştirilmişse, aracın trafik ışığında ayak freniyle sabit tutulmasına gerek yoktur. Gaz pedalına basılır basılmaz, park freni otomatik olarak özölür ve araç harekete geçer.

Rampalarda sőrücü şu hususlarda daha fazla rahatlayacaktır.

- Park frenini kısmen de açabilme,
- Aynı anda debriyaja ve gaz pedalına basma,
- Mevcut trafiğe uyum sağlama.

Aracın tahrik torku, kontrol ünitesi tarafından hesaplanan negatif rampa torkundan büyük olduğunda park freni bırakıldığı için aracın geri kaydırılması önlenir.



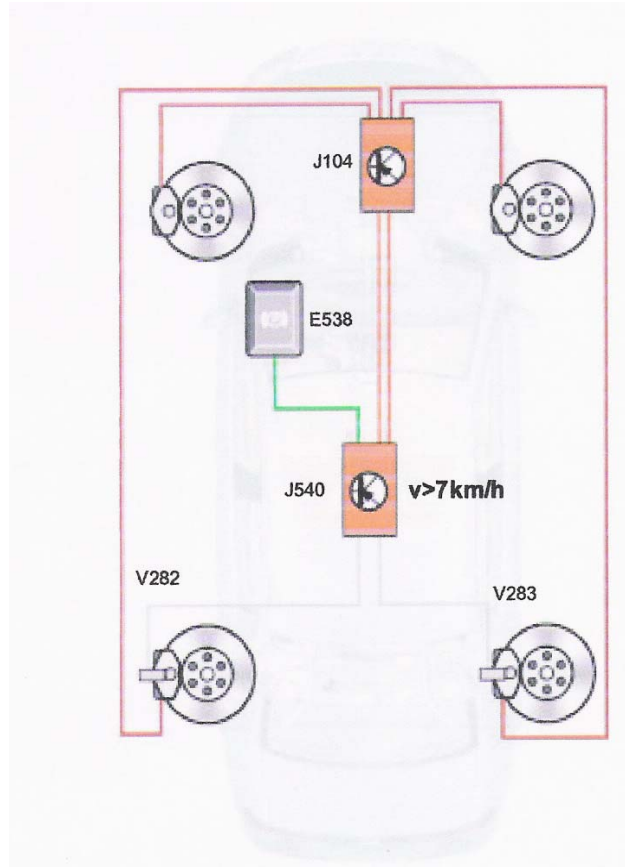
Şekil 6.12 Dinamik kalkış desteği çalışma süreci. ( VW eğitim notları )

Dinamik Acil Fren Fonksiyonu ;

Fren pedalı çalışmazsa veya engellenmişse, araç dinamik acil fren fonksiyonuyla kuvvetli şekilde frenlenebilir.

Elektro mekanik park freni tuşuna basarak ve basılı tutarak hareket halinde bulunan araç  $6m/s^2$  yaklaşık ivmeyle yavaşlatılır. Dinamik acil fren fonksiyonu 7 km/saatin üzerinde bir hızda tekerleklerin dördünde hidrolik fren basıncı oluşturularak yapılır. Frenleme işlemi duruma göre ABS/ESP fonksiyonuyla ayarlanır. Böylece aracın frenleme esnasında dengeli olması sağlanır. Aracın hızı 7 km/saatten düşükken elektro mekanik park freni tuşuna basıldığında park freni elektro mekanik olarak kapatılır.

Dinamik acil frenlemeden sonra aracın hızı 7 km/saatten büyükse, elektro mekanik park freni tuşunun bırakılmasıyla veya gaz pedalına basılmasıyla frenler bırakılır. Araç durana kadar frenlenmişse, park freni, park freni fonksiyonunda açıklandığı gibi çözülmelidir.



Şekil 6.13 Dinamik acil fren fonksiyonu çalışma süreci. ( VW eğitim notları )

Auto Hold Fonksiyonu ;

AUTO HOLD fonksiyonu, sürücüye araç dururken ve kalkışta (ileri veya geri) yardımcı olan bir destek fonksiyonudur. AUTO HOLD fonksiyonu aşağıdaki yardımcı fonksiyonları birleştirmektedir.

