

**ARAÇLARDAKİ AMORTİSÖRLERİN  
SÖNÜM ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Emre AKDEMİR

DANIŞMAN

Doç. Dr. Abdurrahman KARABULUT

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

Temmuz, 2014

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ARAÇLARDAKİ AMORTİSÖRLERİN**  
**SÖNÜM ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**Emre AKDEMİR**

**DANIŞMAN**

**Doç.Dr. Abdurrahman KARABULUT**

**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**

**Temmuz, 2014**

## TEZ ONAY SAYFASI

Emre Akdemir tarafından hazırlanan ‘‘Araçlardaki Amortisörlerin Sönüm Etkisinin İncelenmesi’’ adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 18/07/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Doç.Dr. Abdurrahman KARABULUT

İmza

**Başkan** : Prof.Dr. Muhammed YÜRÜSOY  
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi

**Üye** : Doç.Dr. Abdurrahman KARABULUT  
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi

**Üye** : Doç.Dr. İbrahim MUTLU  
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun  
...../...../..... tarih ve  
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. İbrahim EROL  
Enstitü Müdürü

## BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi

**Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı,

**beyan ederim.**

**18.07.2014**

**İmza**

**Emre AKDEMİR**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### ARAÇLARDAKİ AMORTİSÖRLERİN SÖNÜM ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Emre AKDEMİR

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Doç. Dr. Abdurrahman KARABULUT

Bu çalışmada araçlardaki amortisörlerin sönüm etkisi standardize edilmiş deney yöntemlerine göre karakteristikleri incelenerek ölçülmüştür. Araçların yol pürüzlülüğü etkisi üzerinde yapılan çalışmada, araçların titreşim büyüklükleri incelenmiştir. Çalışmada iki farklı araç ve birden fazla sürücü ile farklı hızlarda ölçümler yapılmıştır. Titreşim değerleri HVM100 cihazı ile farklı arazi şartlarında 20 km/h, 40 km/h ve 60 km/h hızlarla yapılarak sonuçlar sisteme aktarılarak, yer değiştirme ve ivme grafikleri Blaze programı ile oluşturulmuştur. Deney verilerinden yararlanılarak yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre; araçlardaki amortisörlerin farklı hız ve arazi koşullarında sönümlemesini göstermekte, aracın ve sürücünün performansının önemli ölçüde etkilendiği görülmüştür. İyi bir araç sürüş konforu ve sürüş güvenliği için araçlarda amortisörlerin beklentileri karşılayacak şekilde yapılması gerektiği belirtilmiştir.

**Temmuz 2014, x + 78 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Amortisör, Titreşim, Araçlar, Süspansiyon

## **ABSTRACT**

M.Sc.Thesis

### **INVESTIGATION OF THE DAMPING EFFECTS OF SHOCK ABSORBERS IN VEHICLES**

Emre AKDEMİR

Afyon Kocatepe University

Graduate School Of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

**Supervisor:** Assoc.Prof. Dr. Abdurrahman KARABULUT

In this investigation the damping effect of shock absorbers has been measured by analyzing their specifications considering standard experiment methods. The vehicles have been analyzed for their vibration grade and impact on thoroughness of the road in a study. The work has been conducted with two different cars and more than one driver on different speed levels. Vibration values measured with HVM100 Vibrationmeter on different grounds with speeds of 20km/h, 40 km/h and 60 km/h have been recorded, translocation and acceleration graphics have been visualized with the Blaze program. According to the statistical data deriving from the experiment, the performances of the vehicle and of the driver have been affected to a great extent as a result of the damping effects of shock absorbers at different speed and different conditions. In order to achieve a good driving comfort and secure driving safety shock absorbers have to be designed exactly to meet expectations.

**July 2014, x + 78 pages**

**Key Words:** Shock, Vibration, Cars, Suspension

## **TEŞEKKÜR**

Bu alıőmanın gerekleőmesinde, çalıőmanın her basamağında yakın ilgi ve önerileriyle beni yönlendiren, danıőmanım Sayın Doç.Dr. Abdurrahman KARABULUT'a, deney çalıőmalarımnda ve deney sonuçlarının istatistiksel analizini yapmamnda bana her türlü destek ve yardımı sağlayan çalışma arkadaőım inőaat teknikeri ve ğretmen Melih KAYA'ya, her konuda öneri ve eleőtirileriyle yardımlarını grdđđm hocalarıma ve arkadaőlarıma teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteği benden esirgemeyen, sabırla çalıőmalarımı destekleyen eőim Seher AKDEMİR'e ve kızım Defne AKDEMİR'e teşekkür ederim.

**Emre AKDEMİR**  
**AFYONKARAHİSAR, 2014**

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET .....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ .....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	8
2.1 Yol Sathı Hız Kontrol Tümsekleri Tekniği.....	16
3. MATERYAL ve METOD.....	20
3.1 Temel Titreşim Denklemleri.....	25
3.2 Deney Düzeneği Elemanları.....	26
3.2.1 HVM100 Titreşim Ölçüm Cihazı.....	26
3.2.2 Ped İvme Ölçer.....	30
3.2.3 Bağlantı Elemanları.....	32
3.2.4 BLAZE Yazılım Programı.....	32
3.2.5 Otomobil Amortisörleri.....	34
3.3 Kullanılan Araçların Özellikleri.....	34
3.3.1 Mitsubishi Marka Pick-Up Arazi Taşıtı.....	37
3.3.2 Fiat Linea Marka Otomobil.....	39
4. BULGULAR.....	42
4.1 Araçların Yol Koşullarına Bağlı Test Değerleri.....	42
4.1.1 Fiat Linea Marka Otomobil 20 km/h'lık Hızla.....	42
4.1.2 Fiat Linea Marka Otomobil 40 km/h'lık Hızla.....	44
4.1.3 Fiat Linea Marka Otomobil 60 km/h'lık Hızla.....	45
4.1.4 Mitsubishi Marka Pick-Up Arazi Taşıtı 20 km/h'lık Hızla.....	47
4.1.5 Mitsubishi Marka Pick-Up Arazi Taşıtı 40 km/h'lık Hızla.....	48
4.1.6 Mitsubishi Marka Pick-Up Arazi Taşıtı 60 km/h'lık Hızla.....	49



4.2 Araçların Hızlarına Bağlı İvme Grafikleri.....	50
4.2.1 Fiat Linea Marka Otomobil 20 km/h'lık Hızla İvme Grafiği.....	50
4.2.2 Fiat Linea Marka Otomobil 40 km/h'lık Hızla İvme Grafiği.....	51
4.2.3 Fiat Linea Marka Otomobil 60 km/h'lık Hızla İvme Grafiği.....	52
4.2.4 Mitsubishi Marka Pick-Up Arazi Taşıtı 20 km/h'lık Hızla İvme Grafiği.....	53
4.2.5 Mitsubishi Marka Pick-Up Arazi Taşıtı 40 km/h'lık Hızla İvme Grafiği.....	54
4.2.6 Mitsubishi Marka Pick-Up Arazi Taşıtı 60 km/h'lık Hızla İvme Grafiği.....	55
4.3 İvme Değerlerine Bağlı Analiz Sonuçları.....	56
4.4 Yer Değişime Bağlı Titreşim Hesaplamaları.....	60
4.4.1 Fiat Linea Marka Otomobilin Titreşim Değerleri.....	65
4.4.2 Mitsubishi Marka Arazi Taşıtının Titreşim Değerleri.....	67
5. SONUÇLAR.....	73
6. KAYNAKLAR .....	75
ÖZGEÇMİŞ.....	78

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

---

a	İvme
T	Periyot
c	Sönümlleme katsayısı
f	Frekans
k	Yay katsayısı
m	Taşıt kütlesi
r	Frekans oranı
t	Zaman
$\vartheta$	Hız
dB	Desibel
$\theta$	Faz açısı
$\zeta$	Sönümlleme oranı
$\omega_n$	Doğal açısal frekans
$\omega_d$	Sönümlü doğal açısal frekans
x	Yer değiştirme
A <sub>eq</sub>	Uzun süreli enerji ortalaması
A <sub>max</sub>	Maximum değer
A <sub>min</sub>	Minimum değer
A <sub>mp</sub>	Maximum pik değer

### Kısaltmalar

---

ABC	Aktif taşıt gövdesi kontrolü
TSE	Türk standartları enstitüsü
LVDT	Lineer değişkenli yer değişimi sensörü
ISO	International organization for standardization
RMS	Root mean square
HVM	Human vibration mater
ANSI	American national standarts institude

---

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 1.1 Süspansiyon sistem kısımları.....	4
Şekil 2.1 İnsan vücudunun doğal frekansları.....	9
Şekil 2.2 Otobüslerde dümenleme simidinde ve koltukta titreşim ivmesi ölçümlerinde kullanılan ivme algılayıcıları.....	11
Şekil 2.3 Titreşim sistemi.....	15
Şekil 2.4 TSE'ye uygun kasis kesiti.....	17
Şekil 2.5 Avrupa'daki örnek kasis fotoğrafları.....	18
Şekil 2.6 İnsan vücudunun titreşim modeli.....	19
Şekil 3.1 Süspansiyonlu ve süspansiyonsuz araçlar arasındaki fark.....	20
Şekil 3.2 Amortisörlü ve amortisörsüz araçlarda gövde ile akslarda oluşan titreşimler.....	21
Şekil 3.3 Kütle-yay-amortisör sisteminde üç ayrı sönümlenme olayı.....	22
Şekil 3.4 Mekanik titreşimlerde temel büyüklükler.....	23
Şekil 3.5 Farklı sönümlenme oranlarında frekans oranına göre iletim oranının değişimi.....	24
Şekil 3.6 HVM100 cihazı bilgi ekranı.....	27
Şekil 3.7 HVM100 cihazı.....	28
Şekil 3.8 HVM100 cihazı elektrik sistemi.....	30
Şekil 3.9 Ped ivme ölçer.....	31
Şekil 3.10 Blaze ara yüzü.....	33
Şekil 3.11 HVM100 cihazı ve ekipmanları.....	34

Şekil 3.12 Test çalışması gösterilişi.....	35
Şekil 3.13 Uygulamanın yapıldığı kasis resmi.....	36
Şekil 3.14 Mitsubishi marka 4x4 arazi taşıtı.....	37
Şekil 3.15 Mitsubishi L200 taşıt aracı amortisörü.....	38
Şekil 3.16 Çift salıncaklı bağımsız ön süspansiyon sistemi.....	38
Şekil 3.17 Fiat Linea marka otomobil.....	39
Şekil 3.18 Fiat Linea marka otomobil amortisörü.....	40
Şekil 3.19 Serbest süspansiyon sisteminin MacPherson destekli ön dingili.....	41
Şekil 4.1 Fiat Linea marka otomobil 20 km/h'lık hız değerleri.....	43
Şekil 4.2 Fiat Linea marka otomobil 40 km/h'lık hız değerleri.....	45
Şekil 4.3 Fiat Linea marka otomobil 60 km/h'lık hız değerleri.....	46
Şekil 4.4 Mitsubishi marka pick-up arazi taşıtı 20 km/h'lık hız değerleri.....	47
Şekil 4.5 Mitsubishi marka pick-up arazi taşıtı 40 km/h'lık hız değerleri.....	48
Şekil 4.6 Mitsubishi marka pick-up arazi taşıtı 60 km/h'lık hız değerleri.....	50
Şekil 4.7 Fiat Linea marka otomobil 20 km/h'lık hızla ivme grafiği.....	51
Şekil 4.8 Fiat Linea marka otomobil 40 km/h'lık hızla ivme grafiği.....	52
Şekil 4.9 Fiat Linea marka otomobil 60 km/h'lık hızla ivme grafiği.....	53
Şekil 4.10 Mitsubishi marka pick-up arazi taşıtı 20 km/h'lık hızla ivme grafiği.....	54
Şekil 4.11 Mitsubishi marka pick-up arazi taşıtı 40 km/h'lık hızla ivme grafiği.....	55
Şekil 4.12 Mitsubishi marka pick-up arazi taşıtı 60 km/h'lık hızla ivme grafiği.....	56
Şekil 4.13 Fiat Linea marka otomobilin hız/ivme değerleri.....	58
Şekil 4.14 Mitsubishi marka arazi taşıtının hız/ivme değerleri.....	59
Şekil 4.15 Sönümsüz titreşim grafiği.....	61

<b>Şekil 4.16</b> Sönümlü titreşim grafiği.....	62
<b>Şekil 4.17</b> Aşırı sönümlü titreşim grafiği.....	62
<b>Şekil 4.18</b> Araç yol diyagramı.....	63
<b>Şekil 4.19</b> Fiat Linea marka otomobilin $\vartheta$ - $r_1$ grafiği.....	71
<b>Şekil 4.20</b> Mitsubishi marka arazi taşıtının $\vartheta$ - $r_1$ grafiği.....	71
<b>Şekil 4.21</b> Fiat Linea marka otomobilin $\vartheta$ - $x_1$ grafiği.....	72
<b>Şekil 4.22</b> Mitsubishi marka arazi taşıtının $\vartheta$ - $x_1$ grafiği.....	72

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Çizelge 3.1</b> Blaze sembol dizinleri.....	32
<b>Çizelge 4.1</b> Fiat Linea marka otomobilin hız/ivme değerleri.....	57
<b>Çizelge 4.2</b> Mitsubishi marka taşıt aracının hız/ivme değerleri.....	57
<b>Çizelge 4.3</b> Hıza bağlı değerler.....	69

## 1. GİRİŞ

Taşıtlarda güvenli ve konforlu bir sürüşün temini için amortisörlerin görevlerini tam bir şekilde yerine getirmeleri gerekmektedir. Fakat aynı derecede konfor ve güvenliğin üst düzeyde sağlanması oldukça güçtür. Yüzyıla yakın bir süredir gelişimini sürdüren amortisörlerden beklenenler hala tam manasıyla elde edilememiştir. Konfor ve güvenliği maksimum düzeyde sağlamada yetersizlikler devam etmektedir.

Makinelerde çalışma sırasında meydana gelen sarsıntı ve titreşimlerin şiddetini ve etkisini azaltmak için kullanılan elemanlara amortisör denmektedir. Amortisörler hareket yönüne ters, hız ile orantılı bir direnç gösterirler. Böylece sarsıntı ve titreşim doğuran enerjiyi ısıya çevirerek yutarlar. Her türlü darbeli çalışan makinelerde (tekstil makineleri, presler, iş makineleri, kaldırma makineleri, otomobiller) kullanılmalarına rağmen, en yaygın kullanım alanı araçlardır. 1910 yılına kadar amortisörlerin hemen hemen hiç kullanılmadığı görülmektedir. 1910 ile 1925 yılları arasında çoğunlukla kuru sürtünmeli amortisörler kullanılmıştır. 20. yüzyılın başlarında içten yanmalı motorlarla tahrik edilen taşıtların yaygınlaşmasıyla amortisörler de büyük bir gelişim içerisine girmiştir. 1980'lere kadar önce sabit boşalma kuvveti, sonra orantılı bir karakteristik ve ardından ayarlanabilir amortisörler kullanılmıştır. 1980-1985 yılları arasında aktif süspansiyona dair ilk adımlar atılmaya başlanmış, fakat yüksek maliyet sebebiyle az sayıda uygulama alanı bulabilmiştir. 1985'ten sonra, hızlı ve otomatik ayarlanan amortisörlerin kullanıldığı aktif süspansiyonun faydalarının anlaşılmasıyla, amortisör tekrar ilgi çekici ve gelişen bir parça haline gelmiştir.

Amortisör basit bir görünüme sahip olmakla beraber karmaşık çalışma prensibine sahiptir: Bir piston yağla dolu bir silindirin içinde gidip gelir. Pistonun üstündeki delikler, yağın silindirin üst ve alt kısımlarından girmesini sağlayarak yayın hareketini frenler. Piston gidip gelerek yağın üstten girip alttan çıkmasını ya da tam tersini (alttan girip üstten çıkmasını) sağlarken pistonu taşıyan çubuk tüpe girip çıkar; böylece boştaki yağ hacmini değiştirir. Sıkıştırma sırasında alt supaplar yağı ana tüpün dışına doğru püskürtür. Tahliye sırasında ise piston supapları piston çubuğunun hareketine eşdeğer bir yağ hacmini çeker. Amortisörün içindeki yağ, fren görevi yapan ve amortisöre

etkinliğini sağlayan elemandır. Vizkozite indeksi  $-40^{\circ}\text{C}$  ile  $+120^{\circ}\text{C}$  derece arasında etkin olmasını mümkün kılar. Aynı zamanda amortisörün içindeki hareketli parçaların yağlanması sağlar.

Amortisörler günümüzde yürür aksamlarda en sık kullanılan sönümlleme elemanlarıdır. Görevleri açıklandığı gibi yoldaki düzensizliklerden kaynaklanan salınımları en hızlı ve kapsamlı şekilde sönümllemektir, böylece aracın kendisi, kendi kendine salınım yapmaya başlamaz.

Modern taşıt süspansiyon sistemlerinin iki temel görevi vardır. Birincisi; yol bozukluklarından meydana gelen titreşimleri ve şokları taşıt gövdesinden ve sürücü yolculardan izole etmektir. İkincisi ise; yüksek bir taşıt güvenliği ve kullanım performansı sağlaması için yol yüzeyi ile tekerlek arasındaki bağlantıyı devam ettirmektir.

Süspansiyon sistemi aracın yol ile temasını sağlayan tekerleklerin bağlı olduğu sistemlerdir. Süspansiyon sisteminin görevi; hareket halindeki bir aracın tekerlerinin düşeceği çukurdan veya karşılaşacağı tümseklerden dolayı araca intikal edebilecek sarsıntıları üzerine almak, böylelikle hem aracın mekanik aksamını korumak hem de konfor sağlamaktır. Tekerlekler yollardaki çukur ve tümseklerden geçerken yukarı aşağı hareket eder. Süspansiyon sistemi, tekerleklerdeki titreşimlerin otomobilin gövdesine ulaşmasına ve gövdenin kontrolsüz olarak hareket etmesine engel olur. Süspansiyon ayrıca tekerleklerin yolla temasını sağlamaya da yardımcı olur. Yolla temasını sağlanması, taşıtın doğrultu kontrolünü kolaylaştırır. Çoğunda sarmal yay kullanılır. Otomobil bir tümseğin üstünden geçerken yay sıkışır ve enerji depolar. Ancak bu enerjiyi serbest bırakılması ve eski durumuna dönmesi gerekir. Yayın boyu, sıkıştığı kadar kısa sürede uzar ve normal boyunu geçer. Daha sonra ilk haline döner. Yaylar normal boylarına gelinceye kadar defalarca sıkışır ve uzar.

Bir aracın yük durumu sürüş konforunu ve sürüş dengesini oldukça etkiler. Bu etkiyi ortadan kaldırmak için seviye ayar sistemleri geliştirildi ve geliştiriliyor. Aracın süspansiyonundaki yüke göre tepki verme görevleri vardır. Bu zamana kadar bu tip



sistemler karmaşık olmalarından dolayı üst sınıf araçlarda veya lüks araçlarda sunuluyordu.

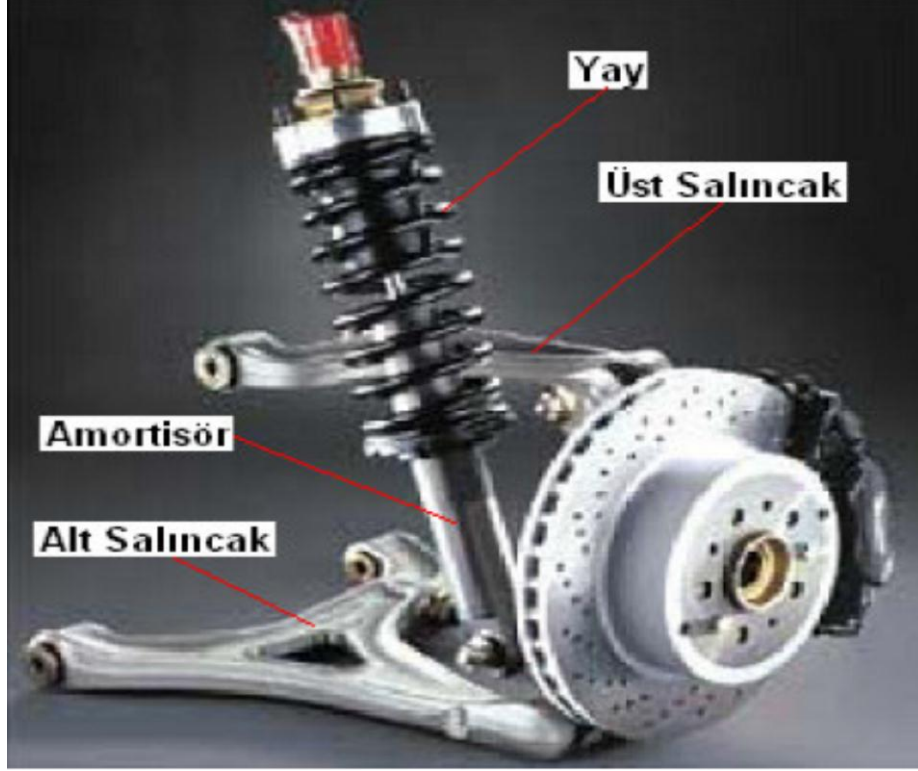
Aracın sürüş dengesi hızın ve ortam koşullarının yanında akslara binen ağırlıklara ve ağırlık dağılımına daha çok bağlıdır. Özellikle aracın yerden yüksekliği, sürüş dengesi, sürüş emniyeti ve aerodinamik gibi faktörler düzensiz bir ağırlık dağılımından dolayı olumsuz etkilenir. Araca fazla yük konduğunda yaylar ağırlığın artmasından dolayı daha fazla sıkışır ve aracın yoldan yüksekliği azalır. Bunun sonucunda örneğin çukurlardan geçildiğinde yaylanma yolu kısalmış, alt taban zarar görebilir.

Titreşim, bir sistemin denge konumu civarında yapmış olduğu salınım hareketidir. Eğer salınım hareketi T saniyede kendini tekrar ediyorsa böyle hareketlere periyodik hareket denir. Periyodik titreşim hareketinde, hareketin tekrar süresine periyot (T) ve 1 saniyede meydana gelen hareket sayısına frekans (f) adı verilir. Matematiksel tanım ile frekans periyodun tersidir ve aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$f = T^{-1} = \frac{1}{T} \quad (1.1)$$

Periyodun birimi saniye (s), frekansın birimi Hertz (Hz)'dir.

Konvensiyonel sistemler genel olarak; tekerlek, tekerleği taşıt gövdesine bağlayan kollar ile yay ve sönüm elemanlarından oluşmaktadır. Şekil 1.1'de pasif süspansiyon sisteminin temel kısımları görülmektedir.



**Şekil 1.1** Süspansiyon sistem elemanları.

Bir süspansiyonun görevi aracın ağırlığını taşımak ve yoldaki düzensizliklerden kaynaklanan darbeleri dengelemektir. Süspansiyon, yaydaki gerginlik nedeniyle tüm lastiklerin yolla temasını kaybetmemesini sağlar (örneğin çukurlarda). Uygun olmayan yol koşullarında çekiş gücü, fren ve direksiyon hâkimiyeti sağlanmalı ve sürüş hâkimiyeti kaybolmaması en önemli hususlardandır.

Yaylanma ve sönümlemenin birlikte en uygun şekilde çalışması için yaylar ve amortisör sistemleri birlikte kullanılır. Fiziksel olarak bakıldığında bir araç yaylanmamış ve yaylanmış kütlelerden oluşur. Mekanik yaylar ve amortisör sistemleri burada kısmen yaylanmamış kütlelere girerler.

Sönümlenmemiş bir süspansiyonda yoldan üst üste gelen düzensizlikler sonucu lastikler atlamaya ve yolla teması kaybetmeye başlar. Aracın genel yapısı yeni oluşan ve üst üste binen salınım hareketi sonucu dengesini kaybeder ve yolla temas düzensizleşir. Araç artık kontrol edilemez ve dengesizdir.

Sönümlü sistemlere sahip araç, amortisör sayesinde yoldaki düzensizliklerden kaynaklanan kaporta ve tekerlek salınımları hızlıca sönümlenir. Böylelikle lastik ile yol arasında temas kuvveti kaybolmaz ve çekiş gücü, direksiyon ve fren hâkimiyeti devam eder. Yol koşulları kötü de olsa araç kontrol edilebilir ve dengesini yitirmez (Çay 2006).

Amortisörler günümüzde yürür aksamlarda en sık kullanılan sönümlenme elemanlarıdır. Görevleri açıklandığı gibi yoldaki düzensizliklerden kaynaklanan salınımları en hızlı ve kapsamlı şekilde sönümlenektir, böylece aracın kendisi, kendi kendine salınım yapmaya başlamaz. Günümüzde amortisörler genelde hidropnömatik sistemlerden daha yapısaldır.

Piston kolu içe yaylanmada çalışma bölmesine daldığında dengeleme bölmesi, çalışma bölmesinden sıkıştırılan gazı toplama görevine de sahiptir. Yapıları itibariyle tek borulu ve çift borulu amortisörler vardır. Burada gösterilen diyafram her amortisörde olmayabilir. Amortisörlerin yapısına göre hidrolik yağ ve gaz doğrudan birbirlerini sınırlayabilirler veya bir ayırma pistonu birbirinden ayrı olabilirler.

Bir süspansiyon oranı dendiğinde arka aks rulmanı ile amortisör ayak noktası arasındaki mesafenin tekerleğin konumuna olan oranı anlatılır. Arka aks rulmanı ve ayak noktası ile bir taşıma kolu belirlenir. Ayak noktasının arka rulmanı yönünde mekanik olarak kaydırılmasıyla bu taşıma kolu kısaltılır. Kolun kısalması amortisörü arka aks üzerinden bastırmak için daha fazla güç gerekeceği anlamına gelir. Aynı yük koşulları altında aracın arka aksı, taşıma kolu uzunken olduğu gibi şiddetli yaylanmaz.

Volkswagen marka Passat modelinde “nivomat” sistemi bulunmakta olup; nivomat kendiliğinden aracın yük durumuna göre tepki verebilen ve aracın seviyesini yükün durumuna göre ayarlayabilen bir amortisör sistemidir. Yani bu sistemle araç yüklükten kendi sınırları içinde aracın arkasını yukarı kaldırır, böylece sürüş dengesi bozulmaz. Böylelikle aracın ve dolayısıyla yolcuların güvenliğine katkıda bulunur. Başlıca avantajları şunlardır:

- Tümüleşik yapı,

- Kolay montaj ve dönüşüm,
- Ekonomik,
- Elektrik ve hidrolik güce gerek yok,
- Yüksek yakıt tüketimi yok,
- Yüke bağlı süspansiyon,
- Aşırı yüklemelerde alt tabanı hasardan korur,
- Araç yüklü bile olsa amortisörler optimum konumda kalırlar.

Nivomat, tümleşik bir seviye ayar sistemidir. Arka aksdaki alışagelmış hidropnömatik amortisörlerin yerine takılır. Nivomatın çapı sıradan bir amortisörden daha büyüktür. Her Nivomat kendini yükün durumuna göre ayarlayabildiğinden dolayı arka aksın sol ve sağ tarafına farklı yükler konulması da mümkündür. Yapıdaki en önemli özellikler düşük basınçlı ve yüksek basınçlı yağ hazneleri ve dâhili mekanik hidrolik pompadır.