Orta konsolda AUTO HOLD tuşuna basarak sürücü AUTO HOLD fonksiyonunu kullanabilir. Etkinleştirme durumu tuştaki kontrol lambasının yanmasıyla gösterilir.

AUTO HOLD fonksiyonunu kapatmak için AUTO HOLD tuşuna basılır. Tuştaki kontrol lambası söner.

Sürücünün artık aracı sabit tutmak için fren pedalına basmasına gerek kalmadığı için dur-kalk trafiğinde de büyük rahatlık sağlar.

Sabit tutma ve kalkış işleminin otomatik hale gelmesi rampalarda kalkışı destekler. Aracın istenmeden geriye kaydırılması önlenmiş olur.

AUTO HOLD fonksiyonu açıkken araç durdurulur, sürücü kapısı açılır, emniyet kemeri çıkarılır veya kontak kapatılırsa, otomatik olarak park freni etkinleştirilir.

AUTO HOLD fonksiyonu aşağıdaki durumlarda etkinleştirilebilir.

- Sürücü kapısı kapalı,
- Emniyet kemeri takılı ve
- Motor çalışıyor.

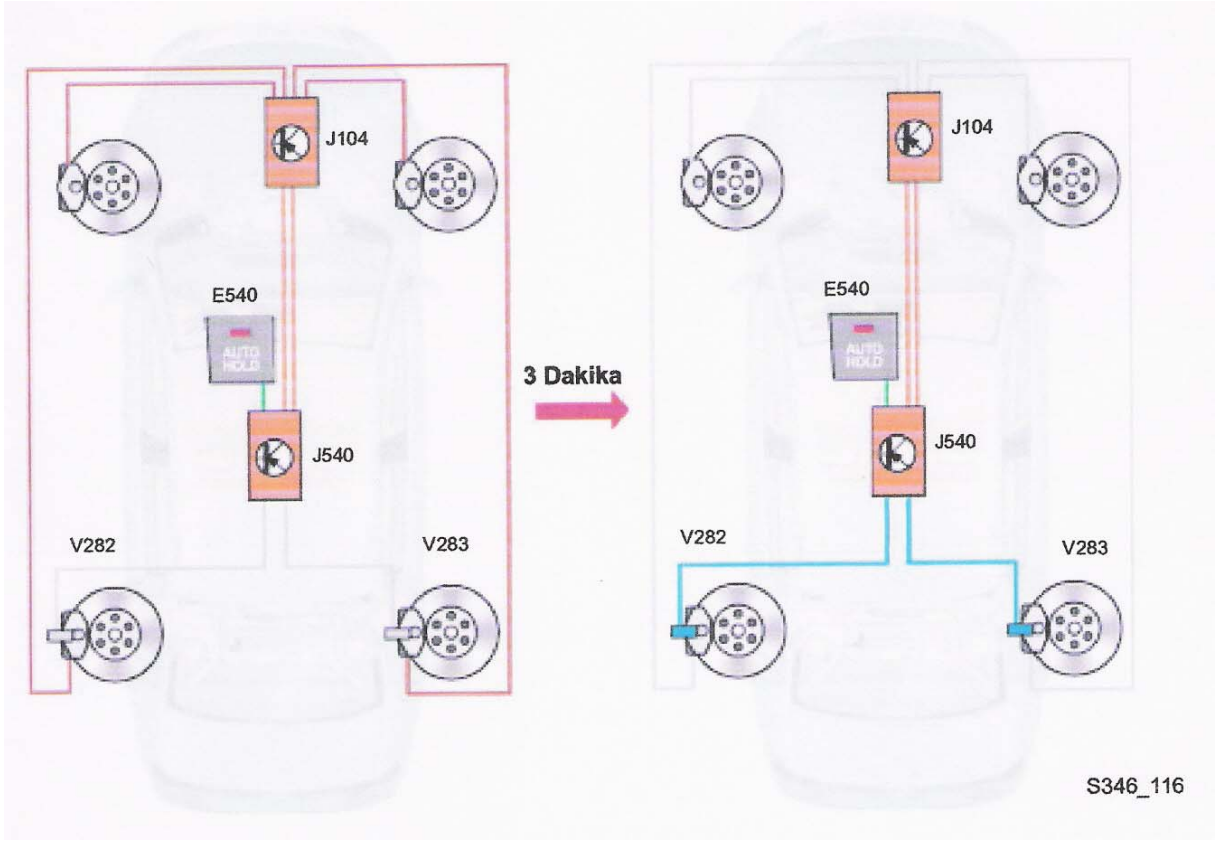
Bu üç ön koşuldan biri değiştiğinde AUTO HOLD fonksiyonu kapanır. Kontak her açıldığında AUTO HOLD tuşuyla tekrar etkinleştirilmelidir.

AUTO HOLD fonksiyonu araç sabitken aracın otomatik ve kontrollü olarak sabit tutulmasını sağlar, burada aracın ne şekilde durdurulduğunun önemi yoktur. AUTO HOLD fonksiyonu aktifken araç sabitken önce dört hidrolik tekerlek freni ile sabit tutulur.

Sürücünün fren pedalına basmasıyla fren basıncı oluşturulabilir. Bu fren basıncı ABS ünitesindeki valfların kilitlemesi ile “dondurulur” ve sürücünün artık fren pedalına basmasına gerek yoktur. Araç sabit tutulur.

Sürücü fren pedalına basmazsa ve araç kayarsa ESP etkin hale geçer. Hidrolik şarj işlemi yapılır. Yani fren basıncı ABS pompası üzerinden oluşturulur.

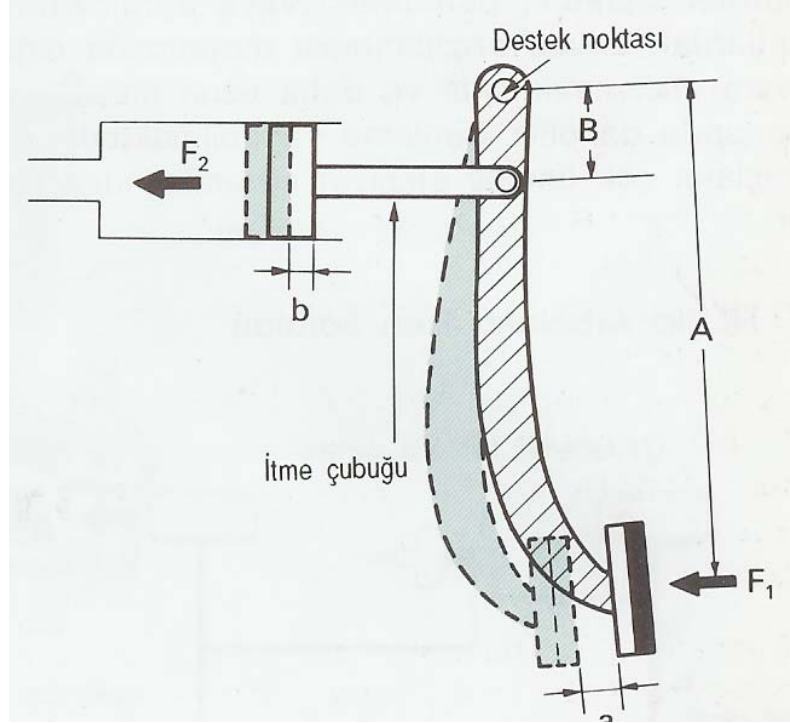
Araç üç dakika sabit tutulduktan sonra ESP hidroliğinden elektro mekanik park frenine geçiş yapılır.



Şekil 6.14 Çalışma diyagramı. ( VW eğitim notları )

## 7. FREN DONANIMLARI KUVVET HESAPLARI VE ANALİZİ

Hesaplar Nissan Micra marka araca ait olarak yapılmıştır.