Üç farklı sertlikte amortisör (Normal, yumuşak ve sert) kullanılarak pürüzlü yollardaki dinamik tekerlek yarıçapındaki değişimler ölçülerek, ölçüm sonuçları ile tekerlek hızına ve dinamik tekerlek yarıçapına bağlı kayma değişimleri belirlenmiş ve aralarındaki farklar ortaya çıkarılmıştır. Bu farkların analizi ile dinamik tekerlek yarıçapının tekerlek hızına ve kaymaya yansıtılmasında amortisör sertliklerinin etkili olduğu görülmüştür. (Köylü ve Çınar 2009)

Taşıtlar seyir halinde yol pürüzlülüğünden (tümsek, çukur vb.) gelen uyarılarla titreşim yaparlar. Ayrıca dönen makine parçalarının dengesizliğinden ve lastiklerin balanssızlığından da araçlarda titreşim meydana gelmektedir. Araçlarda meydana gelen titreşimler kuvvet salınımları meydana getirmektedir. Tekerlekte oluşan kuvvet salınımları tekerleklerin yol ile temasını etkilemekte; temasın az olmasında sürüş emniyeti düşerken, artmasında ise yol yıpranmasını artırmaktadır. Araçlarda oluşan diğer kuvvet salınımları ise taşıt elemanlarının mukavemetine etki ederek ömürlerini kısaltmaktadır. Sönüm elemanı aracın kütlesi ve hızı gibi faktörlere göre seçilmesi gerekmekte olup, iyi bir süspansiyon sistemi; titreşimlerin yol açtığı gövde gerilimlerini, ivmelerini tekerlek yükü salınımlarını ve sürücü rahatsızlığını minimuma düşürürken aracın sürüş emniyetini maksimum düzeyde tutmalıdır. Süspansiyon

sisteminin en önemli elemanı olan amortisörlerin aşırı yumuşak ve aşırı sert olması aracın ömrünü azaltacağı gibi, sürüş güvenliği ve konfor açısından tehlikeli boyutlara ulaştırabilir. Bu yüzden taşıtlardaki amortisörün seçimi uygun olmalı ve aracın kullanımına bağlı olarak periyodik bakımlarına özen gösterilmesi gerekmektedir.

Araçtaki kütleler, süspansiyonlu kütleler (tahrik aksamı ve yürüyen aksam ile birlikte araç gövdesi) ve süspansiyonsuz kütleler (tekerlekler, frenler, aks tahrik milleri, tekerlek rulmanları ve tekerlek rulman muhafazaları) olmak üzere ikiye ayrılır. Süspansiyonlu ve süspansiyonsuz kütlelerin ağırlığı arasındaki ilişki de sürüş konforunu ve direksiyon kararlılığını etkiler. Süspansiyonlu kütlelerin ağırlığı büyük olduğu zaman gövdenin sarsıntıya yatkınlığı yol yüzeyinde bir pürüzlülük olsa bile azalır. Bundan dolayı büyük ve ağır bir gövde daha konforlu bir sürüş sağlar. Süspansiyonlu kütle parçalarının, özellikle aracın gövdesinin salınımı ve sarsıntısı sürüş konforu açısından çok önemlidir.

Hidrolik ve gazlı tipli teleskopik amortisörler günümüzde yaygın olarak kullanılan amortisör çeşitlerindedir. Kullanılan amortisör tipinin kullanıma bağlı etkinliği, sönüm kabiliyetindeki düşüşünü ve görevini yerine getirip getirmediği açısından çok önemlidir. Taşıtlarda konforlu ve güvenli bir sürüş için amortisör tercihi önem arz etmektedir.

Bu çalışmada farklı tip araçlarda kullanılan amortisörlerin sönüm etkisi incelenmiştir. Bu amaç için yol şartları da dikkate alınmış, deney çalışmaları farklı araçlar için aynı yol koşullarında yapılmıştır. Farklı hızlarla yapılan çalışmada amortisörlerin farklı yol şartlarındaki durumları özel bir cihaz ile ivme değerleri bulunarak yorumlanmıştır. Özel bir yazılım programıyla bilgiler değerlendirilmiş olup istatistikî metotlar kullanılarak grafikler sayesinde sönüm sisteminin titreşim büyüklüğü belirlenmeye çalışılmıştır.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Hannah ve Stephens (1956), mekanik titreşim konusunda örneklerin yer aldığı eserlerini yayınlamışlardır. Çalışmada titreşim teorisi, serbest ve zorlanmış titreşim sistemlerinde, sönüm dereceleri üzerinde inceleme yapılmıştır.

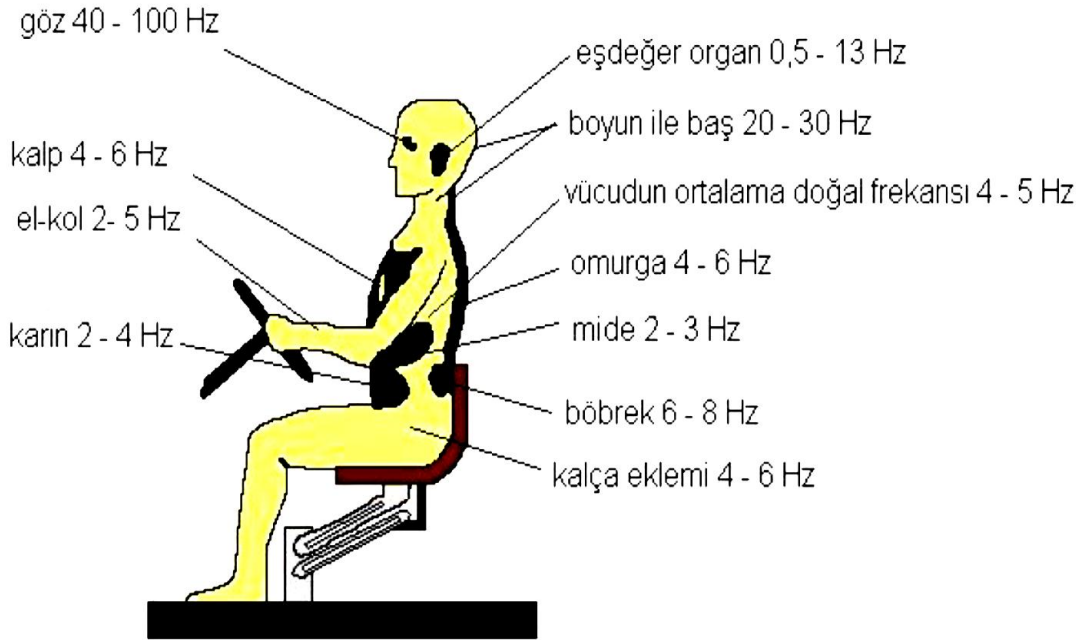
Bruel & Kjør firma (1982), akustik ölçüm cihazları üreten bu firma, titreşim ölçümü ile ilgili bir broşür yayınlamıştır. Broşürde, temel titreşim teorisi, titreşim ölçüm cihazları ve titreşim ölçümlerinin değerlendirilmesi hakkında bilgiler verilmektedir. 1998 yılında bu eğitim broşürü güncellenerek, şok ve titreşime giriş ile titreşim ölçüm ve analizi adları ile yayınlanmıştır.

Arkun (1983), yayınlanan çalışmasında, titreşimli makinelerin çalıştığı yapıların 5...10 Hz arasındaki titreşimlere duyarlı olduğunu, işitilebilir sese dönüşün veya dönüşmesin sanayi yapılarında oluşan titreşimlerin, belirli seviyelere ulaştıklarında, insanları tedirgin etmeye başladıklarını belirtmiştir. Yazar, titreşimli makine temelinin projelendirilmesinde göz önüne alınması gereken en önemli öğenin sönüm olduğunu vurgulamakta, ikinci önemli öğenin ise, kütle olduğunu belirtmektedir.

Sabancı (1984), yayınlanan eserinde tarım traktörlerinde titreşim sorunları ve sürücü koltuklarının yalıtım özelliklerini incelemiştir. Araştırma kapsamında Adana Sosyal Sigortalar Hastanesi'ne omurga ağrısı şikâyeti ile gelen hastaların meslekleriyle ilgili bir anket çalışması yürütülmüş ve laboratuvar ortamında traktör, koltuk ve sürücü titreşim özellikleri incelenmiştir. Yapılan bu çalışmalar neticesinde, omurga rahatsızlığı çeken kişiler içerisinde traktör sürücülerinin önemli bir oranı oluşturduğu belirlenmiş, bunun nedeni olarak koltuk doğal frekansları ile sürücü doğal frekanslarının birbirlerine çok yakın bulunmasından dolayı, sık sık rezonans olayının meydana gelmesi gösterilmiş ve araştırma materyali traktörlerde doğal frekansın 2,5...5 Hz; koltuklarda 1,5...8 Hz ve sürücülerde ise, 4,0...4,5 Hz arasında değiştiği sonuçlarına ulaşılmıştır.

Bölükoğlu ve Kunst (1989), yayınlanan çalışmalarında traktör koltuklarının tasarımında titreşimin önemine değinmişlerdir. Yazarlar, değişik tip titreşim yoğunluğu

ve aralığının oluşturduğu etkilere ilişkin birçok araştırma raporunun yayınlandığını belirterek, bunların titreşimlerin fizyolojik açıdan birçok etkilerinin olduğu hatta sağlık yönünden olumsuzluklara neden olabileceğini vurguladığını ileri sürmüşlerdir. Çalışmada, insan omurları üzerindeki yükün, oturma pozisyonunda, ayakta dikilme pozisyonundan daha fazla olduğu belirtilmiştir. İnsan vücudunun hiçbir zaman rijit bir kütle olarak düşünülmemeyeceği, bu özelliği ile vücudun oldukça karmaşık, farklı kütlelerin oluşturduğu yaylanma etkisi, sönümleme etkisi ve doğal frekansları farklı olan elastik bir sistem olarak değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Çalışmada insan vücudunun doğal frekansları şematik olarak gösterilmiştir. Bu resim Şekil 2.1'de görülmektedir.



**Şekil 2.1** İnsan vücudunun doğal frekansları (Bölükoğlu ve Kunst 1989).

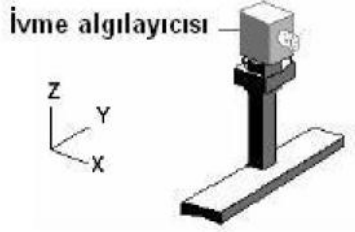
Güney (1989), yayınlanan çalışmasında taşıt titreşimlerinde frekansa bağlı optimum sönüm karakteri tasarımı üzerinde durmuştur. Araştırmacı, çalışmasında alçak frekanslarda yüksek sönüm veren, belli bir frekanstan sonra sönümleme görevini yapmayan ve tekrar yaklaşık 9 Hz civarında devreye giren bir sönümleme elemanı kullanıldığında, taşıtların hem seyir emniyeti, hem de titreşim konforu açısından yaklaşık % 20 daha iyi bir duruma getirilebileceği sonucuna ulaşmıştır.

Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) (1997), tarafından insanların maruz kaldığı bütün vücut titreşiminin değerlendirme yöntemlerinin açıklandığı ISO 2631 standardı yayınlanmıştır. Standart iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde genel özellikler, ikinci bölümde ise, binalarda devamlı ve şoka neden olan titreşimler ele alınmıştır. Bu standart, titreşim ölçüm ve değerlendirmesi ile ilgili bütün standartların atıf yaptığı temel standarttır. Standartta, titreşim ölçümünde aksi belirtilmedikçe, frekans ağırlıklı KOK ivme değerinin belirlenmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Bu amaçla, titreşimin sağlık, algılama ve konfor ile hareket hastalığı üzerindeki etkileri için değişik çalışma ve duruş pozisyonlarında frekans ağırlık faktörleri tanımlanmış ve matematiksel eşitlikler verilmiştir. Standart sadece bütün vücut titreşimini kapsamaktadır.

Griffin (1997), titreşim ve hareket konulu çalışmasını yayınlamıştır. Çalışmasında titreşimi bütün vücut titreşimi ve el-kol titreşimi olarak sınıflandırmıştır. Yazar, bütün vücut titreşiminin sağlık, rahatlık-algılama ve hareket hastalığı üzerindeki etkilerini incelemiştir. Buna göre titreşim, önemli sağlık problemlerine yol açabilmekte, rahatsızlık meydana getirebilmekte, insanı yorarak dikkat kaybına sebep olabilmekte ve araç tutmasına neden olmaktadır. Titreşim ölçümlerinin değerlendirilmesinde titreşim doz değerinin (TDD) kullanılması önerilmektedir. El-kol titreşimlerinin de el-kol titreşim sendromuna neden olduğu vurgulanmaktadır.

Eaton (2003), Otobüs Sürücüleri ve İnsan Titreşimi konulu araştırma raporunu yayınlamıştır. Çalışmada bir otobüs filosundan seçilen otobüsler kullanılmıştır. Otobüsler tipik kullanım koşullarında sürülerek deneyler yapılmıştır. Araştırmada, dümenleme simidi üzerinden el-kol titreşim ölçümleri ve koltuk üzerinden bütün vücut titreşimi ölçümleri yapılmış ve değerlendirilmiştir. Ölçümler üç eksenli ivme algılayıcıları ve titreşim analiz cihazı ile yapılmıştır. El-kol titreşim ölçümünde kullanılan ivme algılayıcısı ve bu amaçla geliştirilmiş el adaptörü ile bütün vücut titreşim ölçümleri için kullanılan ivme algılayıcısı Şekil 2.2'de görülmektedir.

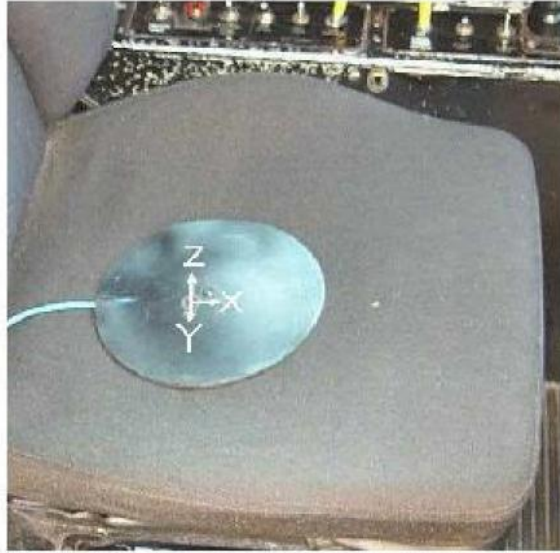




a. El-kol titreşim ölçümlerinde kullanılan ivme algılayıcısı ve el adaptörü



b. Dömenleme simidinde el-kol titreşim ivmesinin ölçülmesi



c. Bütün vücut titreşim ölçümleri için ivme algılayıcısının sürücü koltuğuna yerleştirilmesi

**Şekil 2.2** Otobüslerde dömenleme simidinde ve koltukta titreşim ivmesi ölçümlerinde kullanılan ivme algılayıcıları (Eaton 2003).

Araştırmacı farklı frekanslardaki titreşimlere karşı insan vücudunun duyarlılığının ölçüm zincirine eklenen frekans ağırlıkları vasıtasıyla belirlendiğini belirterek, el-kol titreşim ölçümlerinde  $W_h$ ; bütün vücut titreşim ölçümlerinde x ve y eksenleri için  $W_d$ , z eksenini için  $W_k$  frekans ağırlıklarını kullanmıştır. Şehir içi ve şehirlerarası yollarda yapılan ölçümler neticesinde el-kol titreşimi için x ekseninin, bütün vücut titreşimi için z ekseninin dominant olduğu belirlenmiştir. El-kol titreşim ölçümlerinde en iyi sonuçlar

şehirlerarası otobüsler ile körüklü otobüslerden elde edilmiş, bütün vücut titreşim ölçümlerinde ise, yine şehirlerarası otobüsler iyi netice vermiştir. Yoldaki engebelerin ve ilerleme hızının titreşim ivme değerlerini yükseltici bir unsur oldukları vurgulanarak, ölçüm sonuçlarının, American Conference of Government Hygienists ve ISO 2631-1 (1997)'de belirtilen riskli bölgelerin çok altında bulunduğu belirtilmiş ve araştırma kapsamında yer alan otobüsleri kullanan sürücüler için herhangi bir sağlık riskinin bulunmadığı sonucuna varılmıştır.

Rosen ve Arcan (2003), yayınladıkları makalelerinde, bir titreşim ortamındaki insan vücudu-koltuk sisteminin modellenmesi üzerinde çalışmışlardır. Yayında, titreşim ortamlarının insanların yoğun bir şekilde maruz kaldıkları suni ortamlar olduğu belirtilerek, titreşim ortamında bir koltukta oturan kişinin modelinin kurulması için genel insan dinamikleri ile koltuk minderi, süspansiyon sistemi ve koltuk yüzey geometrisi gibi faktörlerin birlikte değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Genel insan dinamikleri, vücudun koltuk üzerine gelen kütlesi, vücut duruşu, arkalık desteği, ayak destekleri, çalışma ve oturma durumlarında ortaya çıkan kas gerginlikleri ile titreşim eksenleri olarak belirlenmiştir.

Türk Standartları Enstitüsü (TSE) (2005), tarafından titreşime karşı insan tepkisi ve ölçme düzenekleri hakkındaki TSE ENV 28041 numaralı standart taslağı yayınlanmıştır. Standart, frekans ağırlıkları, değerlendirme yöntemleri ve zaman ağırlıklandırma kavramlarını çizelgeler, abaklar ve matematiksel formüller yardımıyla açıklamaktadır.

T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı (2003), titreşim yönetmeliğini 23 Aralık 2003 tarih ve 24325 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğü girmiştir. Bu yönetmelikte, işçilerin mekanik titreşime maruz kalmaları sonucu ortaya çıkabilecek sağlık ve güvenlik risklerinden korunmalarını sağlamak amacıyla alınan önlemler belirtilmektedir.

Duman (1994), yol-taşıtlı ilişkisini inceleyerek hidrolik teleskopik amortisörlerin süspansiyon sistemine uygun olduğu tespit edilmiş, test etmede kullanılmak üzere test

cihazı imal etmiştir. Araştırma sonucunda, çalışma süresinin artmasıyla amortisör yağının ısındığını ve yağ viskozitesi bozulduğundan amortisör direncinin azaldığını belirtmiştir. Ayrıca çeki kuvvetlerinin belirli bir devirden sonra düştüğünü ve test cihazının amortisör karakteristik eğrilerini elde etmede kullanılabilir olduğunu göstermiştir.

Nozaki ve Inagaki (1999), süspansiyon yaylarını ve amortisörleri taşıttan sökmeden taşıt üzerinde teşhis edebilen bir cihaz geliştirmiş, bu cihaz sayesinde sönümleme kuvvetini ve yay sabitini ayrı ayrı değerlendirmişler ve tutarlı sonuçlar elde etmişlerdir. Bu durumda yay için uygun amortisör seçmenin daha kolay olacağı ifade edilmiştir.

Park ve ark. (1999)'nın tasarladıkları ER<sup>1</sup> (Elektrorheological) amortisörü, amortisör üzerinden ölçtükleri sönümleme kuvvetlerini çeşitli sıcaklıklarda Bingham Modelinden elde ettikleri sönümleme kuvvetleriyle karşılaştırarak, ER amortisörünü 500.000 çevrimin üzerinde sürekli çalıştırılmış ve çalışma sıcaklığı ile sönümleme kuvvetlerinin değişimleri izlenmiştir. Elektrik alanının varlığında akış kesilme gerilmesi artışı yüzünden sönümleme kuvvetlerinin de arttığını belirlenmiştir.

Liu ve Zhang (2002), yaptıkları çift borulu hidrolik amortisör prototipinin dinamik davranışlarını bilgisayar simülasyonu ve gerçek testlerle incelemiştir. Simülasyon ve test sonuçları arasındaki karşılaştırmadan, hysteretic sönümleme özellikli söz konusu prototip parçalı çift doğrusal özellikliye göre tezgah testiyle daha tutarlı ve uygun sonuçlar vermiştir. Yani çift doğrusal modelin tam taşıt davranışını anlamada oldukça yetersiz olduğu gösterilmiştir.

Karabulut (1995), yaptığı çalışmada traktör sürücü koltuklarının yalıtım sistemlerini incelemiştir. Bu amaçla mekanik bir titreşim üretecinde laboratuvar koşullarında testler yapılmıştır. Çalışma materyalini oluşturan (6 adet farklı sürücü oturağı) koltukların sönümlü doğal frekanslarının yüksek olduğu, sönümleme oranlarının yeterli oranlarda olmadığı ve sürücü koltuğunun traktör üzerine bağlı plakası ile hareketli kısım arasındaki düşey harekette ortaya çıkan kuru sürtünmenin minimum değere düşürülmesiyle iletkenliğin önlenmesi gerektiği sonuçlarına ulaşmıştır.

Marul (2012), yaptığı çalışmada traktörün gerçek sürücü kullanarak ve üç farklı malzemeden yapılan minder kullanılarak arazi çalışması sırasındaki titreşim büyüklükleri ölçülmüştür. Elde edilen değerlerin değerlendirilmesi sonucunda titreşim değerleri ISO standartlarında çıkmış olup, sürücü koltuğu için minderlerin mutlak faydası tespit edilmiş olup, en iyi titreşim yalıtımı olarak yün minder tespit edilmiştir.

Uçar (2001), çalışmasında matematiksel model oluşturarak süspansiyon sistemi elemanlarının taşıt titreşimleri üzerindeki etkisini incelemiştir. Taşıt seyir hızının, süspansiyon yay sertliği ve sönüm katsayısının, lastik yay sertliğinin, yol pürüzlülüğü spektrum yoğunluğu ve yol dalgalılık faktörünün, sürücü koltuğunun yay sertliği ve sönüm oranının ve son olarak taşıt kütesinin seyir emniyeti ve konforu üzerinde etkili olduğunu ortaya koymuştur.

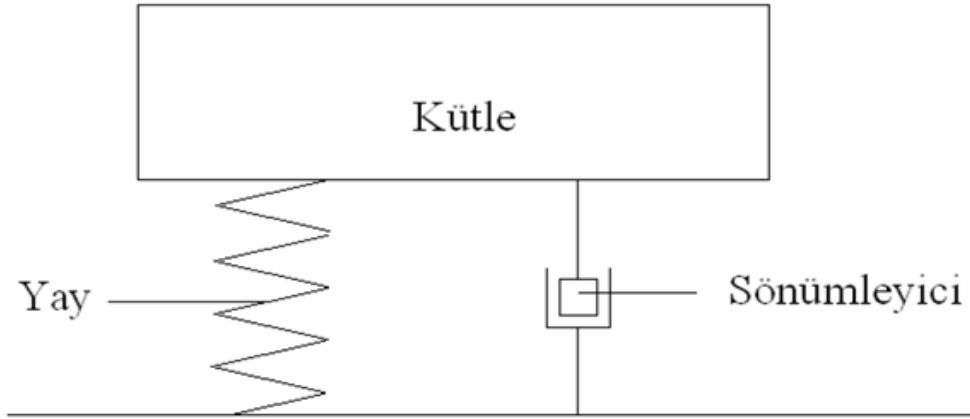
Ramos ve ark. (2004), araştırmasında çift borulu otomotiv amortisörünün ısıl performansını belirlemek amacıyla bir model geliştirmiştir. Çalışma esnasında amortisörün çeşitli kısımlarının ayrı ayrı sıcaklıklarını gözlemlenerek, her bir amortisör kısmı için enerjinin korunumu eşitliğini uygulanmış ve sıcaklık değişimlerini elde etmek için bu eşitlikleri çözmüşlerdir. Deneyde ölçülen sıcaklıklar modelden elde edilen sıcaklıklarla karşılaştırılmıştır. Sonuçta, uygulanan ısıl model başarılı olmuş ve yakın gelecekte gerçek yol uyarıları için bir ısıl modeli amaçlanabileceği ortaya koyulmuştur.

Lee ve Moon (2004), amortisör performansını analiz etmede DSSA<sup>1</sup> (displacement-sensitive shock absorber) adlı yeni bir dinamik matematik model yapmış, amortisörün sert ve yumuşak sönümlenme kuvveti modları için çeyrek taşıt modeli üzerinde kullanmışlar. Önerdikleri amortisör modelinin etkinliğini göstermek için sönümlenme özelliklerinin analiz sonuçlarını deneysel sonuçlarla karşılaştırmış ve benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Ayrıca sönümlenme kuvvetinin yoldan gelen uyarılara göre hesaplanabildiğini ve DSSA modelinin analiz sonuçlarına göre sürüş konforunu arttırdığını ileri sürmüşlerdir.

Pranoto ve Nagaya (2005), çalışmasında ani darbelerde örneğin ambulanda yatan

hastayı korumak için iki serbestlik dereceli tip ve dönel tip olmak üzere iki çeşit amortisör geliştirmiş ve amortisörlerin her ikisine de MRF<sup>2</sup> (magnetic rheological fluid) sıvısı doldurmuşlardır. Amortisörün elektrik alanı olmadığında klasik pasif amortisörler gibi çalışmakta olduğunu ve elektrik alanının varlığında ise sönümlemeyi arttıracak ek direnç kuvveti oluşturduğunu belirtmişlerdir. Elde edilen deney sonuçları teorik hesaplamalarla karşılaştırılmış ve sonuçlar amortisörün darbeyi önemli ölçüde azalttığını göstermiştir. Ayrıca dönel tip amortisörün iki serbestlik dereceli tipe göre daha verimli sonuçlar verdiği ileri sürülmüştür.

Anonymous (1982), titreşimi, bir kütlenin belirli bir merkez etrafında çevrimsel hareketi olarak da ifade edilebilir. Şekil 2.3’de görülen titreşim sisteminde kütle kinetik enerjiyi, yay ise potansiyel enerjiyi depo eder. Titreşim, potansiyel enerji ve kinetik enerji arasında enerji dönüşümü ile oluşur. Salınım sırasında sistemden enerji alarak, hareketi yavaşlatan ve sonunda durduran elemana sönümleyici denir.