Şekil 7.1 Fren pedalı görünüşü ve uygulanan kuvvetler.

$F_1$  = Pedal kuvveti

$F_1 = 350$  N

$A = 18$  cm

$B = 9$  cm

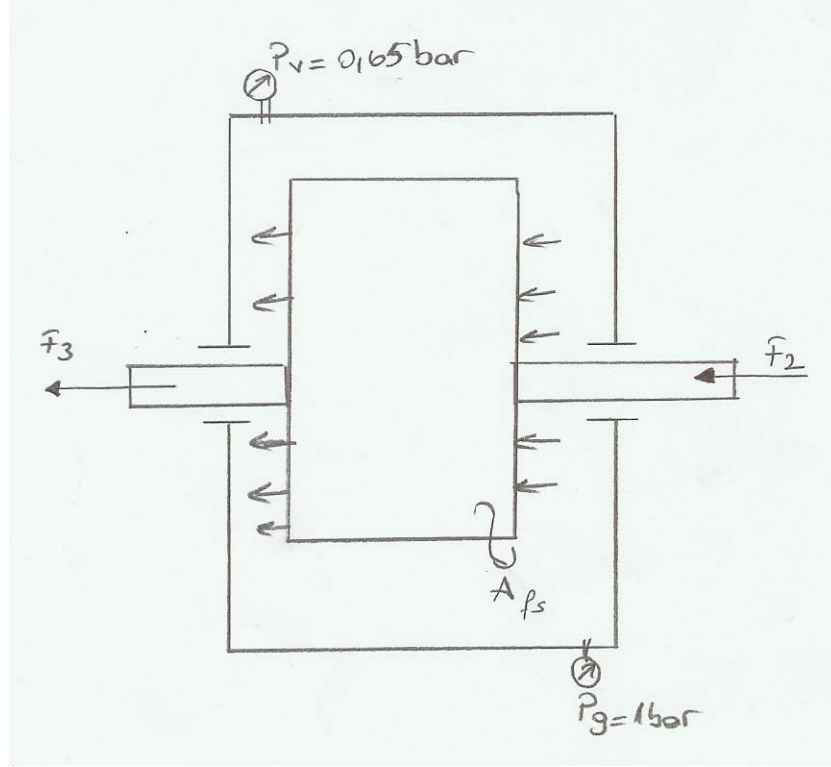
$F_2$  = İtici çubuk kuvveti ( Fren servosuna giriş kuvveti )

$F_1 * A = F_2 * B$  ise

( 7.1 )

$350 * 18 = F_2 * 9$

$F_2 = 700$  N olarak bulunur.



Şekil 7.2 Fren servosu ve uygulanan kuvvetler.

$F_2 = 700 \text{ N}$  fren servosu giriş kuvvetidir.

$P_g =$  Fren servosu giriş basıncı ( Atmosfer basıncı )