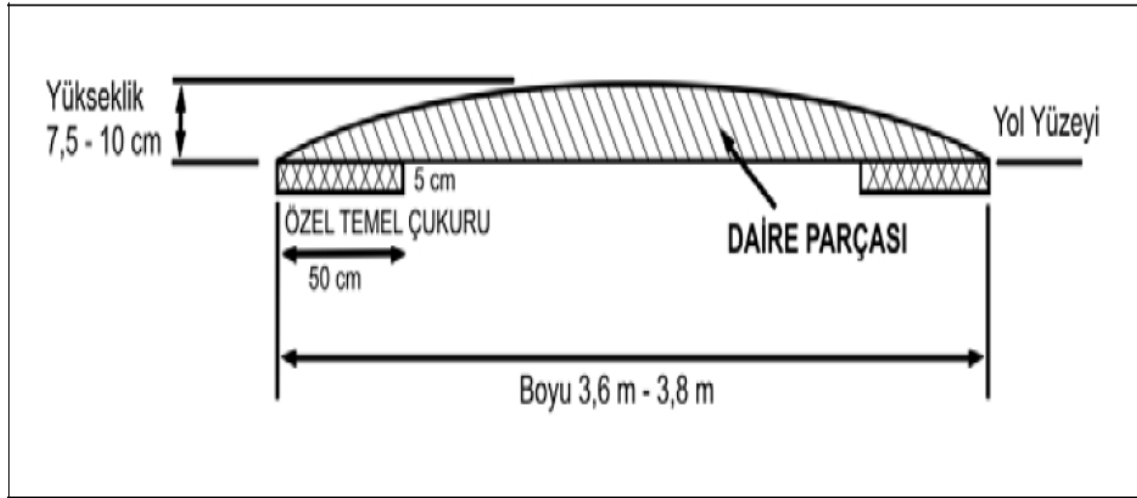
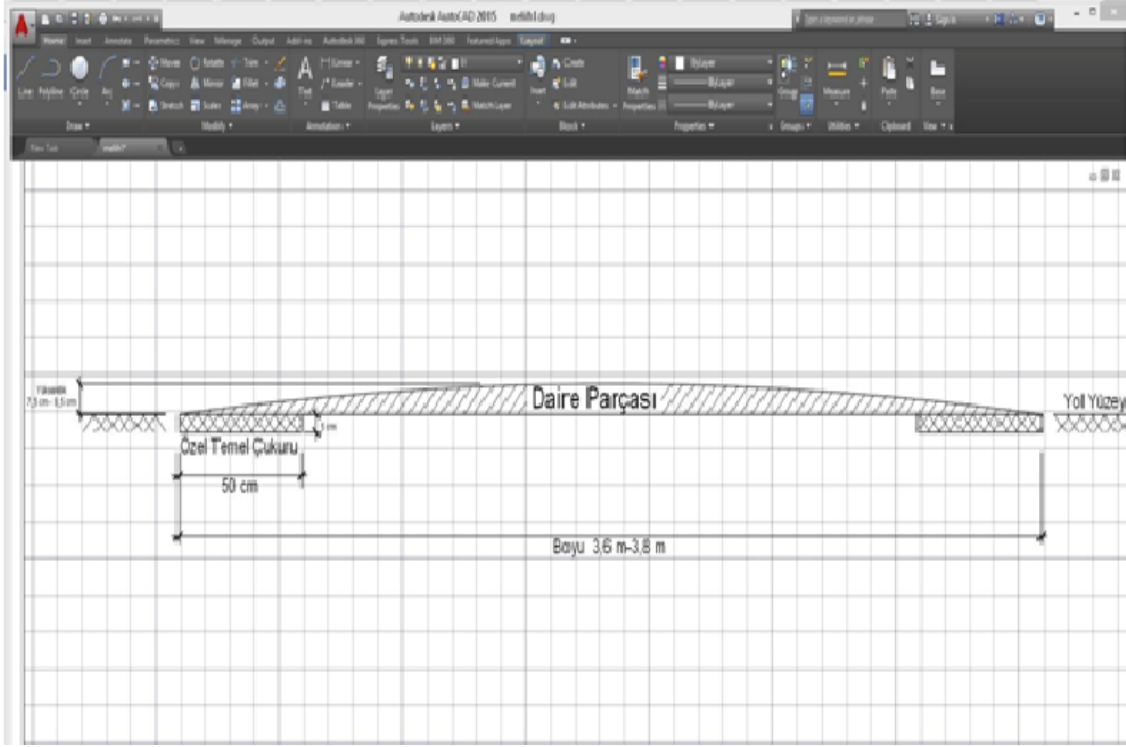
Şekil 2.3 Titreşim sistemi.

Anonymous (1997) titreşim hareketinin meydana geldiği doğrultu veya eksen sayısı serbestlik derecesi olarak adlandırılır. Uygulamada bir titreşim hareketi pek çok doğrultu veya ekseninde meydana gelebilir. Bu yüzden titreşim hareketi üç doğrusal eksen (x, y ve z) ve üç açısız doğrultu ( $r_x$ ,  $r_y$  ve  $r_z$ )’da ölçülür.

## 2.1 Yol Sathı Hız Kontrol Tümsekleri Tekniği

Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Araştırma Merkezi Müdürlüğünden alınan bilgilerde; kasisler, yol platformu boyunca enine uzanan tümseklerdir. Ülkemizde en fazla kullanılan trafiği sakinleştirmeye yönelik önlemdir. Şehir içinde trafik yoğunluğunun düşük, yol yapısının hız yapmaya elverişli olduğu ve özellikle çocuk bahçesi, okul, spor ve konut alanları gibi yaya hareketliliğinin yoğun olduğu yol kesimlerinde kullanılmaktadır. Kasislerle ilgili olarak Türk Startları Enstitüsünün (TSE) 1988 yılında kabul etmiş olduğu “Yol Sathı Hız Kontrol Elemanları Tümsekler TS 6283 Standardında;

- 50 m – 150 m ara ile birden çok sayıda ve yolun en fazla 800 m’lik kesiminde uygulanabilir.
- Birinci derece yollarda uygulanamaz.
- Aracın hızını ayarlayabilmesi için yoldan girişten itibaren ilk tümsek en az 20. metrede olmalıdır.
- Yapılacağı yolun kaplama maddesi ile aynı cinsten olmalı, taşıt yolunu enine kat etmeli, asfalt yollarda yapılacak ise mastik asfalt kullanılmalıdır.
- Sürücüler tarafından kolayca görülebilecek şekilde beyaza boyanmalıdır.
- Uygulamanın yapıldığı çift yönlü yolun başlangıç ve bitişinde, tek yönlü yolun başlangıcındaki, yol/yollara söz konusu tümseklerden en az 50 metre önce, tümseklerle yolda hız tahdidi olduğu ve bu uygulamanın uzunluğunu belirtir uyarıcı trafik işaret ve bilgi levhaları konulmalıdır.
- Tümseklerin yapımında yol sathı yağmur suyunu kolayca drene edebilecek tedbirler alınması ara yollardan bu tür tümseklerin bulunduğu yollara girişlerde de uyarıcı trafik işaretleri konulmalıdır.
- Uzunluğu 3.60 ile 3.80 metre arasında, yüksekliği ise 7.5 ile 10 santimetre arasında değişmelidir. Standarda uygun yapılmayan kasisler can ve mal güvenliğini tehdit etmektedir. Bu şekilde start dışı yapılan kasisler, yerel yönetimlerce yurttaşlara sunulan ayıplı bir hizmettir. 4077 sayılı Tüketicinin Korunması Hakkındaki Yasa, bu şekilde ayıplı hizmet nedeniyle zarara uğrayan yurttaşlar için, kasisleri yapan yerel yönetimler aleyhine dava açarak zararlarını tazmin etme hakkı vermektedir.
- TSE’ye uygun kasis en kesiti şekildeki gibidir.



**Şekil 2.4** TSE'ne uygun kasis kesiti.

Hollanda'da yapılan başka bir çalışmada da, 30 km/h'lık alan uygulamasının yapıldığı onbeş bölgeden elde edilen bulgulara göre alınan trafiği sakinleştirmeye yönelik önlemlerle araçların %85'inin 30 km/h'ın altında seyrettiği; bundaki en önemli etkenin kasis olduğu görülmüştür. Ayrıca, başta ambulans olmak üzere tüm acil müdahale araçlarının geçiş hızını arttırmak için akıllı kasis sistemi uygulanmaya başlanmıştır.



Sistemde kasisler acil müdahale araçlarına duyarlıdır ve bu araçların geçişleri esnasında kasisler yol zeminiyle aynı düzeye inmektedir. Örnek kasis fotoğrafları Şekil 2.5’de sunulmuştur.

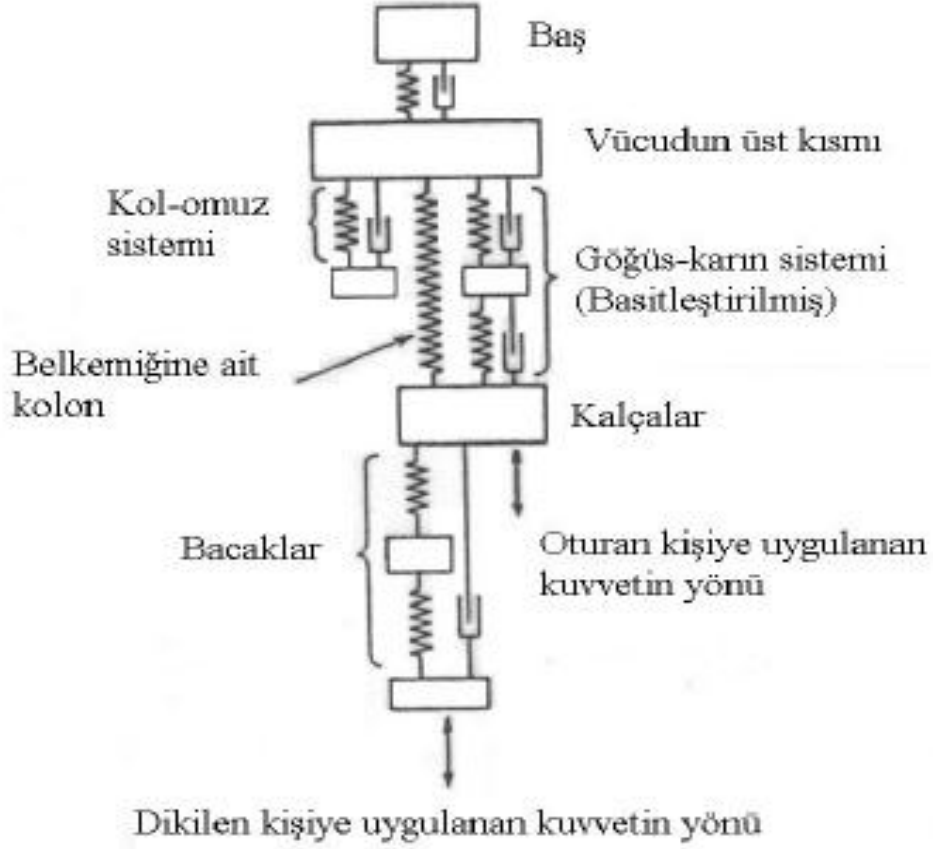


Şekil 2.5 Avrupadaki örnek kasis fotoğrafları.

Vücut hiçbir zaman katı bir kütle olarak düşünülemez. Vücut, epey karmaşık, farklı kütlelerin oluşturduğu, yaylanma etkisi, sönümlenme etkisi ve doğal frekansları farklı olan elastik bir sistemdir. Şekilde gösterilen sistem düşük frekanslı titreşimlere maruz kalan insanın bu titreşimlere karşı olan cevabının tanımlanması için yeterlidir. Bununla beraber, sistemdeki elemanlara sayısal değer vermek zordur, çünkü ele alınan kişinin



vücut tipi, durumu, kas kuvveti ve uyarılara karşı tepkileri genelde farklıdır. Düşey yönde düşük frekanslı titreşime maruz kalan, ayakta dikilen bir insanın vücudunun basitleştirilmiş mekanik sistem tasarımı aşağıdaki Şekil 2.6'daki gibidir.

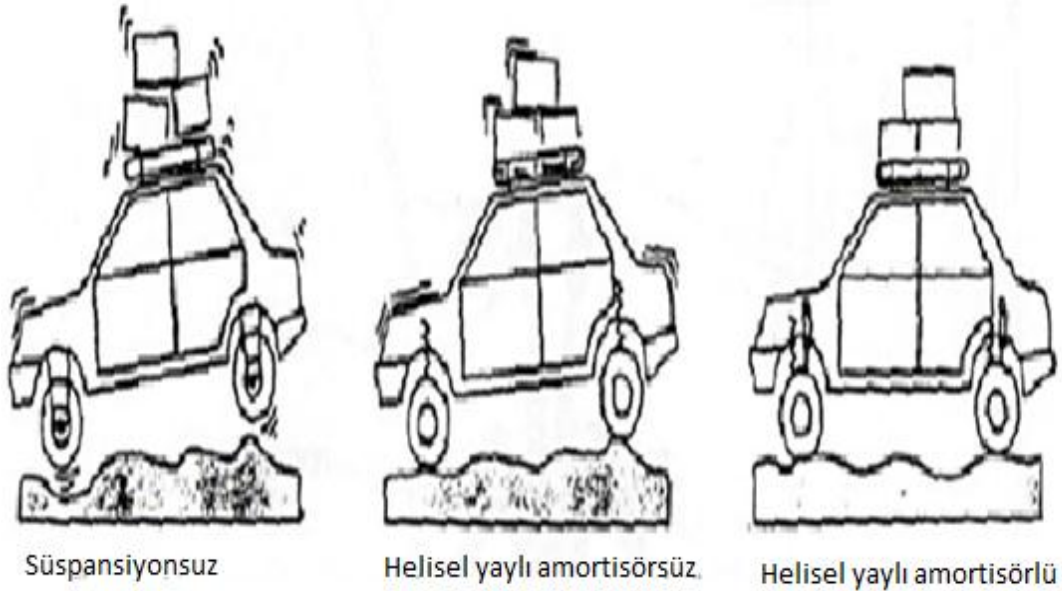


Şekil 2.6 İnsan vücudunun titreşim modeli.

### 3. MATERYAL VE METOD

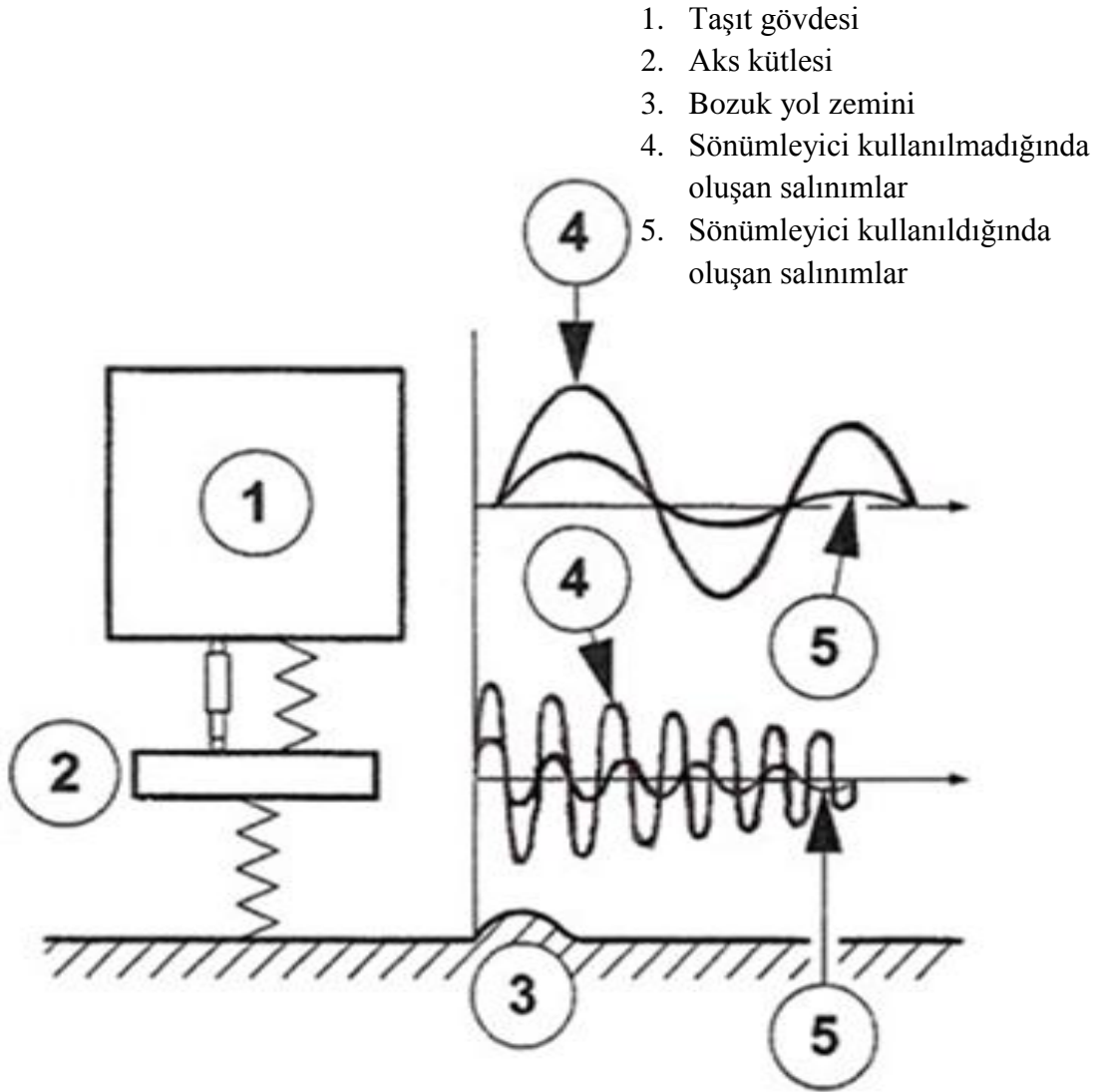
Tüm süspansiyon sistemlerinde her bir tekerlek için bir sönümleyici kullanılmaktadır. Amortisör en genel anlamıyla, titreşimleri söndüren eleman demektir. Amortisörler titreşim enerjisini yutarak onu ısı enerjisine çevirmektedirler. Bu sayede aracın salıncak gibi sallanması ve uzun süre titreşmesi önlenmiş olur.

Taşıt seyir halinde iken tekerlekler bir tümseğe çarptığında kullanılan yay tipine bağlı olmaksızın yay çabucak sıkışır. Sıkışmış yay bir enerji depoladığından açılma hareketi esnasında önceki konumunun ötesine kadar açılır. Taşıtın ağırlığı yayı aşağı bastırıldığından aşağı inme hareketine geçilir. Fakat bu kez de yine yaydaki enerjiden dolayı normal yük altındaki boyutların altına kadar yay sıkıştırılır. Bu tip salınımlar gövde denge halini buluncaya kadar tekrarlanır. Bu salınımlar, seyir konforunu düşürdüğü gibi yol tekerlek etkileşimi kötüleşeceğinden seyir emniyetini de olumsuz yönde etkileyecektir. Şekil 3.1’de süspansiyonlu ve süspansiyonsuz araçlar arasındaki fark gösterilmiştir. Ayrıca amortisörlü ve amortisörsüz süspansiyonlu iki araç arasındaki farklar da açıkça görülebilmektedir.

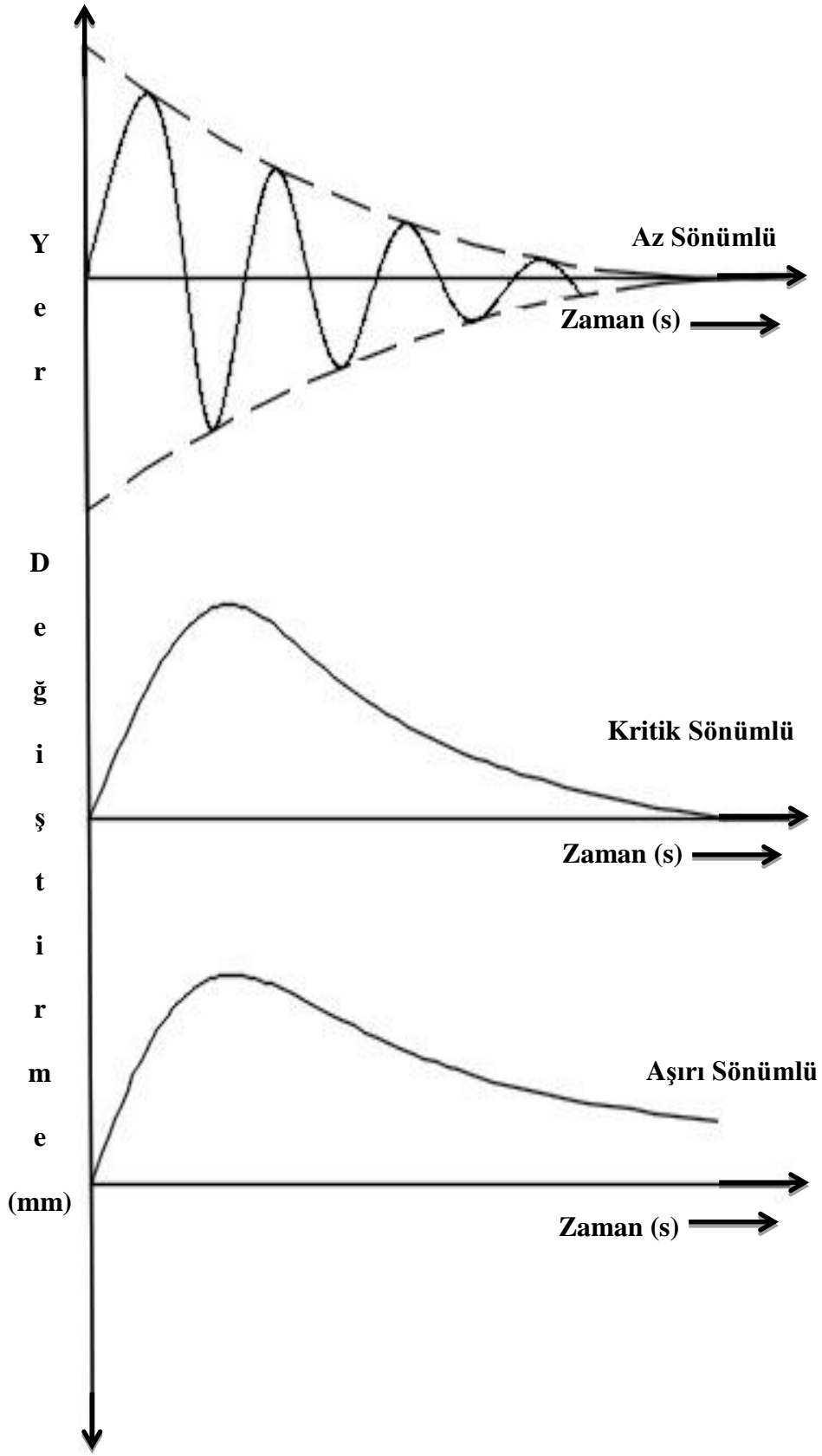


Şekil 3.1 Süspansiyonlu ve süspansiyonsuz araçlar arasındaki fark.

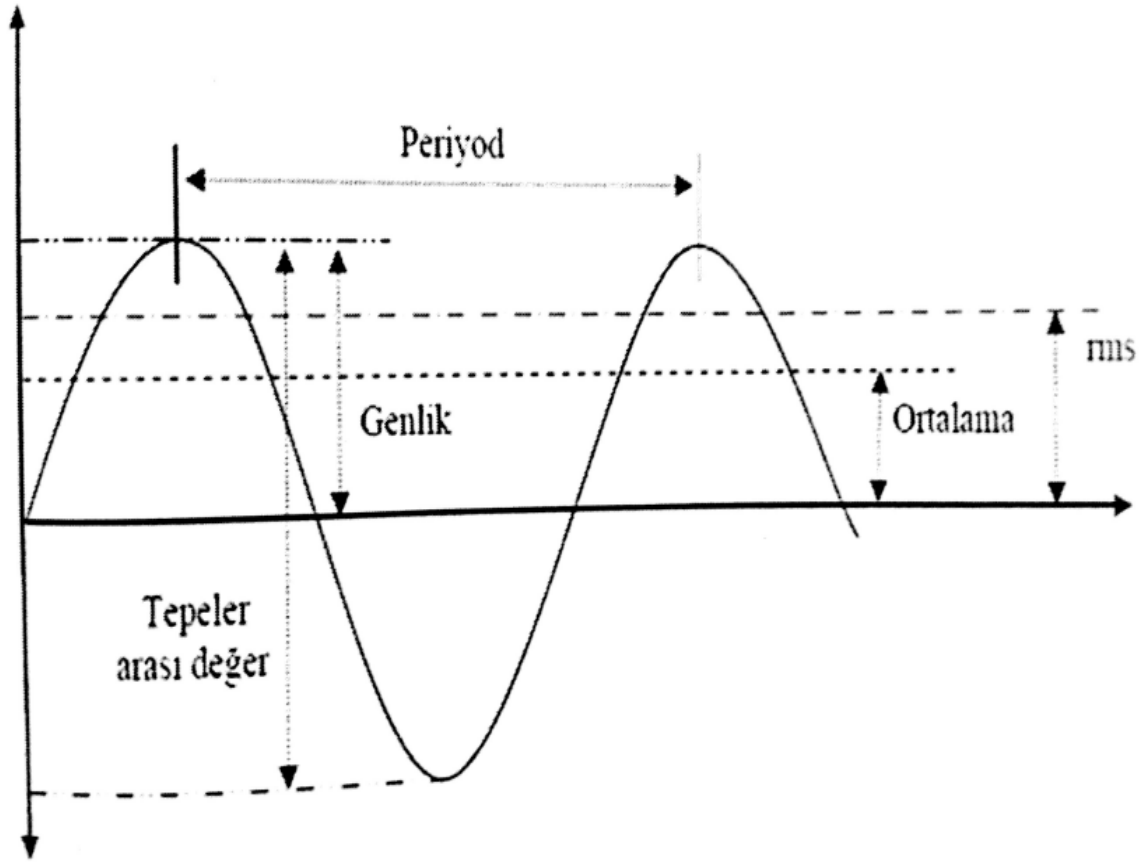
Amortisörlerin diğer bir önemli görevi; taşıt tekerlekleri ile taşıt gövdesinin titreşim frekanslarının farklı olmasından dolayı bu her iki titreşimi de sönmüleyebilmektir. Şekil 3.2’te taşıt gövdesinde ve akslarında oluşan titreşimler hem amortisörlü hem de amortisörsüz taşıtlar için ayrı ayrı gösterilmiştir. Kütle, yay ve amortisörlerin durumuna bağlı olarak sönmüleme (az sönmümlü, kritik ve aşırı sönmümlü) diyagramı Şekil 3.3’de gösterilmiştir. Mekanik titreşimlerin durumunu anlatan diyagram Şekil 3.4’de gösterilmiştir.



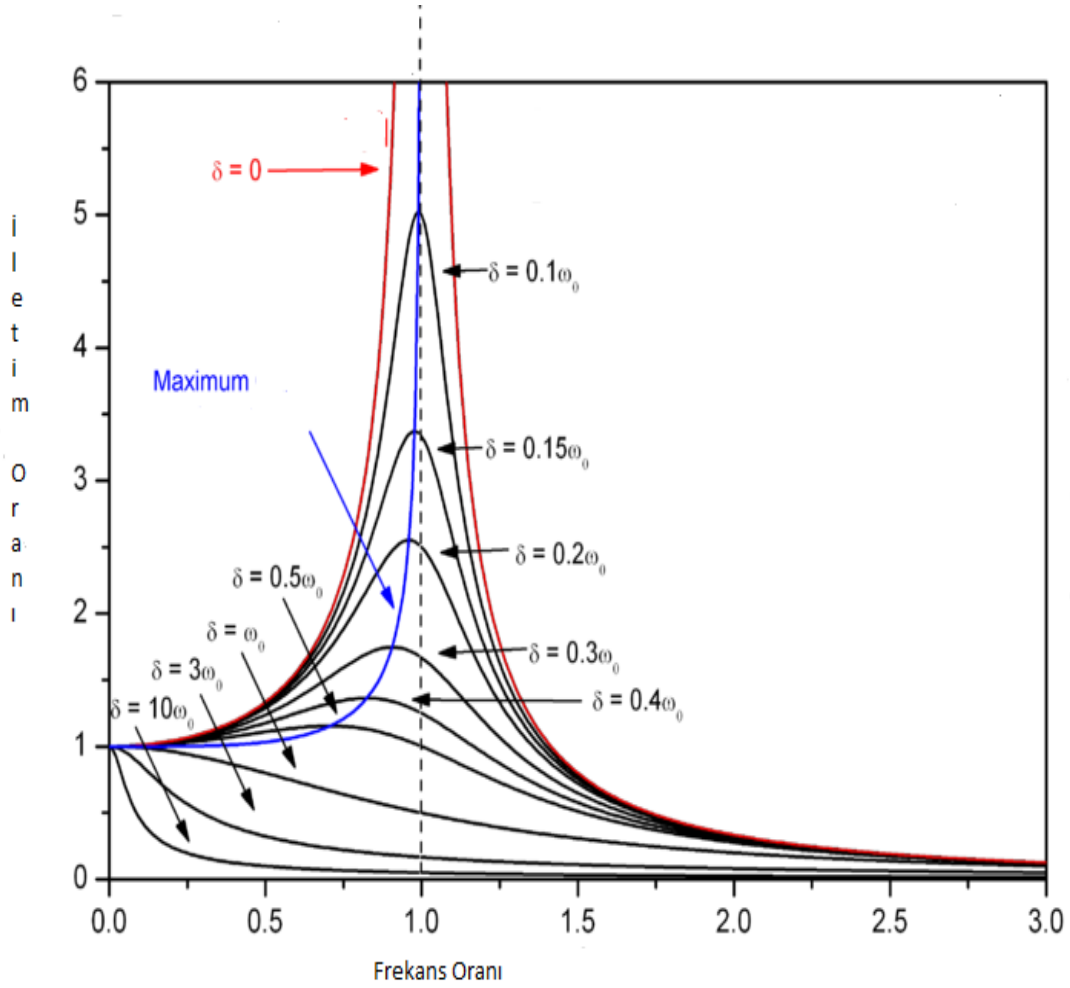
Şekil 3.2 Amortisörlü ve amortisörsüz araçlarda gövde ile akslarda oluşan titreşimler.



Şekil 3.3 Kütle-yay-amortisör sisteminde üç ayrı sönümlenme olayı.



Şekil 3.4 Mekanik titreşimlerde temel büyüklükler (Sabancı 1999).



**Şekil 3.5** Farklı sönümleme oranlarında frekans oranına göre iletim oranının değişimi.

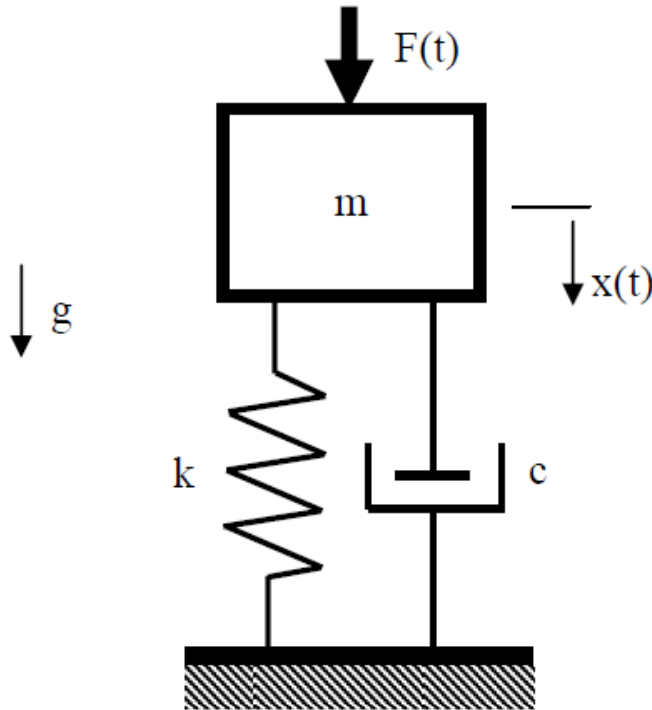
Bu çalışmada araçlarda bulunan amortisörlerin, titreşim sistemini deneysel ve matematiksel yöntemlerle belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu yöntemle yer değiştirme ve ivme değerleri elde edilmiştir. Bu çalışmada iki farklı araç kullanılarak farklı amortisörler değerlendirilmiştir.

Deneysel yöntemde aracı kullanan sürücünün hareket halinde araçta meydana gelen titreşim değerleri incelenmiştir. Sürücü koltuğu üzerine gelen titreşim değerlerini belirlemek için, sürücünün altına konulan test pedi ve elde edilen bilgileri sayısal hale getirmek için HVM100 cihazı kullanılmıştır. Sürücü üzerine gelen titreşim değerlerini karşılaştırmak için iki farklı araç için aynı sürücü kullanılmıştır. HVM100 cihazındaki bilgiler Blaze paket programı vasıtasıyla bilgisayarda grafik haline dönüştürülmüştür.

### 3.1 Temel Titreşim Denklemleri

Titreşim enerjisi mekanik sistemler için istenmeyen enerji olarak adlandırılır ve bu enerjinin başka enerjiye dönüştürülerek sistemden uzaklaştırılması gerekmektedir. Eğer sistemde sürtünme veya benzeri dirençler sebebi ile enerji kaybı ve sönümüne sebep olacak bir etki yok ise titreşim problemi sönümsüz olarak adlandırılır. Eğer sistemde sönüm mevcut ise titreşim sönümlü olarak adlandırılır. Titreşim problemlerini incelerken sönüm ihmal edilerek çözüm basitleştirilebilir, fakat sönüm etkileri özellikle rezonans durumu için oldukça önemlidir.

Bir titreşim sistemi çözümlü (cevabı) zorlamalara ve sistem parametrelerine (kütle, direnç ve sönüm) bağlı dinamik bir sistemdir. Zorlama ve cevap zamana bağlıdır. Titreşim analizi belirtilen bir dış zorlamaya bağlı olarak sistem cevabının belirlenmesidir. Bu analiz matematik modelleme, hareket denklemlerinin oluşturulması ve çözümü ile sistem cevabının yorumlanması aşamalarını içerir.



Newton'un yasası:

$$\sum F = m \cdot a = m \cdot \ddot{x} \quad (3.1)$$

$$mx + cx + kx = 0 \quad x(0) = x_0, \dot{x}(0) = v_0 \quad (3.2)$$

$$x(t) = Ae^{-\zeta\omega_n t} \sin(\omega_d t + \theta); \quad \sin(\omega_d t + \theta) = 1 \quad (3.3)$$

$$\omega_n = \sqrt{k/m} \quad \text{sönümsüz doğal frekans} \quad (3.4)$$

$$\zeta = c/(2m\omega_n) \quad \text{sönüm oranı} \quad (3.5)$$

$$\omega_d = \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2} \quad \text{sönümlü doğal frekans} \quad (3.6)$$

$$A = \sqrt{x_0^2 + \left(\frac{v_0 + \zeta\omega_n x_0}{\omega_d}\right)^2} \quad (3.7)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{x_0 \omega_d}{v_0 + \zeta\omega_n x_0} \right) \quad (3.8)$$

$$x(t) = e^{-\zeta\omega_n t} \left[ \left( \frac{v_0 + \zeta\omega_n x_0}{\omega_d} \right) \sin\omega_d t + x_0 \cos\omega_d t \right] \quad (3.9)$$

### 3.2 Deney Düzeneği Elemanları

Emniyet Genel Müdürlüğünden alınan bilgiler ve TSE'ye göre yapılan bu çalışmada farklı tip araçlar ve amortisörlerin sönümlenme etkisi değerlendirilmiştir. Deney çalışmaları, Antalya Kemer Atatürk Caddesinde Fiat Linea marka otomobil ve Mitsubishi marka arazi taşıtının 20 km/h, 40 km/h ve 60 km/h'lik hızlarla kasisli yollarda değerler alınarak istatistikî veriler elde edilmiştir. HVM100 cihazıyla sürücü koltuğu üzerinden insan vücuduna gelen titreşimler ölçülerek ivme ve yer değiştirme grafikleri alınmıştır. Deney düzeneği elemanları:

#### 3.2.1 HVM100 Titreşim Ölçüm Cihazı

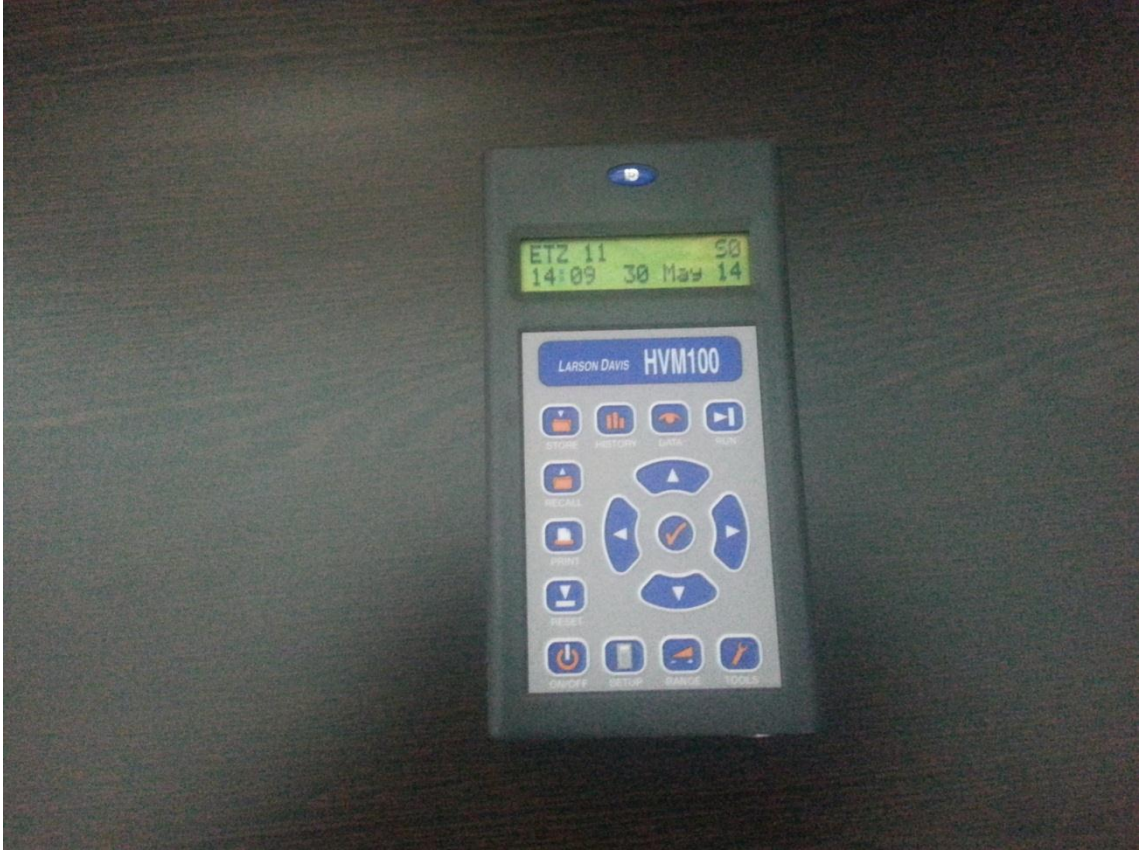
PCB firmasının üretmiş olduğu HVM100 cihazı, insan vücudunun maruz kaldığı titreşimleri ölçen, ilgili hesaplamaları yaparak sonuçları gösteren taşınabilir, çok fonksiyonlu ve üç eksenli bir ölçüm cihazıdır. Bilgisayara aktarımı paket programlar üzerinden yapılarak grafikler irdelenebilir. Vücut titreşimlerinin ölçülmesi dahil taşıtların titreşimlerinin ölçümüne kadar geniş uygulama alanları mevcuttur. HVM100;



insan vücudunun maruz kalabileceği titreşimde, standartlara göre örnekleme ve filtreleme yapar. Farklı ölçümler için bilgisayar tarafından programlanabilir. Cihaz üzerindeki düğmelerden veya bilgisayar yazılımı olan “Blaze” programı üzerinden kontrolü mümkündür. HVM100 Hand-Arm, Whole Body ve General Vibration tipinde ölçümlerde kullanılır. HVM100, ivmeölçerden gelen 3 eksene ait işlenmemiş elektronik sinyali anlamlı data'lara dönüştürür. Test ölçüm cihazı olan HVM100 cihazı Şekil 3.6 ve Şekil 3.7’de gösterilmiştir. Cihaz ile birlikteki tüm elemanlar Şekil 3.11 da gösterilmiştir.



Şekil 3.6 HVM100 cihazı bilgi ekranı.



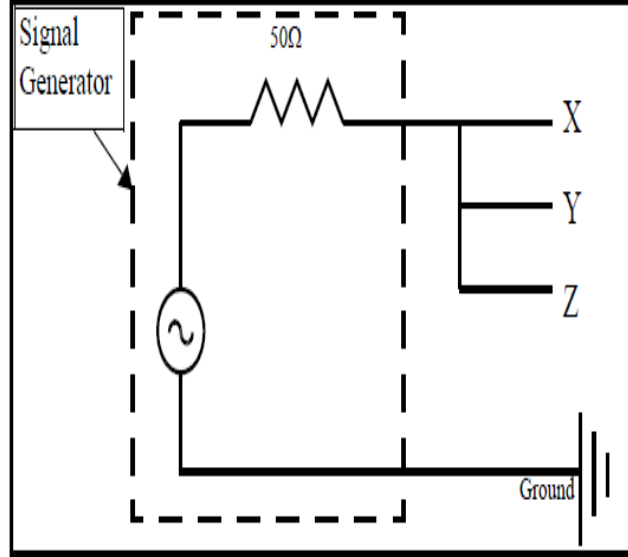
Şekil 3.7 HVM100 cihazı.

#### Teknik özellikleri

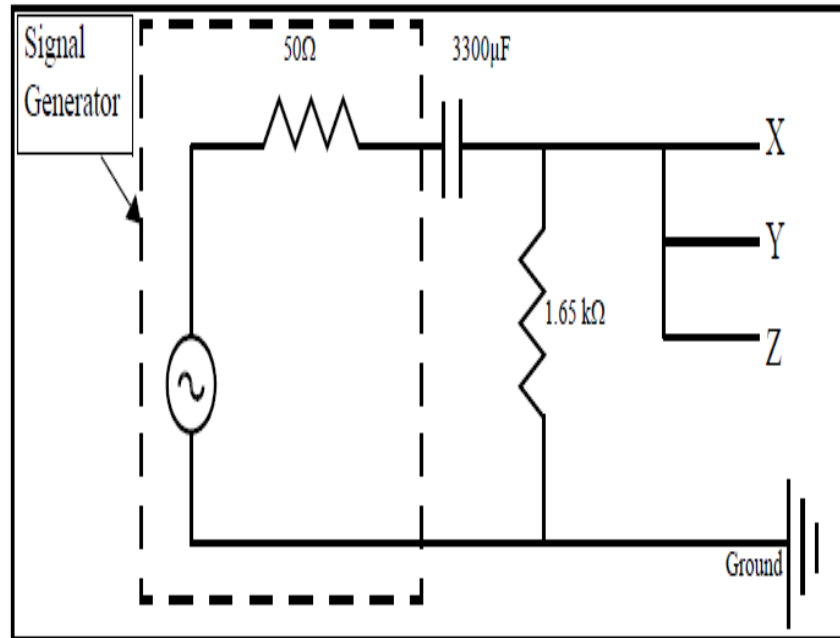
- Giriş aralığı  $> 100$  dB
- Birimler  $m/s^2$ ,  $cm/s^2$ ,  $ft/s^2$ ,  $in/s^2$ , g, dB
- Kaydetme kapasitesi 100 dosya
- Frekans aralıkları  
Fa (0.4 Hz-100 Hz)  
Fb (0.4 Hz-1250 Hz)  
Fa (6.3 Hz-1250 Hz)
- 3 eksenli, hafif ve taşınabilir, kullanımı için 2 adet DC pil veya AC güç kaynağı ile işlem
- Hassaslık  $\pm 0.5$  dB
- 200 saatten fazla ölçüm kaydedilme özelliği
- USB ya da seriport ile bilgisayara bağlantı
- Programlanabilir AC veya DC sinyal çıkışı

Güç kaynağına göre elektrik sistemi

### Direct Input

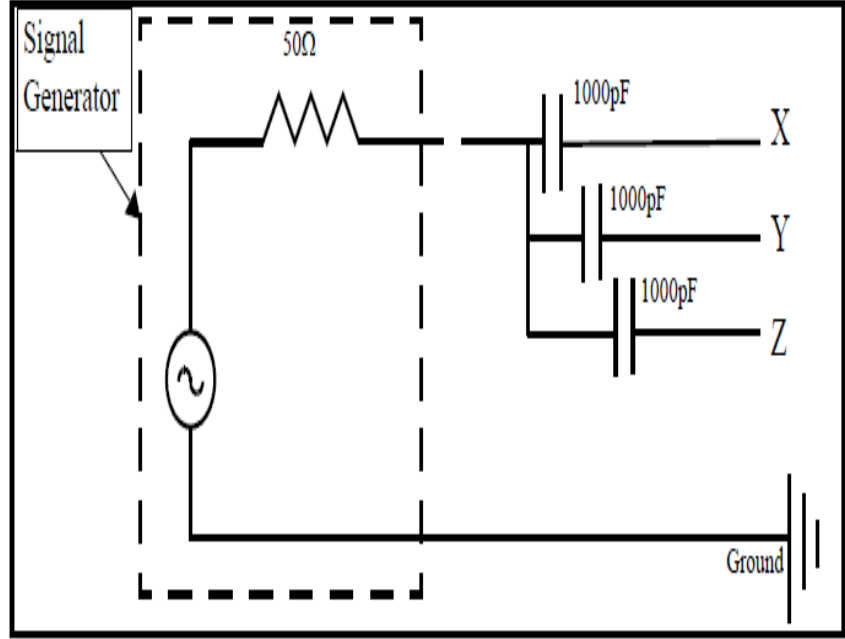


### ICP® Input



Şekil 3.8 HVM100 cihazı elektrik sistemi.

## Charge Input



Şekil 3.8 (devamı). HVM100 cihazı elektrik sistemi.

### 3.2.2 Ped İvme Ölçer

Sürücü koltuğu üzerinde konarak titreşim ölçümlerini almak için PCB firmasının üretmiş olduğu SEN027 seri numaralı ivmeölçer kullanılmış olup, x, y, z eksenlerinden aldığı sinyalleri ara kablo vasıtasıyla HVM100 cihazına iletmektedir. İvmeölçerde 3 adet ölçüm elemanının (x, y, z) oluşturduğu sinyaller ISO ve ANSI standartlarına göre prosese tabi tutularak değerlendirilir. İvmeölçerin içerdiği ölçüm elementinin özellikleri bilinmeli ve ivmeölçerin tüm elemanlarının net çıkış değerleri cihaza tanımlanmalıdır. Cihazın ilk kullanımında bu değerler tanımlanırsa, sonraki kullanımlar için yeterli olacaktır. Kullanımda önemli noktalardan biri de; ivmeölçerin birer range değerine sahip olduğudur. Eğer ivmeölçerin oluşturduğu sinyal çok küçükse bir amplifier ile yükseltilmesi gerekebilir. Kullanılan ped ivmeölçerin resmi Şekil 3.9'de görülmektedir.



Şekil 3.9 Ped ivme ölçer.

#### İvmeölçerin teknik özellikleri

- Frekans aralığı 0.3-1000 Hz
- Duyarlılığı  $\left[10.2 \text{ mV}/\left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)\right]$
- Ağırlığı 272 gram (9.6 oz)
- Kablo uzunluğu 1420 mm
- Çapı 200.2 mm
- Yükseklik 12 mm
- İvme alıcısı mounting pad'dir.

### 3.2.3 Bağlantı Elemanları

3 adet ara kablo kullanılmış olup, sinyalleri doğru bir şekilde ileterek sağlıklı sonuçlar alınması sağlamaktadır.

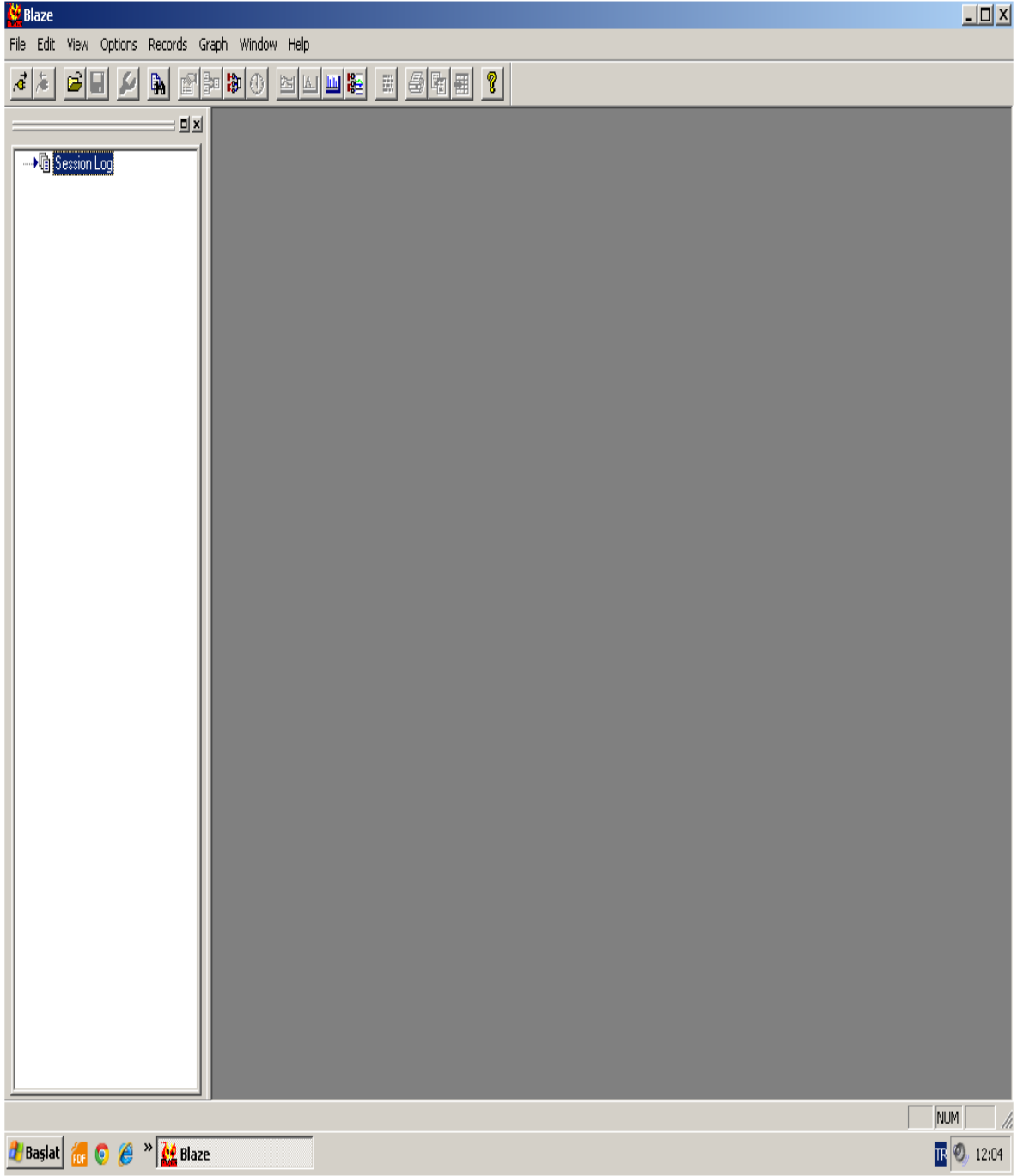
### 3.2.4 Blaze Yazılım Programı

Blaze programıyla bilgisayar üzerinden HVM cihazının ulaştığı tüm bilgilere ulaşılabilir, değerler analiz edilebilmektedir. Blaze yazılım programı ile HVM100 cihazından alınan veriler grafik haline getirilir. Mühendislik uygulamalarında ideal bir veri analizi yapar ve raporlamada kullanılabilir. Blaze programı ile datalar bilgisayara indirildiğinde General Information Report oluşturulur. Eğer birden fazla dosya indirdiyse ekranda görülen dosya ilk dataya ait olacaktır.

Report üzerinde en üstte cihazın özelliklerini, altta datayı download ederken kendi girebileceğiniz notları, bir alt kısımda cihazla ölçüm alırken yaptığımız set-up ayarlarını, bir alt kısımda overall data bölümünü (max, min vb.) ve en alt kısımda ise saniye saniye ölçülen değerlerin listesini görülmektedir. Blaze programında kullanılan sembollerin isimleri aşağıdaki gibidir.

**Çizelge 3.1** Blaze sembol dizinleri.

<b>Parameter Symbol</b>	<b>Parameter Name</b>
$A_{eq}$	Long Term Energy Average
$A_{max}$	Maximum Level
$A_{mp}$	Minimum Peak Level
$A_{min}$	Minimum Level



Şekil 3.10 Blaze ara yüzü.





Şekil 3.11 HVM100 cihazı ve elemanları.

### 3.2.5 Otomobil Amortisörleri

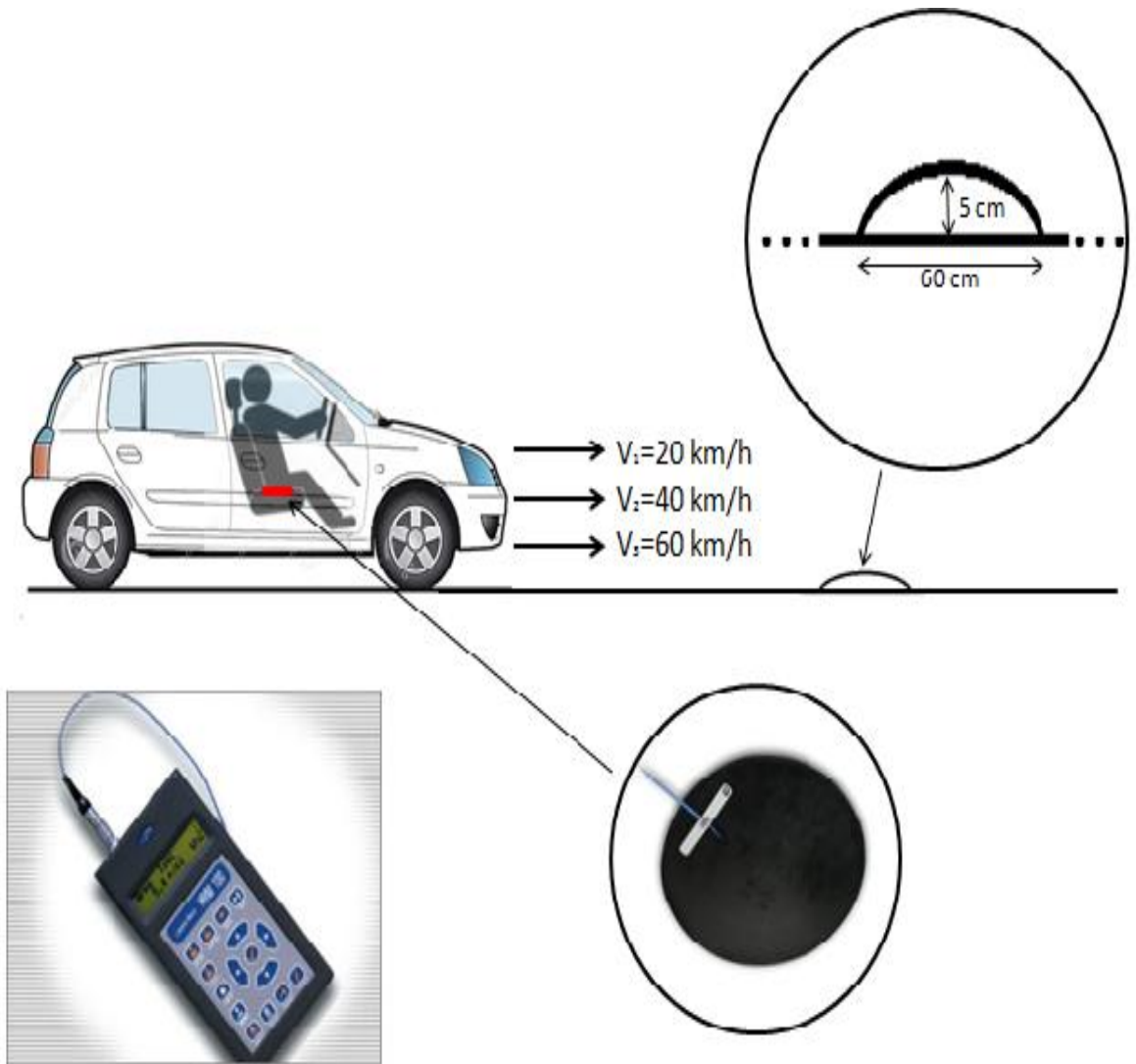
Deney çalışmalarında iki farklı araçtan farklı amortisörler kullanılmıştır. Araçlardan biri taşıma amaçlı pick-up türü otomobil diğeri ise binek maksatlı otomobil kullanılarak titreşim deneyleri yapılmıştır. Binek tip otomobilde kullanılan süspansiyon sistemi MacPherson tipi süspansiyon sistemidir. Arazi taşıtında kullanılan süspansiyon sistemi ise çift salıncaklı bağımsız süspansiyon sistemidir.