$P_v =$  Fren servosu vakum basıncı

$A_{fs} =$  Fren servosu yüzey alanı

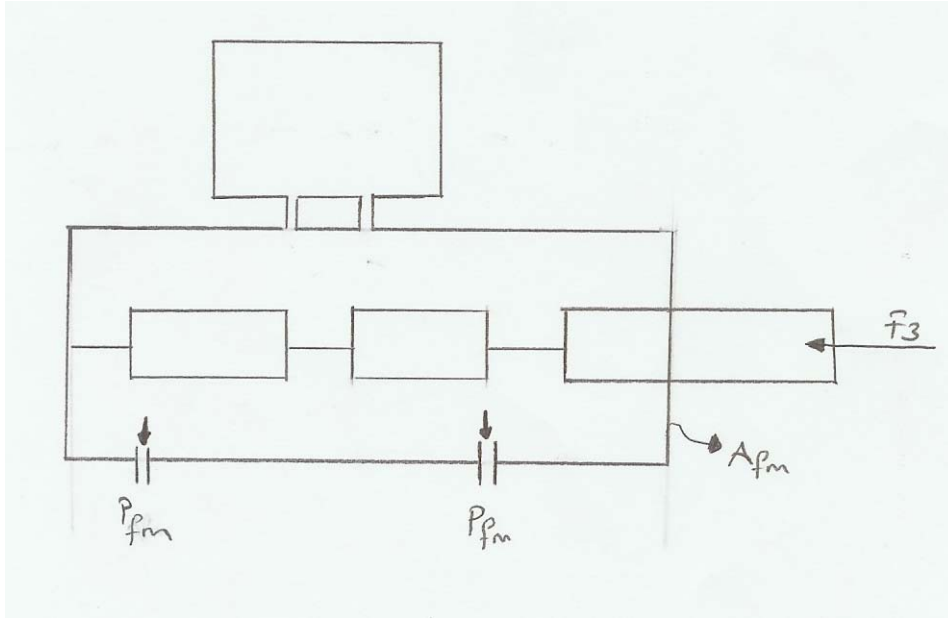
$F_3 =$  Fren servosu çıkış kuvveti

$r =$  Fren servosu yarıçapı

$$F_3 = (P_g - P_v) * A_{fs} + F_2 \quad (7.2)$$

$$A_{fs} = \pi * r^2 = \pi * 15^2 \quad (7.3)$$

$$F_3 = (1 - 0,65) * \pi * 15^2 + 70 = 317 \text{ daN}$$



Şekil 7.3 Fren merkezi ve uygulanan kuvvetler.

$F_3$  = Fren merkezi giriş kuvvetidir aynı zamanda.

$P_{fm}$  = Fren merkezinden ön ve arka tekerleklere iletilen hidrolik basıncı

$A_{fm}$  = Fren merkezi temas yüzey alanı

$$F_3 = P_{fm} * A_{fm} \quad (7.4)$$

$$A_{fm} = \pi * r_{fm}^2 \text{ 'dir} \quad (7.5)$$

$r_{fm}$  = Fren merkezi yüzey yarıçapı

$$r_{fm} = 1,5 \text{ cm}$$

$$317 = P_{fm} * \pi * 1,5^2 \text{ ise}$$

$$P_{fm} = 44,9 \text{ daN/cm}^2 = 44,9 \text{ bar olarak bulunur.}$$

$F_k$  = Fren kaliperine uygulanan kuvvettir.

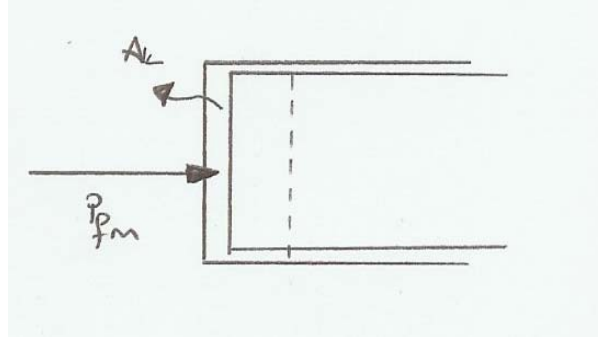
$A_k$  = Fren kaliperi temas yüzey alanı

$r_k$  = Kaliper yarıçapı

$$r_k = 3 \text{ cm}$$

$$F_k = P_{fm} * A_k \quad (7.6)$$

$$F_k = 44,9 * \pi * 9 = 1269 \text{ daN}$$



Şekil 7.4 Fren kaliperi ve uygulanan kuvvetler.

$F_b$  = Fren balatasına uygulanan kuvvettir.