### 3.3 Kullanılan Araçların Özellikleri

Bu çalışmada bir adet Mitsubishi marka pick-up 4x4 arazi taşıtı ve Fiat Linea marka binek otomobil kullanılmıştır. Test çalışması sırasında HVM 100 cihazıyla veriler elde edilmiştir. Araçlarda sürücünün oturduğu koltuğa ped ivme ölçer koyularak HVM 100



cihazının çalışması başlatılmıştır. Araçların deney çalışmalarının yapıldığı yerde daha önceden belirlenmiş hızlarla veriler HVM 100 cihazına aktarılmıştır. Aktarılan tüm veriler daha sonra Blaze programıyla bilgisayar ortamına gönderilmiş olup istatistikî veriler ve grafikler elde edilmiştir. Mevcut yol şartlarıyla belirli hızlarla yapılan test çalışmaları sonucu ivme değerleri elde edilerek yorumlanmıştır. Yapılan test çalışmalarının örnek gösterişi Şekil 3.12 da görülmektedir. Test çalışmaları Antalya ili Kemer ilçesi Atatürk Caddesinde yapılmış olup, uygulamanın yapıldığı kasisin resmi Şekil 3.13 de gösterilmektedir.



Şekil 3.12 Test çalışması gösterilişi.



Şekil 3.13 Uygulamanın yapıldığı kasis resmi.

### 3.3.1 Mitsubishi Marka Pick-Up Arazi Taşıtı:

Test çalışmalarında kullanılan araçlardan olan Mitsubishi marka pick-up taşıt aracı 2012 model olup, zor arazi şartlarında ve yük taşımada kullanımı açısından seçilmiştir.



Şekil 3.14 Mitsubishi marka 4x4 arazi taşıtı.

Şekil 3.14 de görülen Mitsubishi marka 4x4 arazi taşıtının teknik özellikleri:

- Silindir hacmi: 2477,
- Maksimum güç: 136 BG,
- Maksimum tork:314 Nm/rpm,
- Şanzıman tipi: 5 ileri manuel,
- Yakıt tipi: dizel,
- Boş ağırlığı 1870 kg,
- Taşıma kapasitesi 980 kg,
- Uzunluğu: 5185 mm,
- Genişliği: 1750 mm,
- Yüksekliği: 1775 mm,
- Dingil mesafesi: 3000 mm,
- Yerden minimum yüksekliği: 200 mm,
- Süspansiyon: ön çift bağımsız salıncak ve helezon yaylar, arka ise rijit, eliptik yaprak yaylar. Şekil 3.15 de bu araçlarda kullanılan amortisör görülmektedir.

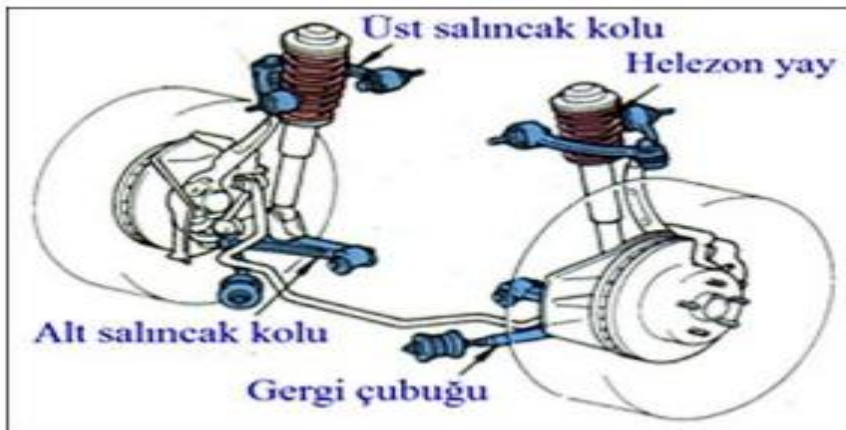


- Frenler: Ön hava kanalcıklı diskler (16”), arka ise kampana (11.6”),
- Lastikler: 205/80 R16



Şekil 3.15 Mitsubishi L200 taşıt aracı amortisörü.

Mitsubishi marka taşıt araçlarında kullanılan çift salıncaklı bağımsız süspansiyon sistemlerinde aksı alt ve üst kollar destekler. Bu tip süspansiyon sistemi karmaşık yapısına rağmen sağlam bir sistemdir. Aynı anda hem mükemmel bir sürüş dengesi hem de konfor sağlar. Çünkü kolların dizaynı büyük bir hareket serbestisi kazandırmıştır. Genelde çift salıncak direksiyon kolunu destekleyecek şekilde üçgen bir yapı meydana getirmektedir. Bu tasarımla çok az miktarda pozitif direksiyon hâkimiyeti sağlanabilmektedir. Üst salıncığın görevi, aracın ön kısmının dalması veya kalkmasını önlemektir. Çift salıncaklı sistemler arka aks tasarımlarında da kullanılmakta ve sabit süspansiyon sistemlerine göre oldukça konforlu bir yapıya sahiptir. Bu tür süspansiyonlar önden motorlu ve arkadan çekişli binek ve küçük ticari tip araçların ön ve arka süspansiyonları için kullanılır.



Şekil 3.16 Çift salıncaklı bağımsız ön süspansiyon sistemi.

### 3.3.2 Fiat Linea Marka Otomobil

Test çalışmalarında kullanılan araçlardan olan Fiat Linea marka otomobil 2012 model olup, yakıt tüketimi ve aile aracı olarak kullanımından dolayı seçilmiştir.



Şekil 3.17 Fiat Linea marka otomobil.

Şekil 3.17 de görülen Fiat Linea binek otomobilin teknik özellikleri:

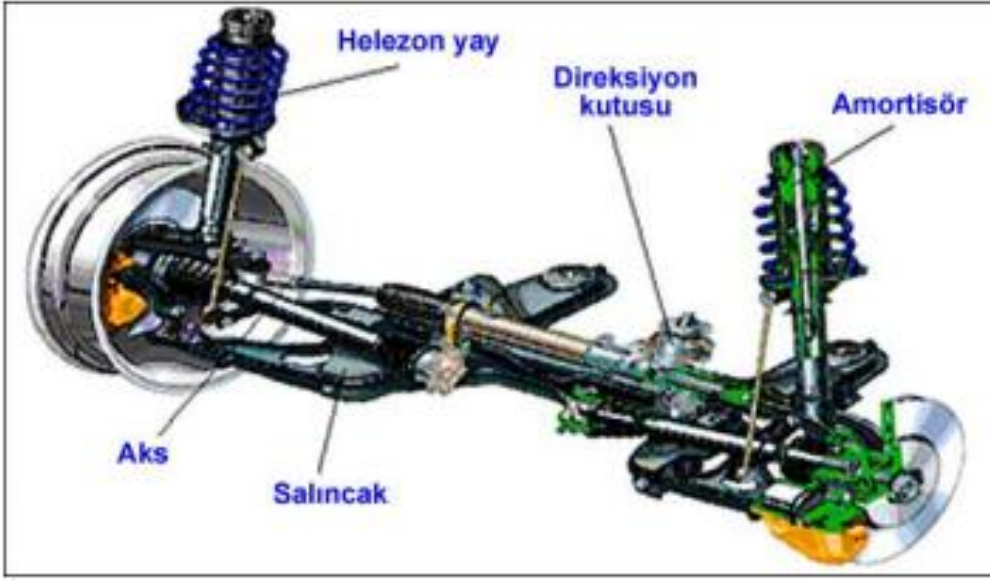
- Silindir hacmi: 1248,
- Maksimum güç: 95 BG,
- Maksimum tork: 200 Nm/rpm,
- Şanzıman tipi: 5 ileri manuel,
- Yakıt tipi: dizel,
- Boş ağırlığı: 1200 kg,
- Uzunluğu: 4560 mm,
- Genişliği: 1730 mm,
- Yüksekliği: 1494 mm,
- Dingil mesafesi: 2603 mm,

- Süspansiyon: ön MacPherson tip bağımsız, teleskopik amortisörler, küresel mafsallı stabilizatör çubuğu, arka ise kıvrımlı akslı ve çapraz kıvrımlı, teleskopik hidrolik amortisör.
- Lastikler: 185/65 R15



**Şekil 3.18** Fiat Linea marka otomobil amortisörü.

Fiat Linea marka otomobilde kullanılan MacPherson tipi süspansiyon sistemi, daha çok motorun önde olduğu, önden çekişli araçların ön süspansiyon sistemi için kullanılır. Gergi çubuklu tip olarak da isimlendirilir. Tasarımcısının da adını taşıyarak MacPherson gergi çubuklu, daha az parçaya sahip, hafif ve basit yapıya sahip bir sistem olduğundan bakımı da kolaydır. Küçük ve orta büyüklükteki araçlarda en çok kullanılan serbest süspansiyon sistemidir. Helezon yay, MacPherson tipi dingilde amortisör ile iç içe konumlandırılmıştır. Direksiyon mafsallı amortisör aracılığı ile şasiye bağlanmıştır. Direksiyon kolunun alt ucu ise üçgen bir yapıya bağlı olup bu şekilde uzun bir yay kolu meydana getirilmektedir. Alt salıncak burçlar vasıtasıyla şasiye (gövdeye) uygun bir yerden bağlanmıştır. Aks, alt salıncak ile amortisör arasından tekerleklere kolay bir şekilde hareket verebilmektedir. Amortisörler lastiklerden gelen dikey yüklere maruz kalır. Tekerlek ve amortisör dikey eksenleri paralel değildir. Bu durum amortisörün pistonunda sese neden olur. Bu olumsuzluk amortisör eksenini ile piston kolunun eksenlerinin farklı yapılmasıyla aşılmıştır. Sistem az yer kaplar böylece motorun yerleştirilebileceği alan geniştir. Süspansiyon bağlantı noktaları arasındaki mesafe fazla olduğundan ön düzen ayarı bozulmasına neden olabilecek imalat ve montaj hataları çok az etkilidir. Bu nedenle toe-in ayarı hariç başka bir ayara gerek yoktur.



**Şekil 3.19** Serbest süspansiyon sisteminin MacPherson destekli ön dingil.

Amortisörlerin kullanım ömrünü azaltan başlıca unsurlar; araçta istihab haddini aşan yükleme, hatalı sürüş tekniği, kötü yol şartları, araçların süspansiyon sistemlerinde bilinçsizce yapılan modifikasyonlar ve yol şartlarına bağlı olarak aracın hızı etkendir.

## **4. BULGULAR**

Araçlarda kullanılan amortisörlerin sönümlenme etkisini incelemek ve titreşim büyüklüklerini hesaplamak için HVM100 cihazı kullanılmıştır. Deneysel çalışmada 2 farklı araç kullanarak 3 farklı hızda (20 km/h, 40 km/h ve 60 km/h) değerler elde edilmiştir. HVM100 cihazıyla sürücüye etki eden 'z' eksenindeki değerler alınmıştır. Bu çalışmada kullanılan araçlar farklı özellikte seçilerek farklı süspansiyon sistemleri değerlendirilmiş, değerlerin karşılaştırılması açısından farklı bulgular edilmiştir. Ayrıca farklı özellikteki araçlara ait amortisörlerin sönümlenme etkisi ölçülerek grafikler haline getirilmiştir. İvme grafiklerinden de istatistiksel analizler yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

### **4.1 Araçların Yol Koşullarına Bağlı Test Değerleri**

Engebeli (tümsekli) yol koşullarında farklı hızlarla yapılan test çalışmalarında kullanılan 2 farklı tip aracın HVM 100 cihazıyla alınan değerlerinin Blaze programıyla bilgisayar ortamına aktarılmasıyla elde edilen verilerdir.

#### **4.1.1 Fiat Linea Marka Otomobil 20 km/h'lık Hızla**

Fiat Linea marka otomobilin tümsekli yol koşullarında 20 km/h'lık hızla yapmış olduğu testte oluşan veriler HVM 100 cihazıyla ölçülerek sisteme aktarılmış olup Şekil 4.1 de gösterilmiştir.



HVM General Information					
HVM File Registers					16
Serial Number					01614
Model				LARSON DAVIS	HVM100
Firmware Version					1.33
HVM File Name				AH 557	20
Note					
Setup					
Operating Mode:	Vibration	Autostore:	Autostop		
Averaging:	1 second	Store Time (hh:mm):	00:20		
Accelerometer:	ICP	Integration:	None		
Weighting:	X: Fc 6.3-1250 Hz	Y: Fc 6.3-1250 Hz	Z: Fc 6.3-1250 Hz		
Sum Factor:	X: 1.00	Y: 1.00	Z: 1.00		
Gain (dB):	X: 0	Y: 0	Z: 0		
Sensitivity:	X: 6.668 mV/g	Y: 300.0 mV/g	Z: 300.0 mV/g		
AC/DC Output	X: AC: Weighted	Y: AC: Weighted	Z: AC: Weighted		
Overall Data					
Run Time (hh:mm:ss)	00:03:39				
	X: Axis	Y: Axis	Z: Axis	Sum	Units
	-----	-----	-----	-----	-----
Aeq	3.1700	.05330	.06260	3.1600	m/s <sup>2</sup>
Amx	15.300	.10700	.27200	15.200	m/s <sup>2</sup>
Amp	59.200	.48400	1.0400	58.400	m/s <sup>2</sup>
Amin	2.3400	.04210	.04040	2.3400	m/s <sup>2</sup>

TIME	X RMS	Y RMS	Z RMS
10:34:51	2.6400	.04410	.04580
10:34:52	9.2100	.06870	.19600
10:34:53	3.0800	.05280	.05380
10:36:02	2.5400	.04790	.04900
10:36:03	3.7600	.07350	.11100
10:36:04	4.0100	.06160	.07630
10:36:20	2.8300	.04900	.05900
10:36:21	4.4800	.07170	.10100
10:36:22	2.7000	.04680	.04580
10:36:27	4.3800	.06210	.09850
10:36:28	9.3700	.09160	.21800
10:36:29	2.8900	.06790	.05240
10:36:51	4.1000	.05320	.05530
10:36:52	4.1500	.06840	.11200
10:36:53	3.0600	.05910	.05250
10:37:39	2.6000	.05130	.04460
10:37:40	3.3800	.06980	.11500
10:37:41	15.300	.10700	.27200
10:37:42	3.4000	.06120	.04990

Şekil 4.1 Fiat Linea marka otomobil 20 km/h'lık hız değerleri.

#### 4.1.2 Fiat Linea Marka Otomobil 40 km/h'lık Hızla

Fiat Linea marka otomobilin tümsekli yol koşullarında 40 km/h'lık hızla yapmış olduğu testte oluşan veriler HVM 100 cihazıyla ölçülerek sisteme aktarılmış olup Şekil 4.2 de gösterilmiştir.

HVM General Information					
HVM File Registers					17
Serial Number					01614
Model			LARSON DAVIS	HVM100	
Firmware Version					1.33
HVM File Name					AH 557 40
Note					
Setup					
Operating Mode:	Vibration	Autostore:		Autostop	
Averaging:	1 second	Store Time (hh:mm):		00:20	
Accelerometer:	ICP	Integration:		None	
Weighting:	X: Fc 6.3-1250 Hz	Y: Fc 6.3-1250 Hz		Z: Fc 6.3-1250 Hz	
Sum Factor:	X: 1.00	Y: 1.00		Z: 1.00	
Gain (dB):	X: 0	Y: 0		Z: 0	
Sensitivity:	X: 6.668 mV/g	Y: 300.0 mV/g		Z: 300.0 mV/g	
AC/DC Output	X: AC: Weighted	Y: AC: Weighted		Z: AC: Weighted	
Overall Data					
Run Time (hh:mm:ss)	00:05:16				Not Continuous
	X: Axis	Y: Axis	Z: Axis	Sum	Units
	-----	-----	-----	-----	-----
Aeq	4.1900	.05960	.08250	4.1800	m/s <sup>2</sup>
Amax	28.400	.25200	.55300	28.300	m/s <sup>2</sup>
Amp	115.00	1.6100	2.0100	115.00	m/s <sup>2</sup>
Amin	2.3400	.04210	.04040	2.3400	m/s <sup>2</sup>

Şekil 4.2 Fiat Linea marka otomobil 40 km/h'lık hız değerleri.

TIME	X RMS	Y RMS	Z RMS
00:02:21	3.3800	.06980	.11500
00:02:22	15.300	.10700	.27200
00:02:23	3.4000	.06120	.04990
00:02:28	3.1300	.05590	.06290
00:02:29	26.900	.16400	.55300
00:02:30	3.1900	.05510	.06210
00:03:07	7.5400	.09370	.14600
00:03:08	28.400	.17800	.51200
00:03:09	4.0800	.06230	.06790
00:03:58	3.2700	.05780	.06320
00:03:59	21.800	.25200	.51600
00:04:00	3.7300	.05370	.06040

Şekil 4.2 (devamı). Fiat Linea marka otomobil 40 km/h'lık hız değerleri.

#### 4.1.3 Fiat Linea Marka Otomobil 60 km/h'lık Hızla

Fiat Linea marka otomobilin tümsekli yol koşullarında 60 km/h'lık hızla yapmış olduğu testte oluşan veriler HVM 100 cihazıyla ölçülerek sisteme aktarılmış olup Şekil 4.3 de gösterilmiştir.

HVM General Information					
HVM File Registers					18
Serial Number					01614
Model				LARSON DAVIS	HVM100
Firmware Version					1.33
HVM File Name					AH 557 60
Note					
Setup					
Operating Mode:	Vibration	Autostore:	Autostop		
Averaging:	1 second	Store Time (hh:mm):	00:20		
Accelerometer:	ICP	Integration:	None		
Weighting:	X: Fc 6.3-1250 Hz	Y: Fc 6.3-1250 Hz	Z: Fc 6.3-1250 Hz		
Sum Factor:	X: 1.00	Y: 1.00	Z: 1.00		
Gain (dB):	X: 0	Y: 0	Z: 0		
Sensitivity:	X: 6.668 mV/g	Y: 300.0 mV/g	Z: 300.0 mV/g		
AC/DC Output	X: AC: Weighted	Y: AC: Weighted	Z: AC: Weighted		
Overall Data					
Run Time (hh:mm:ss)	00:06:50				Not Continuous
	X: Axis	Y: Axis	Z: Axis	Sum	Units
	-----	-----	-----	-----	-----
Aeq	5.2400	.06720	.10200	5.2300	m/s <sup>2</sup>
Amx	39.300	.27000	.72200	39.200	m/s <sup>2</sup>
Amp	188.00	1.7900	2.5400	186.00	m/s <sup>2</sup>
Amin	2.3400	.04210	.04040	2.3400	m/s <sup>2</sup>

TIME	X RMS	Y RMS	Z RMS
-----	-----	-----	-----
00:00:47	3.3800	.06980	.11500
00:00:48	15.300	.10700	.27200
00:00:49	3.4000	.06120	.04990
00:00:54	3.1300	.05590	.06290
00:00:55	26.900	.16400	.55300
00:00:56	3.1900	.05510	.06210
00:01:33	7.5400	.09370	.14600
00:01:34	28.400	.17800	.51200
00:01:35	4.0800	.06230	.06790
00:02:24	3.2700	.05780	.06320
00:02:25	21.800	.25200	.51600
00:02:26	3.7300	.05370	.06040
00:02:48	15.700	.16600	.43300
00:02:49	32.600	.23100	.52200
00:02:50	3.6200	.08630	.06560
00:03:30	3.4200	.06440	.07180
00:03:31	35.500	.27000	.72200
00:03:32	4.3500	.06970	.08700

Şekil 4.3 Fiat Linea marka otomobil 60 km/h'lık hız değerleri.

#### 4.1.4 Mitsubishi Marka Pick-Up Arazi Taşıtı 20 km/h'lik Hızla

Mitsubishi marka arazi taşıtının tümsekli yol koşullarında 20 km/h'lik hızla yapmış olduğu testte oluşan veriler HVM 100 cihazıyla ölçülerek sisteme aktarılmış olup Şekil 4.4'de gösterilmiştir.

HVM General Information					
HVM File Registers				19	
Serial Number				01614	
Model			LARSON DAVIS	HVM100	
Firmware Version				1.33	
HVM File Name				ETZ 08 20	
Note					
Setup					
Operating Mode:	Vibration	Autostore:	Autostop		
Averaging:	1 second	Store Time (hh:mm):	00:20		
Accelerometer:	ICP	Integration:	None		
Weighting:	X: Fc 6.3-1250 Hz	Y: Fc 6.3-1250 Hz	Z: Fc 6.3-1250 Hz		
Sum Factor:	X: 1.00	Y: 1.00	Z: 1.00		
Gain (dB):	X: 0	Y: 0	Z: 0		
Sensitivity:	X: 6.668 mV/g	Y: 300.0 mV/g	Z: 999.9 mV/g		
AC/DC Output	X: AC: Weighted	Y: AC: Weighted	Z: AC: Weighted		
Overall Data					
Run Time (hh:mm:ss)	00:01:24				
	X: Axis	Y: Axis	Z: Axis	Sum	Units
	-----	-----	-----	-----	-----
Aeq	3.3700	.06810	.01870	3.3600	m/s <sup>2</sup>
Amax	10.100	.19300	.07490	10.000	m/s <sup>2</sup>
Amp	35.700	.84300	.27900	34.100	m/s <sup>2</sup>
Amin	2.5800	.05120	.01280	2.5700	m/s <sup>2</sup>

TIME	X RMS	Y RMS	Z RMS
-----	-----	-----	-----
14:36:05	2.9900	.05680	.01400
14:36:06	10.100	.17700	.07490
14:36:07	3.5100	.05940	.01940
14:36:19	6.2100	.17400	.05330
14:36:20	8.4200	.19300	.05570
14:36:21	2.8400	.05750	.01410

Şekil 4.4 Mitsubishi marka pick-up arazi taşıtı 20 km/h'lik hız değerleri.

#### 4.1.5 Mitsubishi Marka Pick-Up Arazi Taşıtı 40 km/h'lık Hızla

Mitsubishi marka arazi taşıtının tümsekli yol koşullarında 40 km/h'lık hızla yapmış olduğu testte oluşan veriler HVM 100 cihazıyla ölçülerek sisteme aktarılmış olup Şekil 4.5'de gösterilmiştir.

HVM General Information					
HVM File Registers			20		
Serial Number			01614		
Model		LARSON DAVIS	HVM100		
Firmware Version			1.33		
HVM File Name			ETZ 08 40		
Note					
Setup					
Operating Mode:	Vibration	Autostore:	Autostop		
Averaging:	1 second	Store Time (hh:mm):	00:20		
Accelerometer:	ICP	Integration:	None		
Weighting:	X: Fc 6.3-1250 Hz	Y: Fc 6.3-1250 Hz	Z: Fc 6.3-1250 Hz		
Sum Factor:	X: 1.00	Y: 1.00	Z: 1.00		
Gain (dB):	X: 0	Y: 0	Z: 0		
Sensitivity:	X: 6.668 mV/g	Y: 300.0 mV/g	Z: 999.9 mV/g		
AC/DC Output	X: AC: Weighted	Y: AC: Weighted	Z: AC: Weighted		
Overall Data					
Run Time (hh:mm:ss)	00:01:51		Not Continuous		
	X: Axis	Y: Axis	Z: Axis	Sum	Units
Aeq	4.7200	.09390	.02940	4.7100	m/s <sup>2</sup>
Amax	21.500	.40300	.17000	21.500	m/s <sup>2</sup>
Amp	130.00	2.0600	.53800	129.00	m/s <sup>2</sup>
Amin	2.5800	.05120	.01280	2.5700	m/s <sup>2</sup>

TIME	X RMS	Y RMS	Z RMS
00:00:36	2.9900	.05680	.01400
00:00:37	10.100	.17700	.07490
00:00:38	3.5100	.05940	.01940
00:01:41	3.6500	.08010	.01820
00:01:42	21.500	.40300	.15000
00:01:43	6.2400	.18200	.04510
00:01:48	14.900	.12200	.03350
00:01:49	19.500	.39900	.17000
00:01:50	4.4800	.11900	.02630

Şekil 4.5 Mitsubishi marka pick-up arazi taşıtı 40 km/h'lık hız değerleri.

#### 4.1.6 Mitsubishi Marka Pick-Up Arazi Taşıtı 60 km/h'lık Hızla

Mitsubishi marka arazi taşıtının tümsekli yol koşullarında 60 km/h'lık hızla yapmış olduğu testte oluşan veriler HVM 100 cihazıyla ölçülerek sisteme aktarılmış olup Şekil 4.6 'da gösterilmiştir.

HVM General Information					
HVM File Registers					15
Serial Number					01614
Model				LARSON DAVIS	HVM100
Firmware Version					1.33
HVM File Name				ETZ 08 60	
Note					
Setup					
Operating Mode:	Vibration	Autostore:		Autostop	
Averaging:	1 second	Store Time (hh:mm):		00:20	
Accelerometer:	ICP	Integration:		None	
Weighting:	X: Fc 6.3-1250 Hz	Y: Fc 6.3-1250 Hz		Z: Fc 6.3-1250 Hz	
Sum Factor:	X: 1.00	Y: 1.00		Z: 1.00	
Gain (dB):	X: 0	Y: 0		Z: 0	
Sensitivity:	X: 6.668 mV/g	Y: 300.0 mV/g		Z: 300.0 mV/g	
AC/DC Output	X: AC: Weighted	Y: AC: Weighted		Z: AC: Weighted	
Overall Data					
Run Time (hh:mm:ss)	00:03:04				Not Continuous
	X: Axis	Y: Axis	Z: Axis	Sum	Units
	-----	-----	-----	-----	-----
Aeq	7.0300	.12400	.11700	7.0100	m/s <sup>2</sup>
Amax	30.100	.51700	.49300	30.100	m/s <sup>2</sup>
Amp	179.00	2.5800	2.0800	178.00	m/s <sup>2</sup>
Amin	3.4300	.05940	.04610	3.4300	m/s <sup>2</sup>

Şekil 4.6 Mitsubishi marka pick-up arazi taşıtı 60 km/h'lık hız değerleri.

TIME	X RMS	Y RMS	Z RMS
00:00:12	4.2700	.08260	.06120
00:00:13	23.800	.39500	.49300
00:00:14	4.0500	.08530	.06750
00:00:53	3.9300	.06820	.05530
00:00:54	23.200	.31800	.47800
00:00:55	4.1900	.07840	.07350
00:01:48	3.6700	.06490	.05700
00:01:49	24.500	.38500	.47000
00:01:50	5.3500	.08090	.10800
00:01:57	5.6100	.09550	.06930
00:01:58	29.000	.51700	.48000
00:01:59	11.500	.22500	.23300
00:02:34	4.6200	.07040	.07990
00:02:35	30.100	.50800	.47300
00:02:36	4.6700	.10800	.08360
00:03:02	4.6800	.08900	.07590
00:03:03	28.900	.44000	.46600
00:03:04	11.700	.21500	.28100

Şekil 4.6 (devamı). Mitsubishi marka pick-up arazi taşıtı 60 km/h'lık hız değerleri.