$P_b$  = Fren balatasına uygulanan sürtünme basıncı

$A_b$  = Fren balatası temas yüzeyi alanı

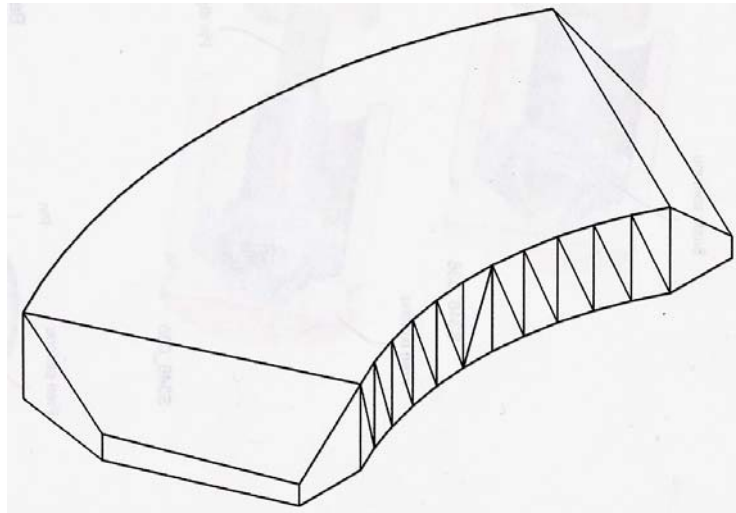
$$F_b = F_k = 1269 = P_b * A_b$$

(7.7)

$$A_b = 33,5 \text{ cm}^2$$

$$1269 = P_b * 33,5 \text{ ise}$$

$P_b = 38 \text{ bar}$  olarak bulunur.



Şekil 7.5 Fren balatası ve uygulanan kuvvetler.

$$(P_b * v_b * \mu_b) \leq (P * v * \mu)_{em} \text{ olmalı.}$$

(7.8)

$v = \text{Aracın hızı} = 80 \text{ km / h}$  olarak alınmıştır.

$$v_b = v \text{ (m /s ) } * d_t / d_b$$

$d_t$  = Tekerlek çapı

$d_t$  = 60 cm olarak alındı.

$d_b$  = Balata baskı diski çapı

$d_b$  = 6 cm olarak alındı.

$$v_b = ( 80 / 3,6 ) * ( 60 / 6 ) = 222 \text{ m/s}$$

$\mu_b$  = Balata disk yüzey sürtünme katsayısı = 0,3 olarak seçilir.

$P = 90 \text{ bar}$  ( Kaymaya başladığı basınç değeri )

$\mu = 0,4$  sürtünme katsayısı

$$( 38 * 222 * 0,3 ) \leq ( 90 * 80 * 0,4 ) \text{ ise } 2530 \leq 2880 \text{ emniyetlidir.}$$

## 8. SONUÇLAR

Fren sistemleri, araca uygulanan mekanik enerjisini, ısı enerjisine çevirerek, aracın güvenli bir şekilde durdurulmasını veya duran aracın hareket etmemesini sağlar. Fren sistemlerinde hareket ilk önce fren pedalına durmak için basıldığında başlar. Fren pedalına basılarak fren servosuna iletilen kuvvet örnek çalışmada da hesapladığımız gibi yaklaşık 4,5 katına çıkacak şekilde fren merkezine kuvvet uygular. Fren merkezinde, rezervuarda depolanan hidrolik uygulanan bu kuvvet ile pompa vazifesi yapan fren merkezinden ön ve arka tekerlek silindirlerine iletilir. Ön tekerlek için kalipere gelen hidrolik , pistonları iterek kaliperleri sıkar ve kalipere bağlı olan balatalar, disklerle sürtünerek aracı durdurur. Arka tekerleklerde ise fren kampanasının yaygın olarak kullanıldığını belirtmiştik, tekerlek silindirlerine iletilen hidrolik, silindirler içindeki pistonları yana doğru açarak papuçlara baskı uygular ve papuçlar açılır, papuç üzerine sabitlenen balatalarda açılarak, kampanalara temas eder ve aracın durdurulmasını sağlar. Ancak önden çekişli araçlarda, fren yapılması sırasında aracın öne kapaklanması ve tüm ağırlığın ön tarafa yönelmesinden dolayı, arka tekerleklere uygulanan hidrolik basıncının tekerleklerin kilitlenmemesi için bir miktar düşürülmesi gerekebilir. Ayrıca aracın hızlanması sırasında tekerleklerden birisinin patinaj yapması durumunda o tekerleğe gönderilen hidrolik miktarının da azaltılarak tekerleğin patinajdan çıkması sağlanabilir.