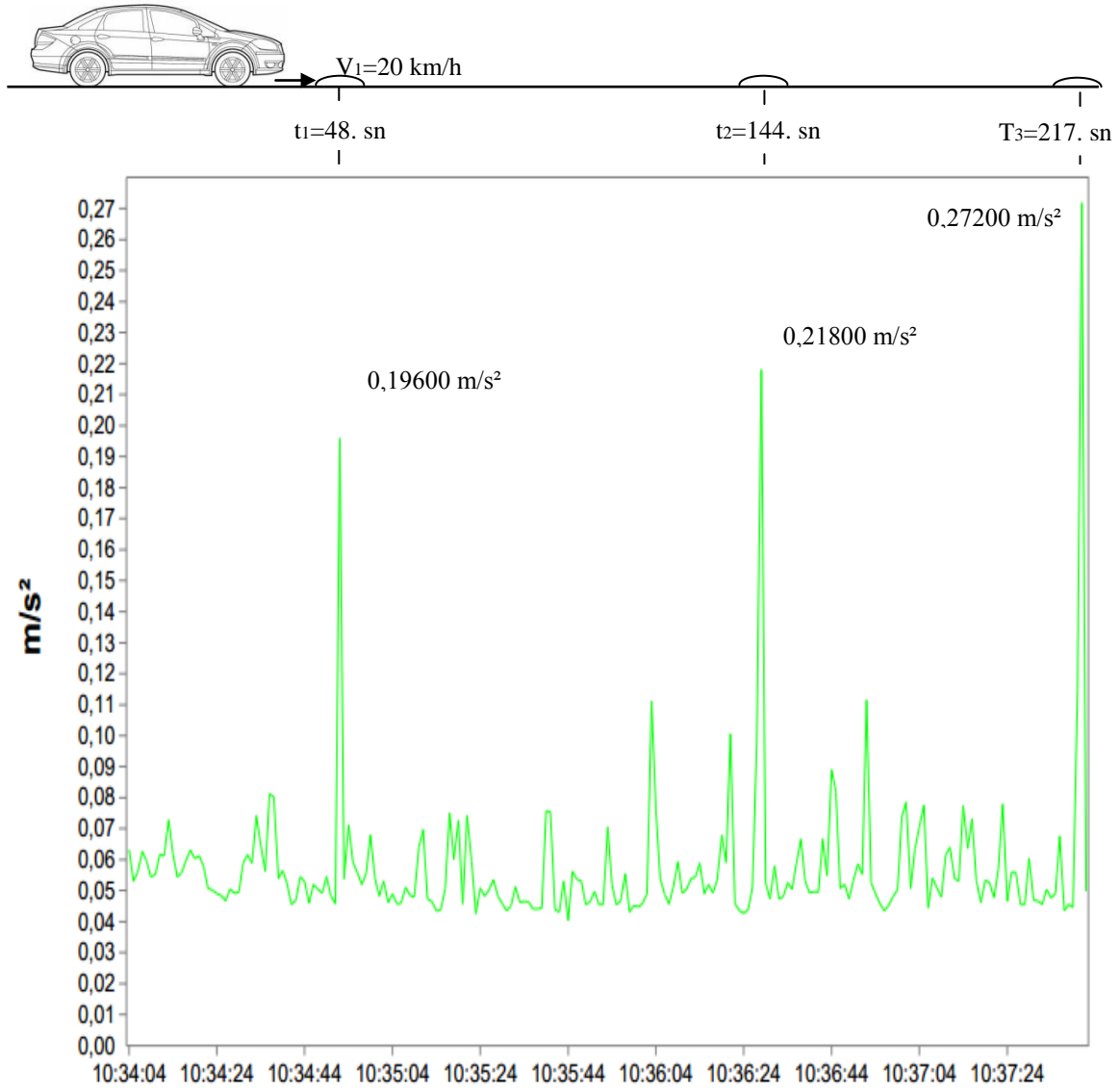
## 4.2 Araçların Hızlarına Bağlı İvme Grafikleri

Test çalışmalarında kullanılan Fiat Linea marka otomobil ve Mitsubishi marka arazi taşıtının aynı koşullarda farklı hızlarla (20 km/h, 40 km/h ve 60 km/h) kasislerden geçerken sergiledikleri ivme grafikleri sunulmuştur.

### 4.2.1 Fiat Linea Marka Otomobil 20 km/h'lık Hızla İvme Grafiği

Fiat Linea marka otomobilin tümsekli yol koşullarında 20 km/h'lık hızla yapmış olduğu testte oluşan veriler HVM 100 cihazıyla ölçülerek Blaze programıyla elde edilen ivme grafiği Şekil 4.7'de gösterilmiştir.

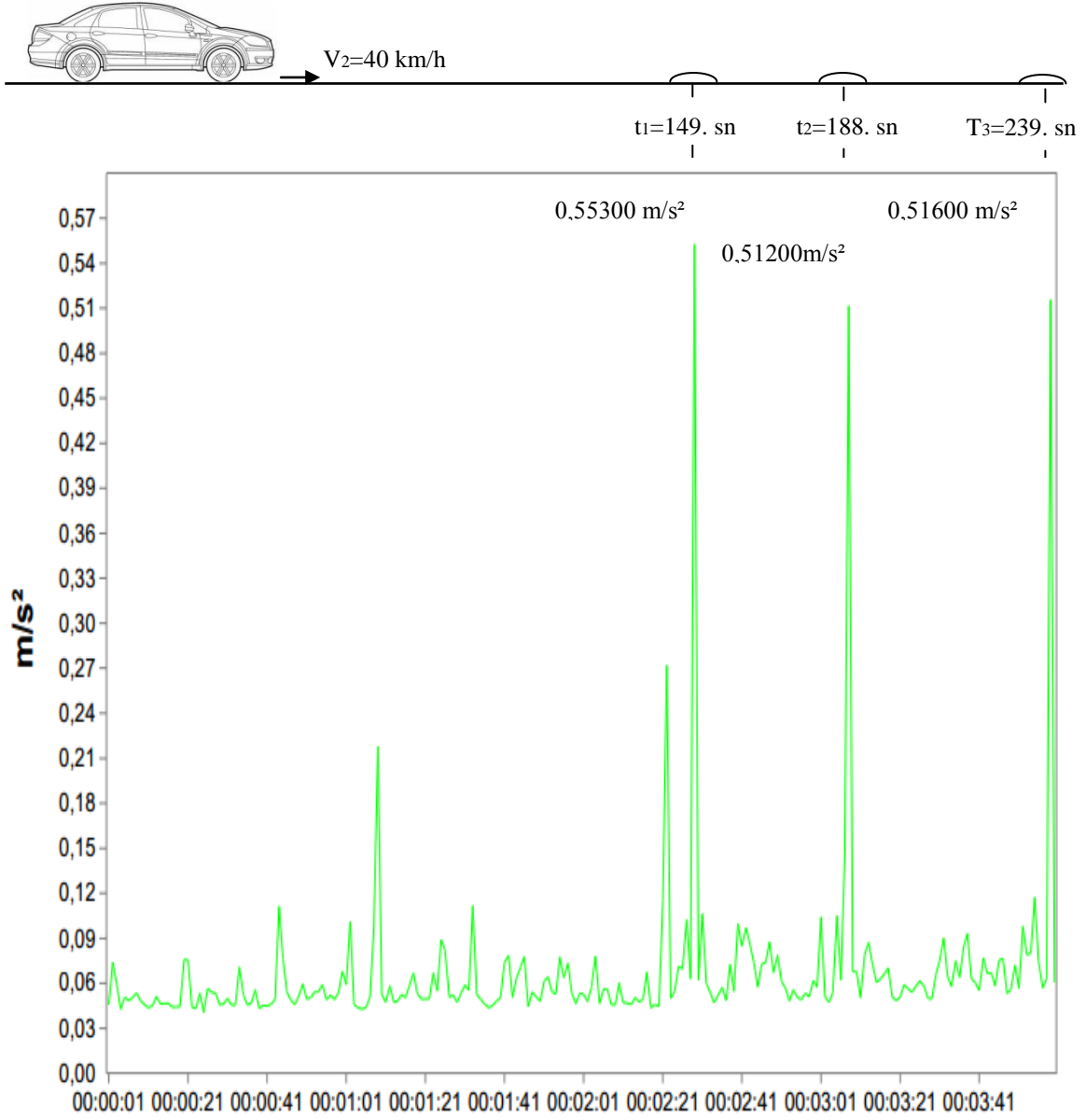




Şekil 4.7 Fiat Linea marka otomobil 20 km/h'lık hızla ivme grafiği.

#### 4.2.2 Fiat Linea Marka Otomobil 40 km/h'lık Hızla İvme Grafiği

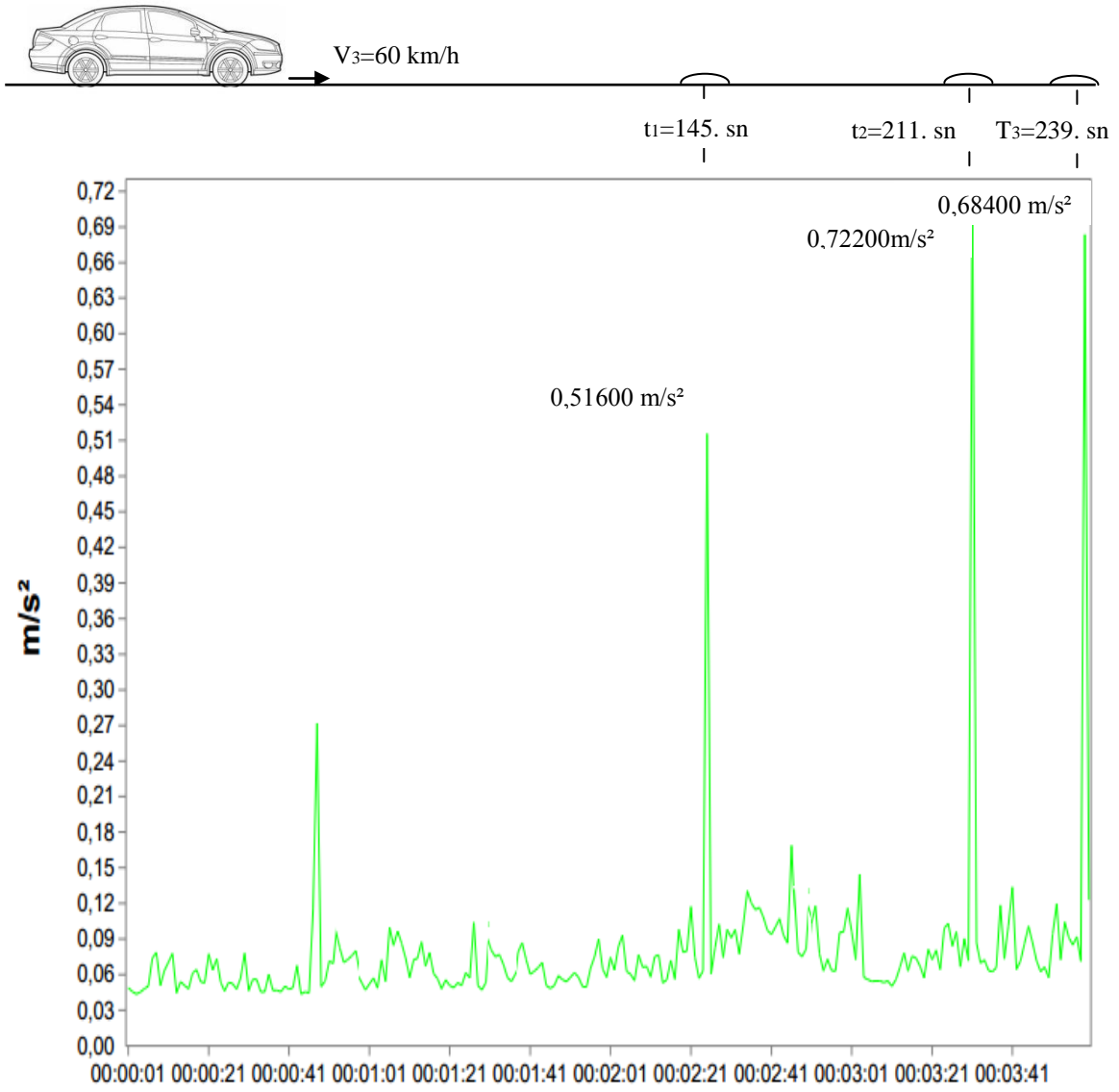
Fiat Linea marka otomobilin tümsekli yol koşullarında 40 km/h'lık hızla yapmış olduğu testte oluşan veriler HVM 100 cihazıyla ölçülerek Blaze programıyla elde edilen ivme grafiği Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8 Fiat Linea marka otomobil 40 km/h'lık hızla ivme grafiği.

#### 4.2.3 Fiat Linea Marka Otomobil 60 km/h'lık Hızla İvme Grafiği

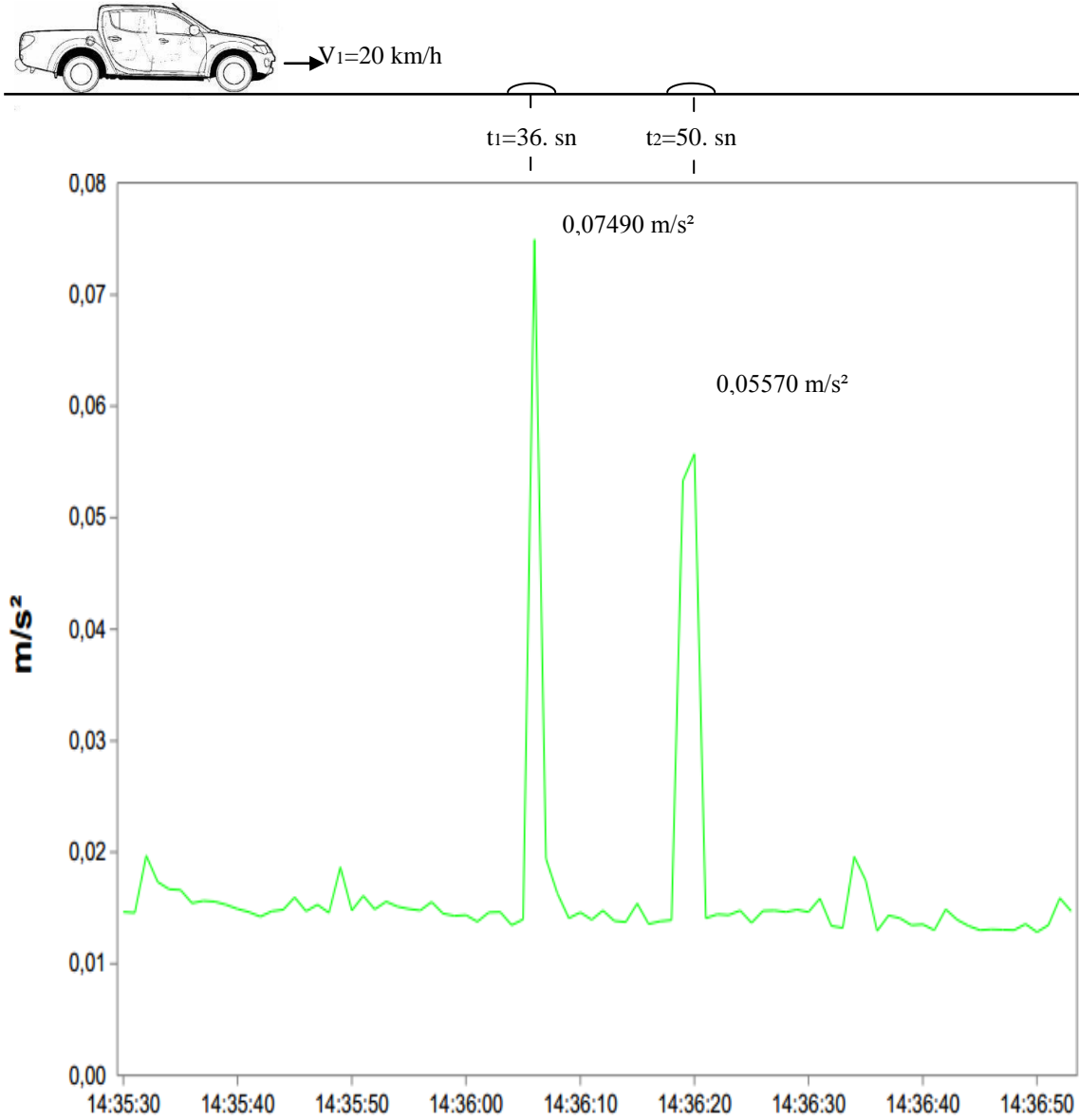
Fiat Linea marka otomobilin tümsekli yol koşullarında 60 km/h'lık hızla yapmış olduğu testte oluşan veriler HVM 100 cihazıyla ölçülerek Blaze programıyla elde edilen ivme grafiği Şekil 4.9 da gösterilmiştir.



Şekil 4.9 Fiat Linea marka otomobil 60 km/h'lık hızla ivme grafiği.

#### 4.2.4 Mitsubishi Marka Pick-Up Arazi Taşıtı 20 km/h'lık Hızla İvme Grafiği

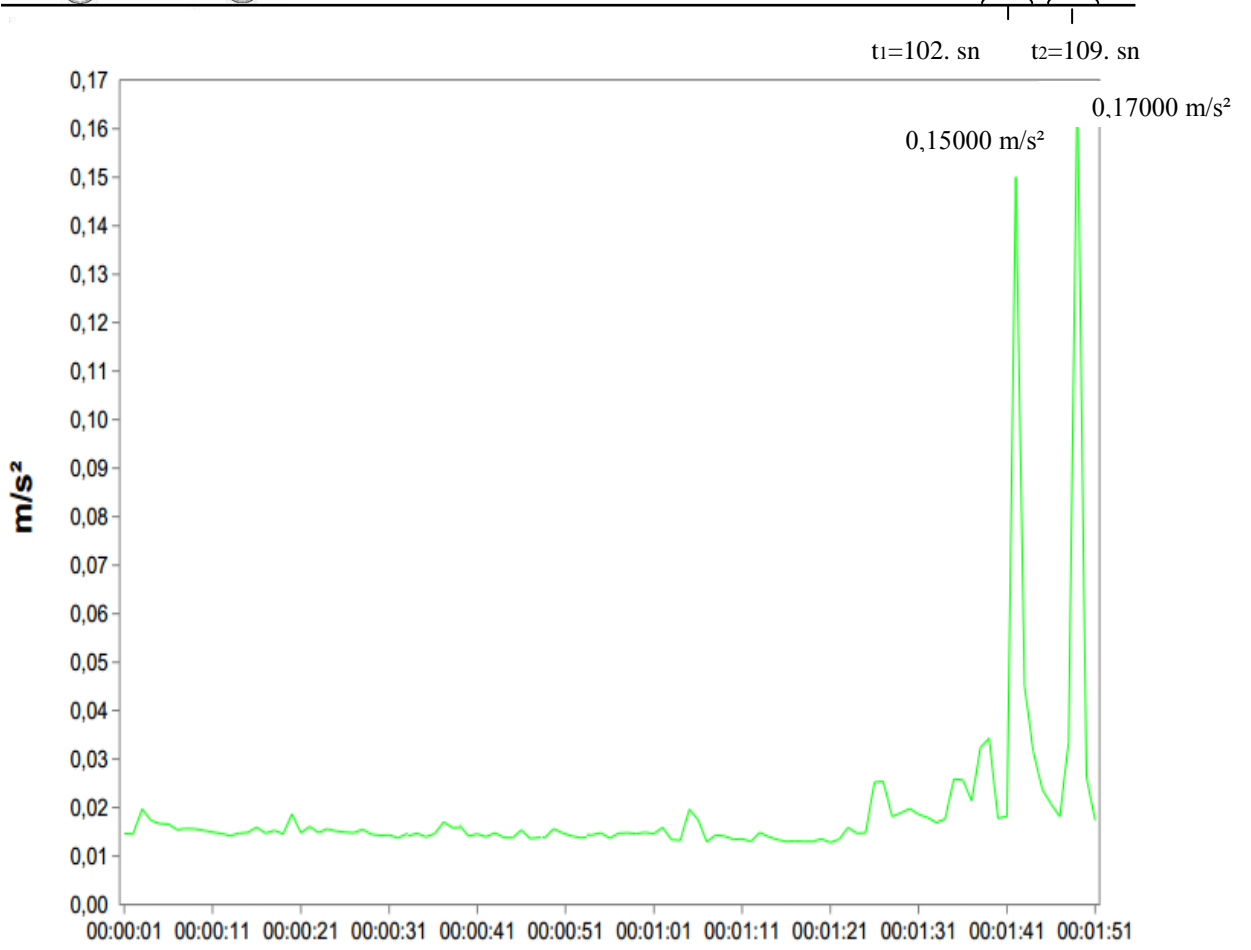
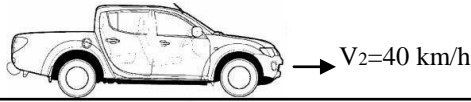
Mitsubishi marka arazi taşıtının tümsekli yol koşullarında 20 km/h'lık hızla yapmış olduğu testte oluşan veriler HVM 100 cihazıyla ölçülerek Blaze programıyla elde edilen ivme grafiği Şekil 4.10 da gösterilmiştir.



Şekil 4.10 Mitsubishi marka pick-up arazi taşıtı 20 km/h'lık hızla ivme grafiği.

#### 4.2.5 Mitsubishi Marka Pick-Up Arazi Taşıtı 40 km/h'lık Hızla İvme Grafiği

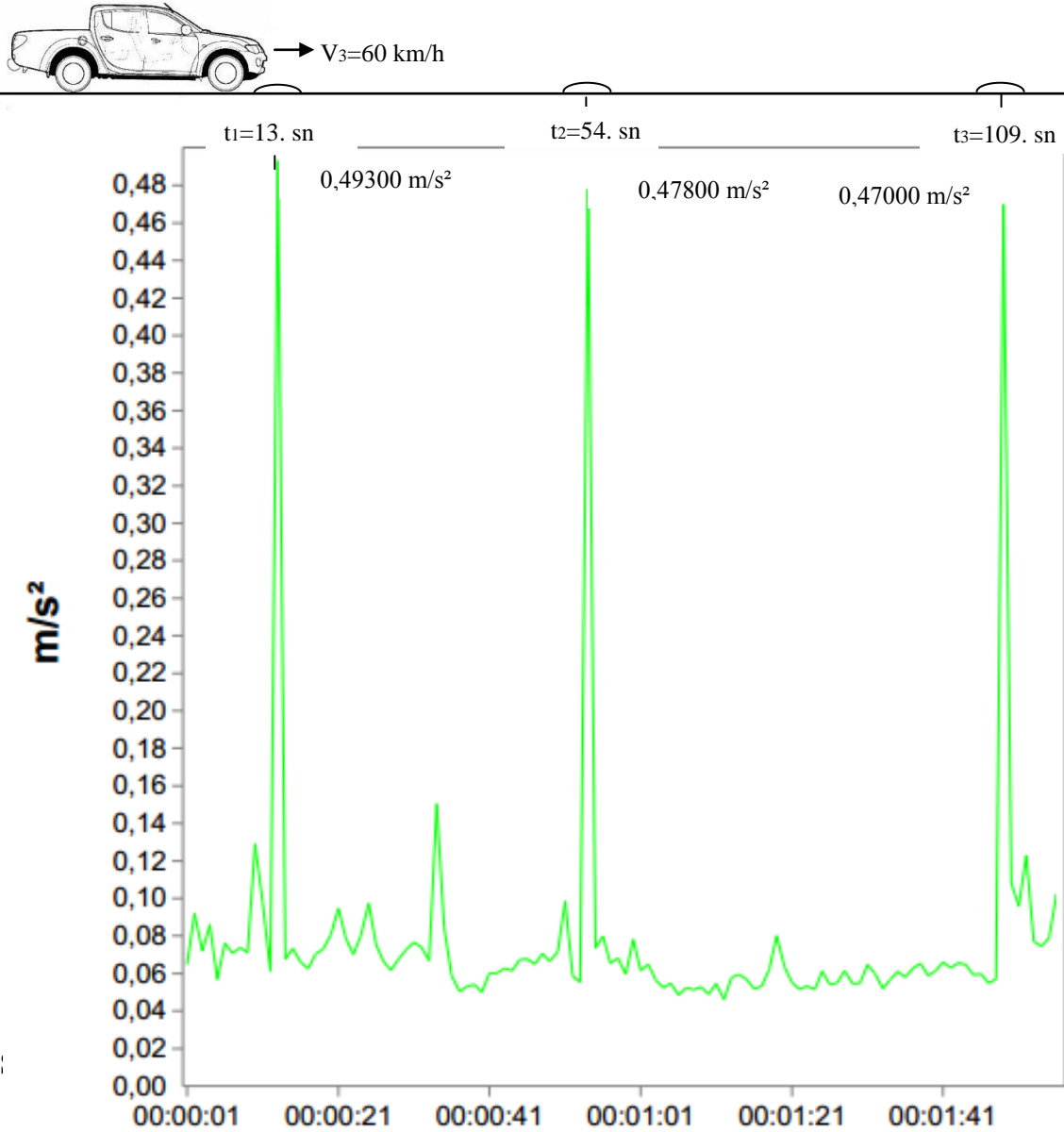
Mitsubishi marka arazi taşıtının tümsekli yol koşullarında 40 km/h'lık hızla yapmış olduğu teste oluşan veriler HVM 100 cihazıyla ölçülerek Blaze programıyla elde edilen ivme grafiği Şekil 4.11 de gösterilmiştir.



Şekil 4.11 Mitsubishi marka pick-up arazi taşıtı 40 km/h'lık hızla ivme grafiği.

#### 4.2.6 Mitsubishi Marka Pick-Up Arazi Taşıtı 60 km/h'lık Hızla İvme Grafiği

Mitsubishi marka arazi taşıtının tümsekli yol koşullarında 60 km/h'lık hızla yapmış olduğu testte oluşan veriler HVM 100 cihazıyla ölçülerek Blaze programıyla elde edilen ivme grafiği Şekil 4.12 de gösterilmiştir.



Şekil 4.12 Mitsubishi marka pick-up arazi taşıtı 60 km/h'lık hızla ivme grafiği.

### 4.3. İvme Değerlerine Bağlı Analiz Sonuçları

Yapılan test çalışmalarında elde edilen grafikler ışığında; Fiat Linea marka otomobil ve Mitsubishi marka arazi taşıtının 20 km/h, 40 km/h ve 60 km/h'lık hızlarla yapmış olduğu ivme değişimleri aşağıdaki tabloda görülmektedir. Fiat Linea marka otomobilin hıza bağlı ivme değerleri Çizelge 4.1 de, Mitsubishi marka taşıt aracının hıza bağlı ivme değerleri ise Çizelge 4.2 de gösterilmiştir.

Fiat Linea marka otomobilin hızı arttıkça tümseklerden geçerken ki ivme değerlerinin arttığı çizelgeden görülmektedir.