Artan araç teknolojisi araçların süratli olmasını sağladığı gibi daha yüksek performanslı fren sistemlerinin geliştirilmesini de zorunlu kılmıştır. ABS 1978 'lerden bu yana kullanılmaya başlayan geliştirilmiş fren sistemidir. Bilinen yanlışın aksine ABS fren mesafesini kısaltmayıp, aracın ani frenleme anında güvenli bir şekilde duruşunu sağlar. ABS 'de tekerleklere monte edilen hız sensörleri tarafından sürekli araç hızı ve tekerlek hızları ölçülerek ABS kontrol ünitesine gönderilir. Frenleme anında sürekli ölçülen tekerlek hızları ile aracın hızı karşılaştırılarak tekerleklerin kilitlenmesini önleyecek şekilde durdurulması sağlanır.

Fren performans test sistemleri ve çeşitleri incelenmiş olup , platformlu tip fren test cihazı ile örnek fren performans testleri gerçekleştirilmiştir.

Ayrıca Nissan Micra marka otomobilin, fren pedalına 350 N 'luk bir kuvvetle basıldığında, fren balatasının diske sürtünmesi sırasında oluşacak basınç ve emniyet değerleri analiz edilmiştir.

Tezin içeriğinde fren donanımları tasarımlarına, malzeme özelliklerine, işlevlerine göre incelenmiş olup, son teknolojik gelişmelere yer verilmiş ve yeni model bir araç üzerinde örnekleme yapılmıştır.

## **KAYNAKLAR**

Audi ve VW Teknik Eğitim Notları, ( 2005 ).

Demirsoy, M., “Motorlu Araçlar”, Dokuz Eylül Üniversitesi.

Düzgün M, (2005) “ Otomobillerde Fren Durma Mesafesinin Deneysel Olarak Belirlenmesi ”, G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, Ankara.

Göktan, A.G. , Güney A., Ereke M., “Taşıt Frenleri”, İTÜ. Makine Fakültesi, Otomotiv Anabilim Dalı, İstanbul 1995, 27-50.

Heinzler, H., “Advanced Vehicle Technology”, 380-395.

Kınayman G, (2003) “ Bosch ABS Anti-Blokaj Sisteminin 25. Yılı” , Bosch Basın Bülteni, İstanbul.

Limpert,R., “Brake Design and Safety”, 31-58

Mercedes Benz Motor Kitabı.

Nevcomb, T.P. ve Spurr, R.T., “Automobile Brakes and Braking System”, Motor Manuals, 76-104.

Mühendis ve Makina Dergisi, Cilt : 47 Sayı : 553

Nissan Servis El Kitabı, (2005 ).

Toyota Teknik Eğitim Kitabı 1-2 (1992-2001).

Toyota Temel Otomotiv Mekanizmaları 1,2 Kitabı.

Ford Otomotiv Teknolojisinin Temelleri Kitabı.

Bosch Türkiye Konvensiyonel Fren Sistemleri Dökümanları.

Bosch Türkiye ABS Fren Sistemleri Dökümanları ve CD ‘si.

## **İNTERNET KAYNAKLARI**

[www.obitet.gazi.edu.tr](http://www.obitet.gazi.edu.tr)

[www.dav.com.tr](http://www.dav.com.tr)

[www.audi.com.tr](http://www.audi.com.tr)

[www.renault.com.tr](http://www.renault.com.tr)

aa.bosch.de

[www.hemaendustri.com.tr](http://www.hemaendustri.com.tr)

**www.howstuffworks.com**

## ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 25.04.1980

Doğum yeri Artvin

Lise 1993-1997 Halide Edip Adivar Lisesi

Lisans 1997-2001 Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fak.  
Makine Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2003-2006 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makine Müh. Anabilim Dalı, Konstrüksiyon Programı

### Çalıştığı kurum(lar)

2002-2005 Doğuş Oto Paz. Ve Tic. A.Ş. ( VW –Seat- Audi )  
2005-Devam ediyor Nissan Spor-Tur LTD. ŞTİ.