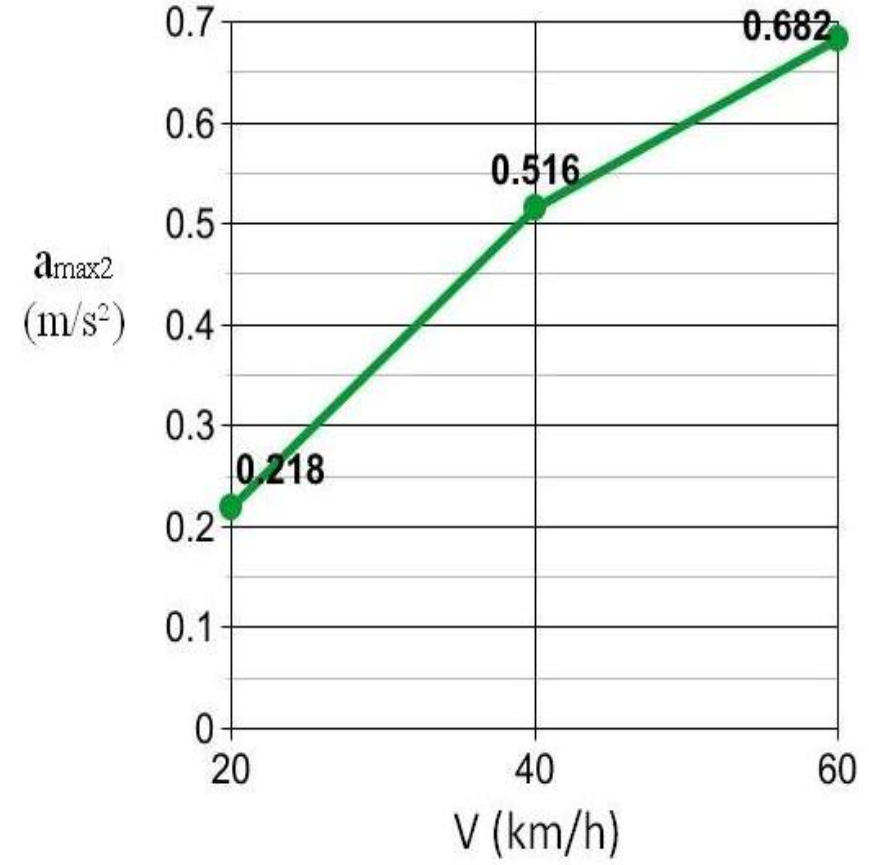
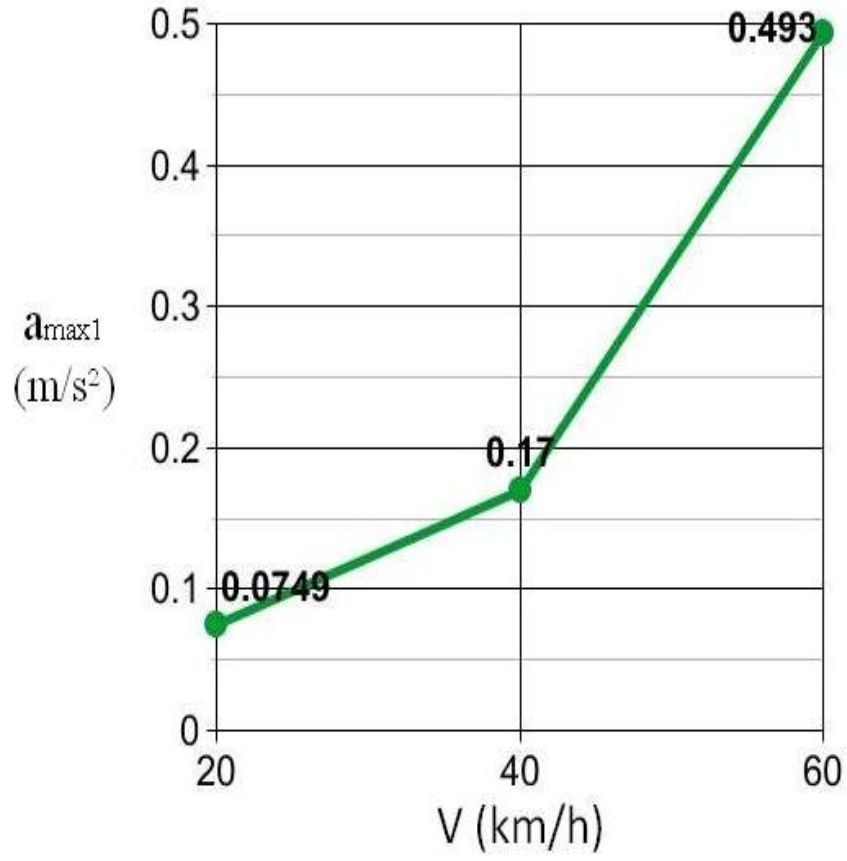
**Çizelge 4.1** Fiat Linea marka otomobilin hız/ivme değerleri.

<i>Hız/İvme</i>	$a_{max1}(m/s^2)$	$a_{max2}(m/s^2)$
20 km/h	0.272	0.218
40 km/h	0.553	0.516
60 km/h	0.722	0.682

Mitsubishi marka taşıt aracının hızı arttıkça tümseklerden geçerken ki ivme değerlerinin arttığı çizelgeden görülmektedir.

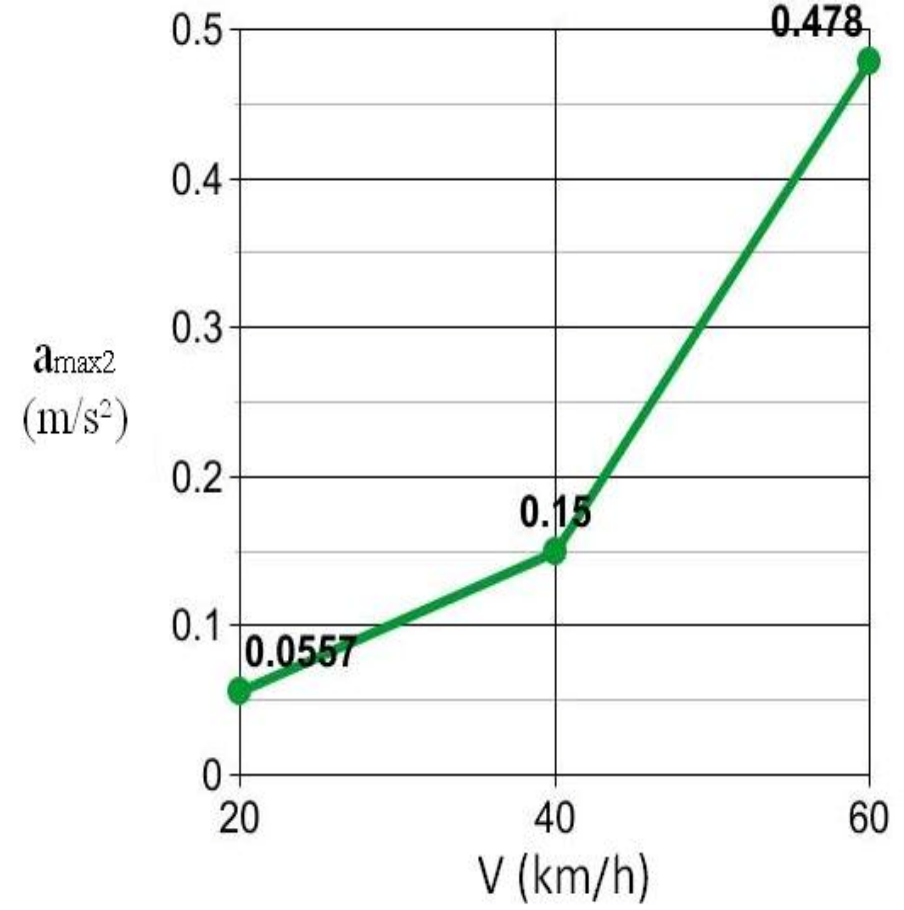
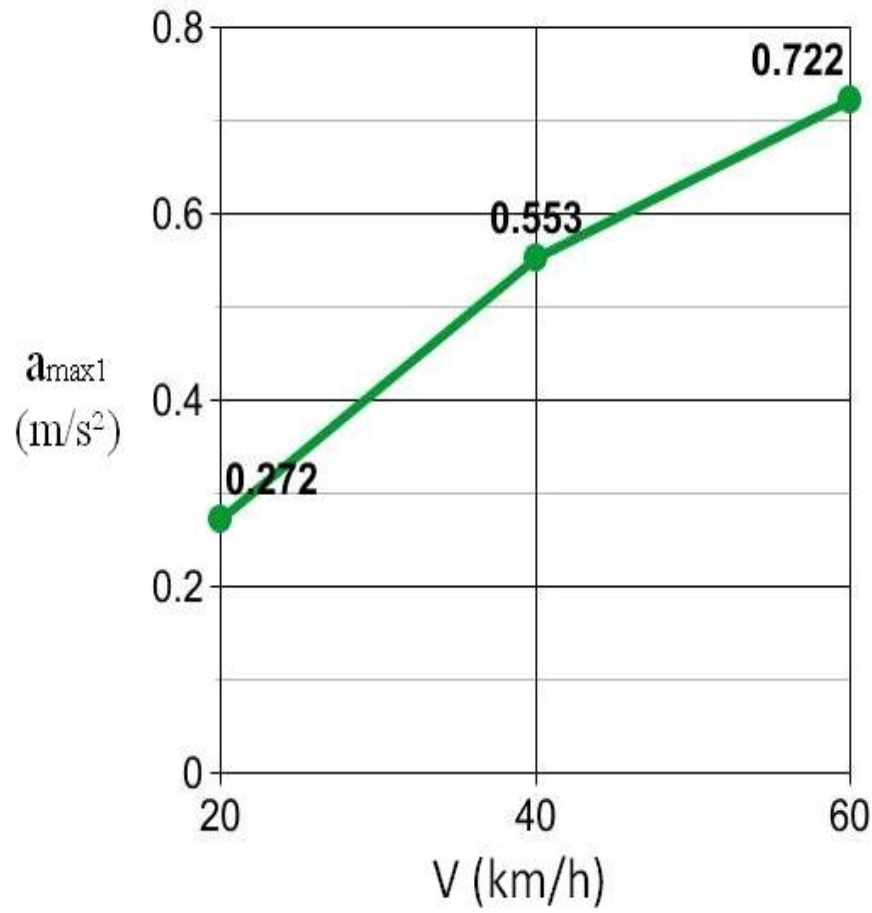
**Çizelge 4.2** Mitsubishi marka taşıt aracının hız/ivme değerleri.

<i>Hız/İvme</i>	$a_{max1}(m/s^2)$	$a_{max2}(m/s^2)$
20 km/h	0.0749	0.0557
40 km/h	0.17	0.15
60 km/h	0.493	0.478



Şekil 4.13 Fiat Linea marka otomobilin hız/ivme değerleri.





Şekil 4.14 Mitsubishi marka arazi taşıtının hız/ivme değerleri.

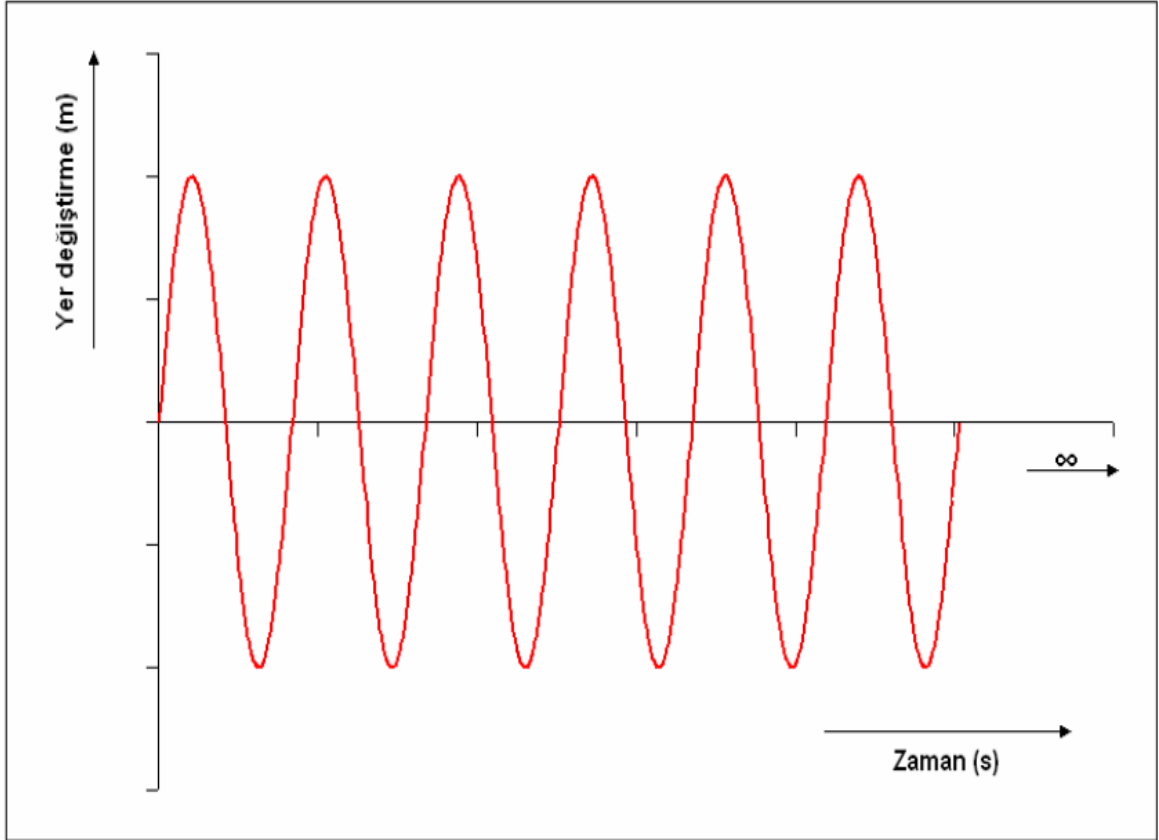
Test çalışmalarında ölçülen değerler HVM 100 cihazı ve Blaze programıyla bilgisayar ortamına aktarıldıktan sonra hıza bağlı olarak en yüksek ivme değerleri alınarak Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2 oluşturulmuştur. En yüksek ivme değerleri tümseklerden geçerken olduğu görülmüştür. Söz konusu çizelgelerden en yüksek ivme değerleriyle hıza bağlı değişimleri Şekil 4.13 ile Şekil 4.14 de görülmektedir. Fiat Linea marka otomobil ve Mitsubishi marka taşıt aracında hızların artmasıyla kasislerden (tümseklerden) geçerken ki ivmeler yükseldiği görülecektir. Yani 20 km/h'lık hızla giden aracın kasislerden (tümseklerden) geçerken ki ivme değerleri ile 60 km/h'lık hızla giden araçla ivme değerleri arasında artış kaçınılmazdır. İki farklı araçta da hız arttıkça ivme yükselmektedir. Şekillerden ve çizelgelerden görüleceği üzere; farklı süspansiyon sistemleri olan iki farklı aracın tümseklerden geçerken ki ivme değerleri de farklılık göstermektedir. Temel titreşim denklemlerinden görüleceği üzere titreşimin artması ve/veya ivmenin artmasıyla genlik düşecektir. Genlik arttığı zaman ise ivmenin düşmesi kaçınılmazdır.

#### **4.4. Yer Değişime Bağlı Titreşim Hesaplamaları**

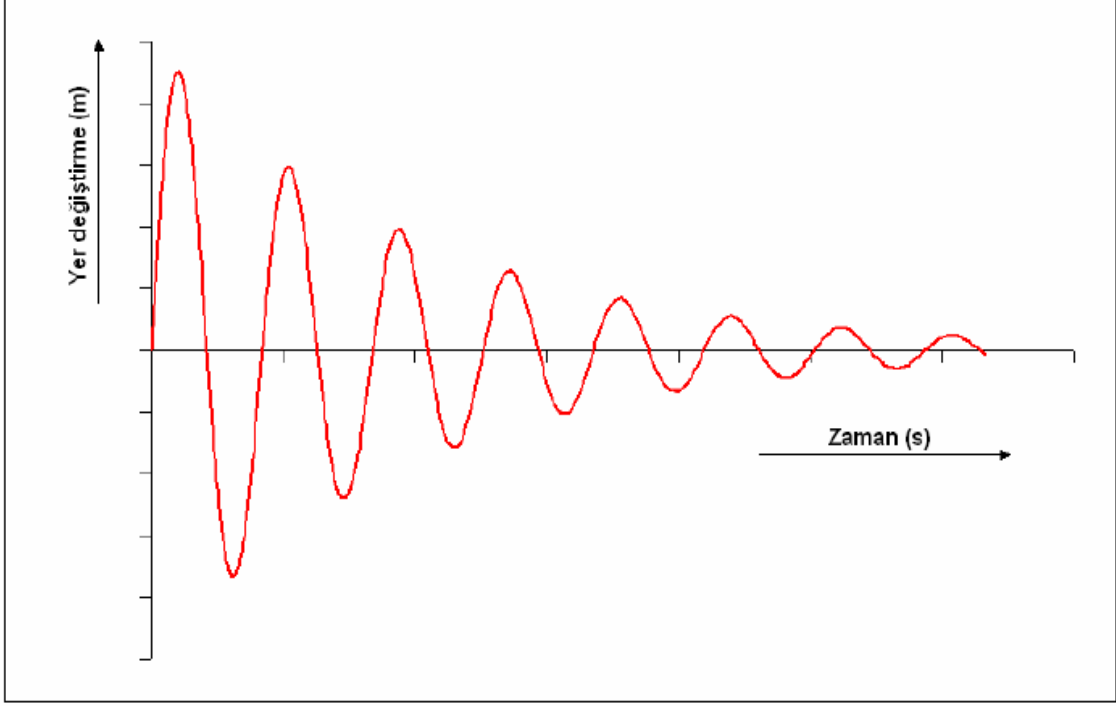
Herhangi bir titreşim sisteminde sürtünme kuvveti nedeniyle daima enerji kaybı vardır. Bunun sonucunda titreşim yapan bir sarkacın veya bir yayın ucundaki kütlelerin genliği zaman geçtikçe sabit bir şekilde azalır. Sistem titreşim hareketi yaparken sürtünme ya da başka sebeple oluşan enerji kaybı oluşmuyorsa buna sönümsüz titreşim hareketi denir. Şekil 4.15'de sürtünmenin (sürtünme sıfır) olmadığı ideal bir titreşim gösterilmektedir. Şekil 4.15'den sönümsüz serbest titreşim hareketinin, dışarıdan bir müdahale olmaksızın sonsuza kadar devam eden teorik bir hareket olduğu görülmektedir.

Titreşim ile sürtünme kuvvetinin etkilediği durum Şekil 4.16'da görülmektedir. Böyle titreşimlere sönümlü denir ve bu durumda hızla sönerek küçülür. Kısaca sönümsüz serbest titreşim hareketi yapan bir sisteme sönümleyici ekleyerek sistem sönümlü hale getirilmektedir. Şekil 4.16'dan görüleceği gibi, hareketin genliği zaman ile eksponansiyel olarak azalmakta, bir başka deyişle hareket sönümlenmektedir. Bu durum zayıf sönüm olarak da adlandırılmaktadır (Karabulut 1995).

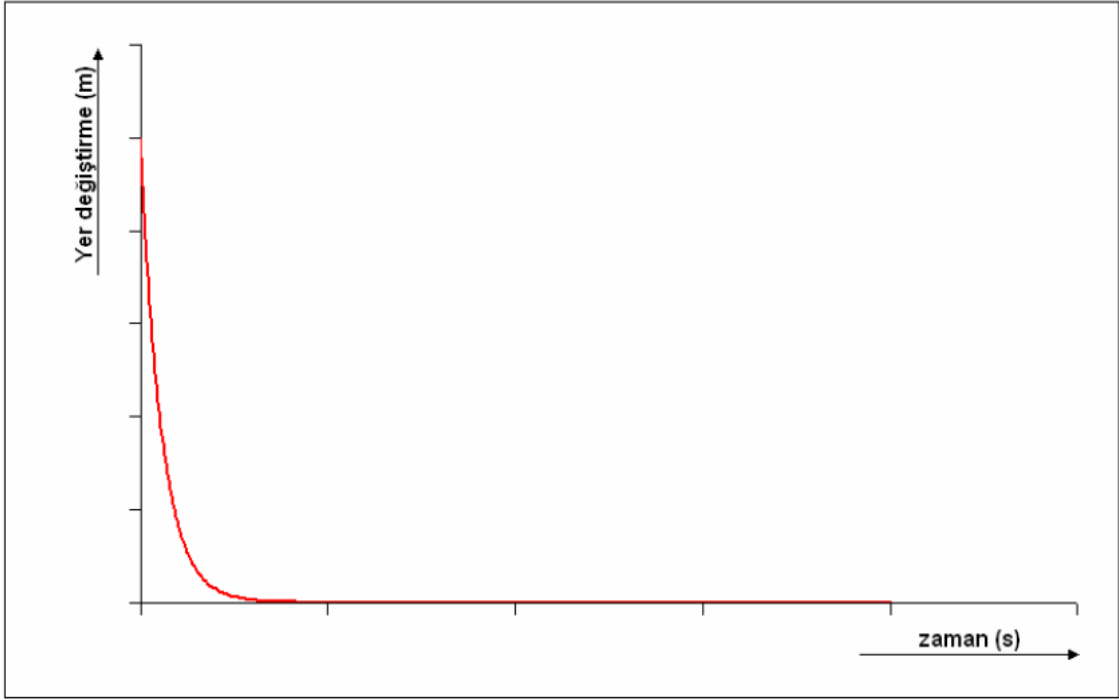
Sürtünme kuvveti çok büyük olan sistem hiçbir şekilde titreşim hareketi yapmaz ve sistem titreşmeden denge durumuna düşer. Böyle sistemlere kritik sönümlenme denmekte olup Şekil 4.17’de gösterilmektedir. Şekil 4.17’den görüleceği üzere, kütlelin salınım hareketi yapmadığı görülmektedir. Sistem serbest bırakıldığında salınım hareketi yapmaya çalışmakta ancak hareket sinüzoidal dalgalar oluşturamadan sönümlenmektedir. Bu durum kritik sönümlenme olarak adlandırılır (Karabulut 1995).



Şekil 4.15 Sönümsüz titreşim grafiği.

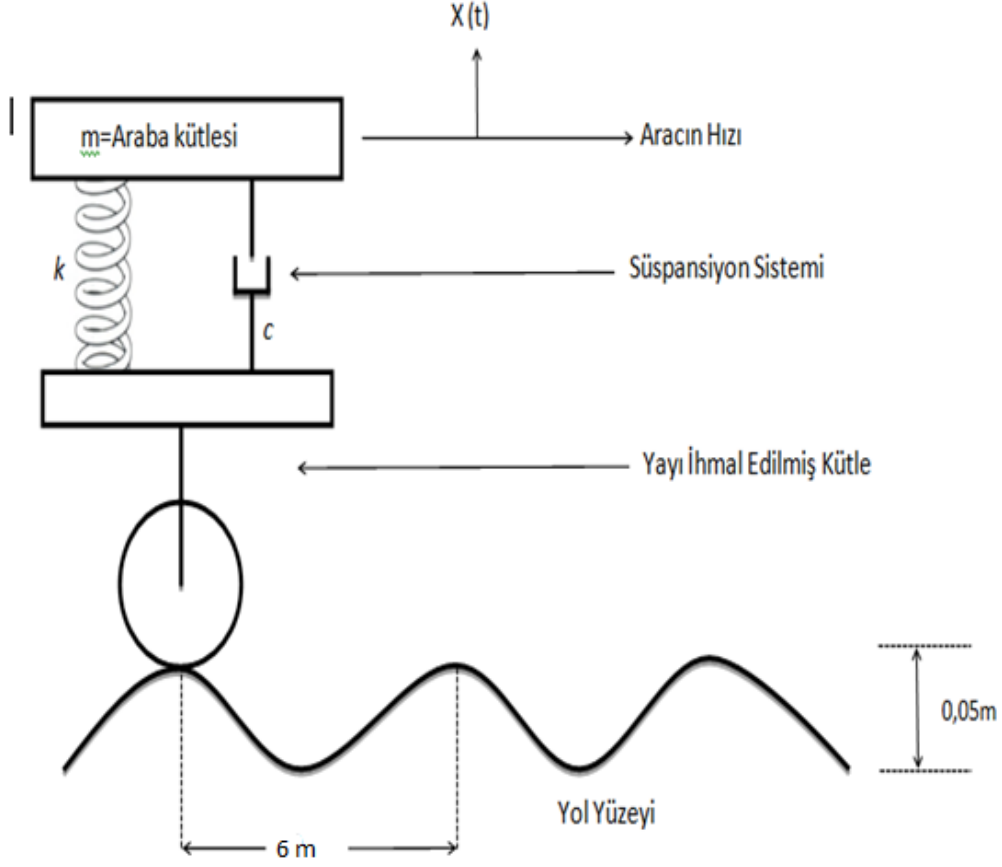


şekil 4.16 Sönümlü titreşim grafiği.



şekil 4.17 Aşırı sönümlü titreşim grafiği.

Test çalışmasında kullanılan aracın ve yolun durumunu gösterir diyagram Şekil 4.18’de görülmektedir. Buna bağlı olarak hesaplamalarda kullanılan titreşim denklemleri, yer değiştirme denklemi ve frekanslar bulunmaktadır.



Şekil 4.18 Araç yol diyagramı.

Yer değiştirme :  $x = A * \sin(\omega t + \theta)$  (4.1)

$x_{max} = A$  olması için  $\sin(\omega t + \theta) = 1$  olmalı,

Hız:  $\dot{x} = v = -\omega * A * \cos(\omega t + \theta)$  (4.2)

$v_{max} = -\omega * A$  olması için  $\cos(\omega t + \theta) = 1$  ve  $\omega < 1$  olmalı,

İvme:  $\ddot{x} = a = \omega^2 * A * \sin(\omega t + \theta)$  (4.3)

$a_{max} = \omega^2 * A$  olması için  $\sin(\omega t + \theta) = 1$  ve  $\omega > 1$  olmalı

Araçların deney çalışmalarını yaptıkları yere bağlı denklemler aşağıda gösterilmiştir.

Yer Değiştirme Denklemi:

$$y(t) = (0.025m)\sin\omega_b t \quad (4.4)$$

Genlik:

$$Y = \frac{0,05}{2} = 0.025 \text{ m}$$

Açısal Frekans:

$$\omega_b = \vartheta \left( \frac{km}{h} \right) \left( \frac{dev}{0.006km} \right) \left( \frac{2\pi rad}{dev} \right) \left( \frac{h}{3600s} \right) \quad (4.5)$$

$$\omega_b = \vartheta \left( \frac{2\pi}{21,6} \right)$$

$$\omega_b = 0.2909(\vartheta) \quad (\text{rad/s})$$

Doğal Frekans:

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (4.6)$$

Frekans Oranı:

$$r = \left( \frac{\omega_b}{\omega_n} \right) \quad (4.7)$$

Titreşim Oranı:

$$\zeta = \left( \frac{c}{2\sqrt{km}} \right) \quad (4.8)$$

Yer Değiştirme:

$$X = Y * \sqrt{\frac{1+(2\zeta r)^2}{(1-r^2)^2+(2\zeta r)^2}} \quad (4.9)$$

#### 4.4.1 Fiat Linea Marka Otomobilin Titreşim Değerleri

Test çalışmalarında kullanılan Fiat Linea marka otomobilin temel titreşim denklemleri kullanılarak 5 ayrı hızdaki (20 km/h, 40 km/h, 60 km/h, 70 km/h ve 90 km/h) değerler elde edilmiştir.

$$k = (4 * 10^4) \text{N/m}$$

$$c = (20 * 10^2) \text{ N.s/m}$$

$$m = 1360 \text{ kg}$$

$$\vartheta_1 = 20 \text{ km/h}$$

$$\vartheta_2 = 40 \text{ km/h}$$

$$\vartheta_3 = 60 \text{ km/h}$$

$$\vartheta_4 = 70 \text{ km/h}$$

$$\vartheta_5 = 90 \text{ km/h}$$

- 20 km/sa'lık hızda frekans değerleri

Eşitlik (4.6) dan;

$$\omega_n = \sqrt{\frac{4 * 10^4}{1360}}$$

$$\omega_n = 5.396 \text{ rad/s}$$

Eşitlik (4.5) den;

$$\omega_b = 0.2909(\vartheta) \text{ ise}$$

$$\omega_{b1} = 5.818 \text{ rad/s}$$

Eşitlik (4.7) den;  $r = \left(\frac{\omega_b}{\omega_n}\right)$

$$r_1 = 5.818/5.396$$

$$r_1 = 1.0782$$

Eşitlik (4.8) den  $\zeta = \left(\frac{c}{2\sqrt{km}}\right)$

$$\zeta = (2000)/(2 * \sqrt{(4 * 10^4)1360})$$

$$\delta = 0.136$$

Eşitlik (4.9) dan  $X = Y * \sqrt{\frac{1+(2\zeta r)^2}{(1-r^2)^2+(2\zeta r)^2}}$

$$X = (0.025) * \sqrt{\frac{1 + (2 * 0.136 * 1.0782)^2}{((1 - 1.0782^2)^2 + (2 * 0.136 * 1.0782)^2)}}$$

$$x_1 = 0.0777 \text{ m} = 7.77 \text{ cm}$$

- 40 km/h'lık hız için değerler;

$$\omega_{b2} = 11.636 \text{ rad/s}$$

$$r_2 = 2.1564$$

$$x_2 = 0.0078 \text{ m} = 0.78 \text{ cm}$$

- 60 km/h'lık hız için değerler;

$$\omega_{b2} = 17.454 \text{ rad/s}$$

$$r_3 = 3.2344$$

$$x_3 = 0.0035 \text{ m} = 0.35 \text{ cm}$$



- 70 km/h'lık hız için değerler;

$$\omega_{b4} = 20.363 \text{ rad/s}$$

$$r_4 = 3.7737$$

$$x_4 = 0.0026 \text{ m} = 0.26 \text{ cm}$$

- 90 km/h'lık hız için değerler;

$$\omega_{b5} = 26.181 \text{ rad/s}$$

$$r_5 = 4.8519$$

$$x_5 = 0.0018 \text{ m} = 0.18 \text{ cm}$$

#### 4.4.2 Mitsubishi Marka Arazi Taşıtının Titreşim Değerleri

Test çalışmalarında kullanılan Mitsubishi marka taşıt aracının temel titreşim denklemleri kullanılarak 5 ayrı hızdaki (20 km/h, 40 km/h, 60 km/h, 70 km/h ve 90 km/h) değerler elde edilmiştir.

$$k = (4 * 10^4) \text{ N/m}$$

$$c = (20 * 10^2) \text{ N.s/m}$$

$$m = 2030 \text{ kg}$$

$$v_1 = 20 \text{ km/h}$$

$$v_2 = 40 \text{ km/h}$$

$$v_3 = 60 \text{ km/h}$$

$$v_4 = 70 \text{ km/h}$$

$$v_5 = 90 \text{ km/h}$$

- 20 km/h'lık hız için frekans değerleri

$$\text{Eşitlik (4.6) dan } \omega_n = \sqrt{\frac{4 * 10^4}{2030}}$$

$$\omega_n = 4.44 \text{ rad/s}$$

Eşitlik (4.5) den  $\omega_b = 0.2909(\vartheta)$  ise

$$\omega_{b1} = 5.818 \text{ rad/s}$$

Eşitlik (4.7) den  $r = \left(\frac{\omega_b}{\omega_n}\right)$

$$r = 5.818/4.44$$

$$r_1 = 1.3103$$

Eşitlik (4.8) den  $\zeta = \left(\frac{c}{2\sqrt{km}}\right)$

$$\zeta = (2000)/(2 * \sqrt{(4 * 10^4)2030})$$

$$\zeta = 0.1109$$

Eşitlik (4.9) dan  $X = Y * \sqrt{\frac{1 + (2\delta r)^2}{(1 - r^2)^2 + (2\delta r)^2}}$

$$X = (0.025) \sqrt{\frac{1 + (2 * 0.1109 * 1.3103)^2}{(1 - 1.3103^2)^2 + (2 * 0.1109 * 1.3103)^2}}$$

$$x_1 = 0.0336 \text{ m} = 3.36 \text{ cm}$$

- 40 km/h'lık hız için değerler;

$$\omega_{b2} = 11.636 \text{ rad/s}$$

$$r_2 = 2.6207$$

$$x_2 = 0.0051 \text{ m} = 0.51 \text{ cm}$$

- 60 km/h'lık hız için değerler;

$$\omega_{b3} = 17.454 \text{ rad/s}$$

$$r_3 = 3.9310$$

$$x_3 = 0.0025 \text{ m} = 0.25 \text{ cm}$$

- 70 km/h'lık hız için değerler;

$$\omega_{b4} = 20.363 \text{ rad/s}$$

$$r_4 = 4.5862$$

$$x_4 = 0.0017 \text{ m} = 0.17 \text{ cm}$$

- 90 km/h'lık hız için değerler;

$$\omega_{b5} = 26.181 \text{ rad/s}$$

$$r_5 = 5.8966$$

$$x_5 = 0.0011 \text{ m} = 0.11 \text{ cm}$$

Fiat Linea marka otomobil ile Mitsubishi marka arazi taşıtı için; 20, 40, 60,70 ve 90 km/h'lık hızlarla yapılan test çalışmalarında yukarıdaki denklemlerden alınan değerler aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir. Fiat Linea marka otomobilin değerleri 1 indisli olarak, Mitsubishi marka binek taşıtının değerleri 2 indisli olarak Çizelge 4.3'de görülmektedir.

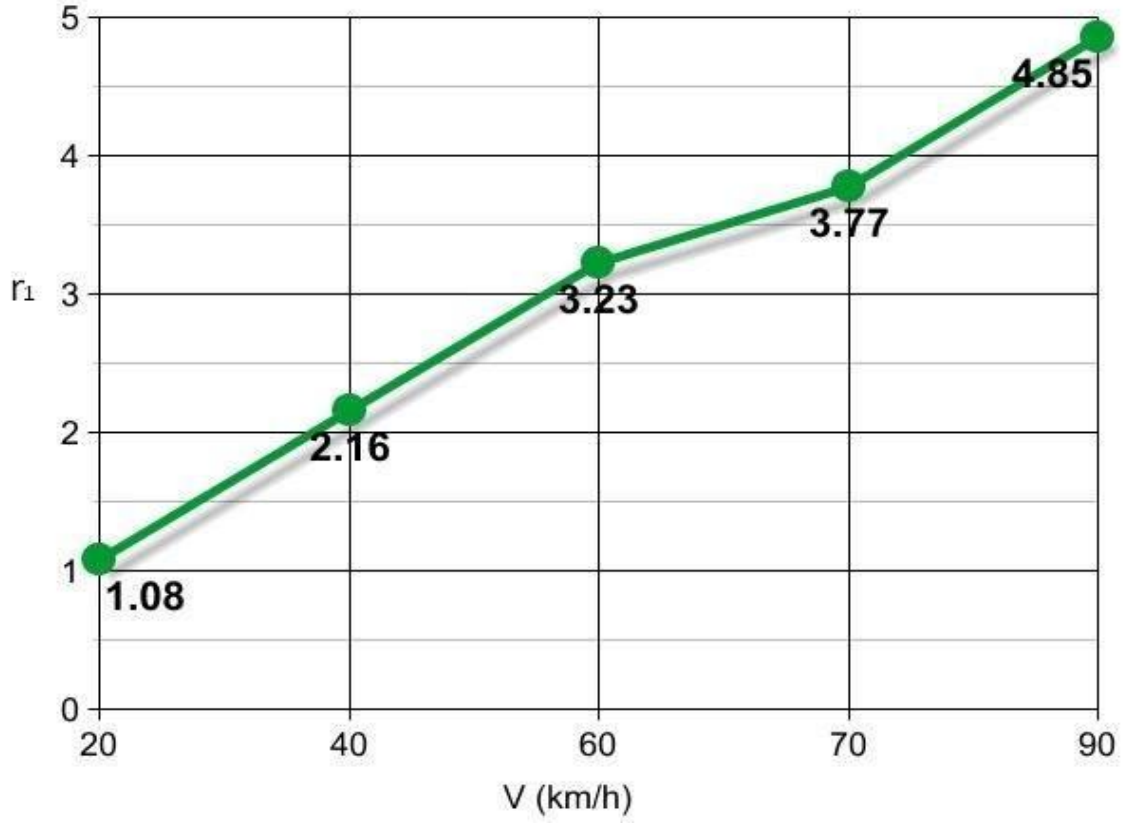
**Çizelge 4.3** Hıza bağlı değerler.

Hız (km/h)	$\omega_b$	$r_1$	$r_2$	$x_1$ (cm)	$x_2$ (cm)
20	5.82	1.08	1.31	7.77	3.36
40	11.67	2.16	2.62	0.78	0.51
60	17.45	3.23	3.93	0.35	0.25
70	20.36	3.77	4.59	0.26	0.17
90	26.18	4.85	5.89	0.18	0.11

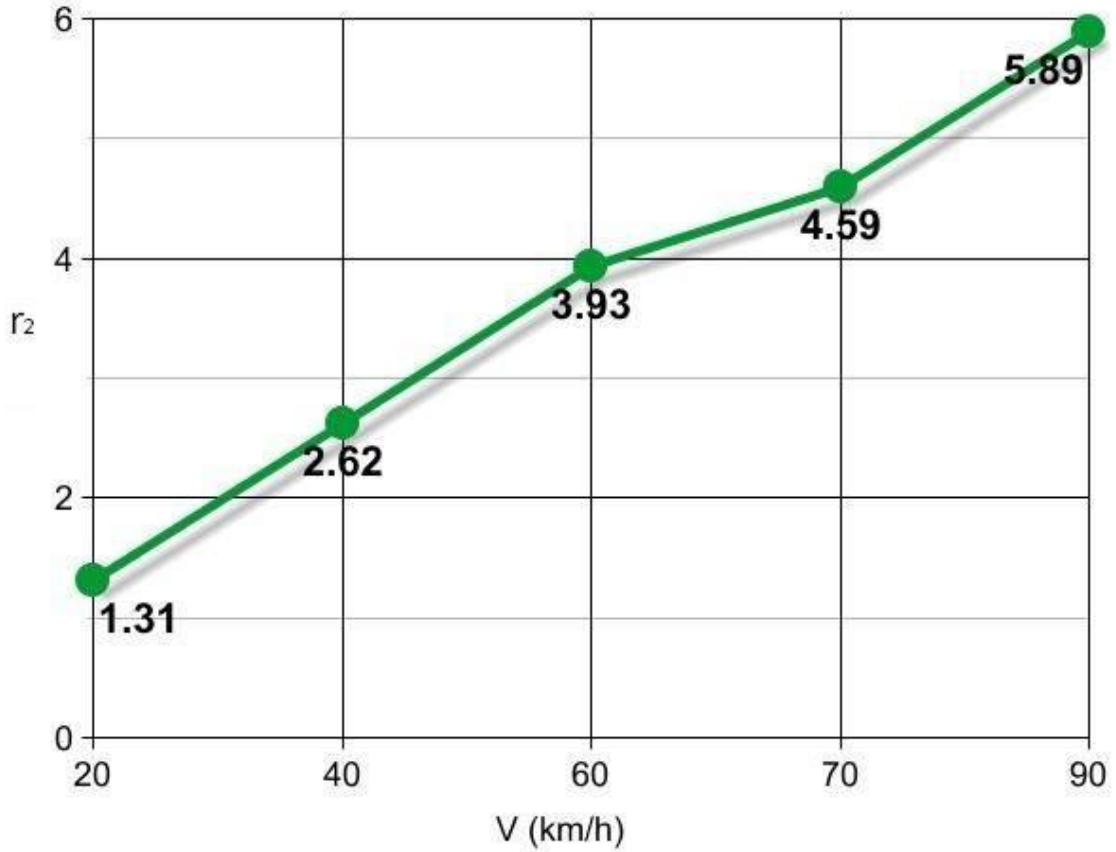
Yukarıdaki çizelgeden de görüleceği üzere iki farklı aracın da hızı arttıkça frekans oranları ( $r_1$  ve  $r_2$ ) artmıştır. Ayrıca hıza bağlı olarak değişen açısız frekans da artmış olup,  $x_1$  ve  $x_2$  değerleri de denklemlerden hesaplanan sonuçlara göre azalmıştır. Şekil 4.19'da Fiat Linea marka otomobilin 20 km/h, 40 km/h, 60 km/h, 70 km/h ve 90 km/h'lık hızlar için frekans oranını ( $r$ ) gösterir diyagram gösterilmiştir. Buradan

görülebceği üzere hız arttıka frekans oranı (r) artmaktadır. Aynı durum Mitsubishi marka arazi taşıtı için de geçerli olup Şekil 4.20’de görüldüğü gibi hız arttıka, frekans oranı (r) artmaktadır. Şekil 4.21’de ise Fiat Linea marka otomobilin hıza bağlı yer değiştirme büyüklükleri görülmektedir. Bu diyagramdan da görülebceği üzere hız arttıka yer değiştirme (x) büyüklükleri azalmaktadır. Aynı durum Mitsubishi marka arazi taşıtı için de geçerli olup, Şekil 4.22’da görüldüğü gibi hız arttıka yer değiştirme (x) değerleri azalmaktadır.

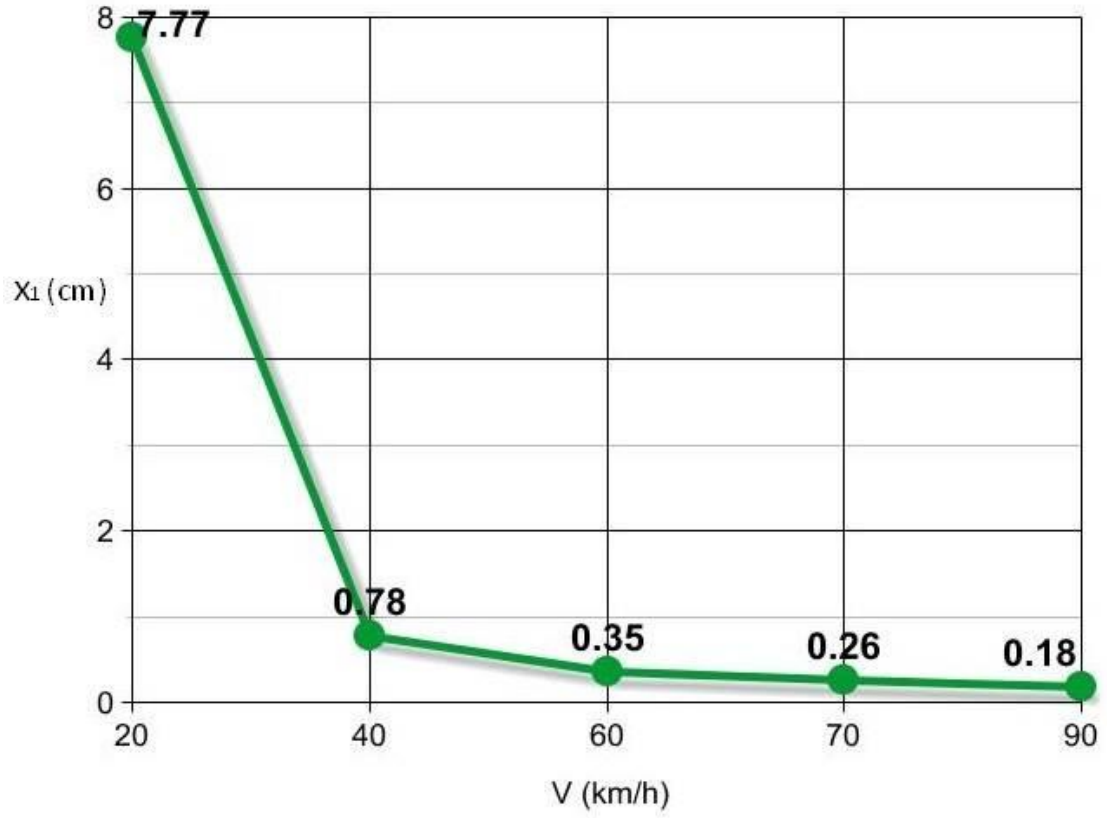
Ayrıca deney çalışmalarıında kullanılan farklı tip araçlar için de yer değiştirme ve frekans oranı farklılık göstermektedir. Şöyle ki Mitsubishi marka arazi taşıtının hıza bağlı olarak frekans oranları (r) Fiat Linea marka otomobilden daha yüksek olduğu görülmektedir. Yer değiştirme oranlarına bakılacak olursa; Mitsubishi marka arazi taşıtının yer değiştirme değerleri Fiat Linea marka otomobile göre daha düşük olduğu görülmektedir.



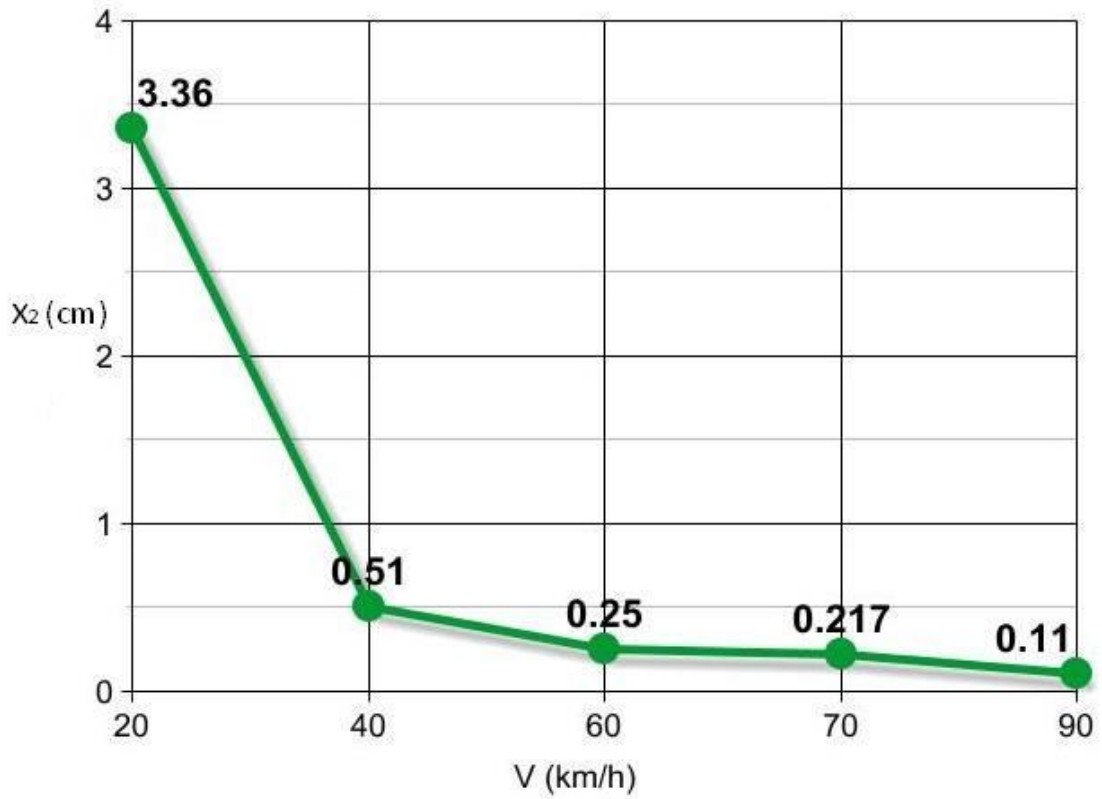
Şekil 4.19 Fiat Linea marka otomobilin  $\vartheta$ - $r_1$  diyagramı.



Şekil 4.20 Mitsubishi marka arazi taşıtının  $\vartheta$ - $r_1$  diyagramı.



Şekil 4.21 Fiat Linea marka otomobilin  $\vartheta$ - $x_1$  diyagramı.



Şekil 4.22 Mitsubishi marka arazi taşıtının  $\vartheta$ - $x_1$  diyagramı.

## 5. SONUÇLAR

Bu deneysel çalışmada; araçlarda kullanılan amortisörlerin sönümleme etkisini incelemek, titreşim büyüklükleri ve sürücüye etkileri araştırılmıştır. Araçların yol pürüzlülüğü etkisi üzerinde yapılan çalışmada, farklı süspansiyon sistemleri olan iki farklı aracın aynı ortam koşullarda (engebeli/tümsekli bir cadde üzerinde) 20 km/h, 40 km/h ve 60 km/h'lık hızlarla yapılan deneyi anlatmaktadır. İki farklı araçta aynı sürücü kullanarak yanına aynı ağırlıkta birer kişiyle deney çalışmaları yapılmıştır. Araçların ağırlıkları farklı olmasına rağmen personel ağırlıkları aynı tutulmuştur.

Deneysel çalışmada sürücü koltuğuna konan ped ivmeölçer vasıtasıyla titreşim değerleri HVM 100 cihazına aktarılmıştır. Cihaza aktarılan veriler Blaze programıyla bilgisayar üzerinde yorumlanmıştır. Bu sonuçlar hem sayısal olarak hem de grafik halinde ulaşılan verilen istatistiksel yöntemlerle açıklanmıştır. Sürücü üzerine etki eden titreşimler farklı araçlarda farklı hızlarla değişiklikler gözlemlendiği görülmüştür.

İki farklı araçta farklı süspansiyon sistemleri kullanılmıştır. Binek tip otomobilde kullanılan MacPherson tipi süspansiyon sistemi, daha çok motorun önde olduğu, önden çekişli araçların ön süspansiyon sistemi için kullanılır. Arazi taşıtında kullanılan çift salıncaklı bağımsız süspansiyon sistemlerinde aksı alt ve üst kollar destekler. Bu tip süspansiyon sistemi karmaşık yapısına rağmen sağlam bir sistemdir. Aynı anda hem mükemmel bir sürüş dengesi hem de konfor sağlar. Bu tür süspansiyonlar önden motorlu ve arkadan çekişli binek ve küçük ticari tip araçların ön ve arka süspansiyonları için kullanılır. Bu deney çalışmasında görülmektedir ki arazi taşıtında mevcut olan süspansiyon sistemi binek aracında mevcut olan süspansiyon sistemine göre daha iyi olduğu görülmüştür.

Deneylerin yapıldığı trafikte, hızın azaltılmasına yönelik eylemlerden biri olan tümsekler yani kasisler bulunmakta olup, istatistikî sonuçlara göre bu kasisler amortisörlerin sönümleme özelliğini artırmakta, etkinlik derecesi olarak üst seviyelere koymaktadır. Araçların zarar görmesini engellemek ve trafik güvenliğini artırarak şehir

içinde kullanılan hız azaltıcı sistemlerin uygun kullanılmasıyla konfor ve emniyetin sağlanması öngörülmektedir.

Yapılan çalışmalardan görüleceği gibi, yoldaki çukurlardan veya tümseklerden yüksek hızla geçildiğinde meydana gelen ani darbeler amortisörün performansını olumsuz etkiler. Amortisörlerin sönüm etkisi yüksek hızda düşmekle birlikte, sıkça tekrarlandığında ani performans kaybı ve hatta amortisörde yağ kaçağı meydana gelerek amortisörün karakteristiğinin bozulmasına yol açmaktadır.

Sonuç olarak farklı araçlar kullanılarak yapılan deney çalışmalarında; araçların hızlarına bağlı olarak yol şartları aynı olmak koşuluyla farklı titreşim değerlerinin çıktığı bilinmektedir. Hıza bağlı olarak kasislerden/tümseklerden ve/veya çukurlardan geçerken ki ivme değerleri hız arttıkça ivmenin arttığı görülmüştür. Farklı süspansiyon sistemleri kullanılan bu araçların sönümleme etkisi de farklılık göstermekte, arazi taşıtında bulunan süspansiyon sisteminin sönümleme etkisinin daha iyi olduğu belirlenmiştir. Ayrıca deney çalışmalardan; yeni model araçların ve/veya yeni amortisörlerin mevcut deneysel çalışmalarda daha iyi performans gösterdiği belirlenmiştir.

Yapılan çalışmalardan da görüleceği üzere, araçlarda kullanılan amortisörlerin sürüş konforu, emniyet ve insan sağlığı açısından diğer faktörler (lastikler, aracın kullanım ömrü, koltuk yapısı vb.) kadar etkili olduğu belirlenmiştir. Araçların kasislerden/tümseklerden ve çukurlardan geçerken aracın ömrünü ve sürüş konforunu azaltmamak için yavaş hızlarla geçiş sağlanması gerektiği deney çalışmalarında ispatlanmıştır.

Farklı hızlarla yapılan çalışmalar neticesinde, hız arttıkça ivme değerleri yolun durumuna göre artmakta (aracın tümseklerden geçişi vb.), genlik değerleri düşmektedir. Ayrıca hızın artmasıyla frekans oranlarının da arttığı belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda edinilen bilgi ve tecrübeler doğrultusunda, araçlardaki amortisörlerin sönümleme etkisi; sürücünün kullanımına, aracın hızına, aracın yüküne, yol şartlarına ve amortisörlerin kullanım ömürlerine göre değiştiği görülmektedir.



## 6. KAYNAKLAR

- Anonymous (1982). Measuring Vibration. Brüel & Kjær, 40 p, Nærum-Denmark.
- Anonim. (2003c). Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığında: Titreşim Yönetmeliği. Resmî Gazete 23 Aralık 2003-Sayı: 25325; s. 72-78.
- Anonim. (2005). tst ENV 28041 Titreşime Karşı İnsan Tepkisi-Ölçme Düzeneği. Türk Standartları Enstitüsü, 33 s, Ankara.
- Anonim. (2011). Volkswagen Passat Ninovat El Kitabı.
- Anonim. (2012). Scania Kamyon Titreşim El Kitabı.
- Arkun, E. (1983). Yapı Bilgisi. Makine Mühendisliği El Kitabı, Cilt 4, s. 14-1 - 14-144, Ankara.
- Bölükoğlu, H., Kunst, O. (1989). Traktör Koltuklarının Tasarımında Titreşimin Önemi. Çukurova Üniversitesi-Milli Prodüktivite Merkezi 2. Ulusal Ergonomi Kongresi, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları: 379; s. 432-443, Ankara.
- Çay, C.İ. (2006) Tarım Traktörleri Sürücü Koltukları Titreşim Sönümlenme Elemanları Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Duman, O. Ş. (1994). Teleskopik-Hidrolik Amortisör Test Makinasının Tasarım ve Kullanılabilirliği. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniv. Fen Bilimleri Enst., Balıkesir, 27-49.
- Eaton, S. (2003). Bus Drivers & Human Vibration. Worker's Compensation Board of BC Engineering Section Report, Project Number: 7.24-03257, 10 p, Vancouver.
- Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Araştırma Merkezi Müdürlüğü, (2012).
- Ergin, T. (2006). Otomotiv Amortisörlerinin Etkinlik ve Sönümlenme Kabiliyetlerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Griffin, M.J. (1997). Vibration and Motion. Handbook of Human Factors and Ergonomics, A.Willey-Interscience Publication John Willey & Sons Inc., New York/Chichester/Wienheim/Brisbane/Toronto/Singapore, 828-857.

- Güney, A. 1989. Taşıt Titreşimlerinde Frekansa Bağlı Optimum Sönüm Karakteri Tasarımı. Mühendis ve Makina, Sayı: 356; s. 15-21.
- Karabulut, A. (1995). Traktör Sürücü Oturakları Yalıtım Sistemi Üzerinde Bir Araştırma. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Köylü, H., Çınar A. (2009). Amortisör Sönümleme Karakteristiğine Göre Dinamik Tekerlek Yarıçapı Değişimini ABS Kontrol Parametresi Olan Kayma Değişimine Etkilerinin Deneysel Analizi. 5. Uluslar arası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Karabük.
- Lee, C.-T., Moon, B.-Y. (2004). "Simulation and experimental validation of vehicle dynamic characteristics for displacement-sensitive shock absorber using fluid-flow modelling", *Mechanical Systems and Signal Processing*, **40**: 1-16.
- Liu, Y., Zhang, J. (2002). Nonlinear dynamic responses of twin-tube hydraulic shock absorber, *Mechanics Research Communications*, **29**: 359-365.
- Marul, M. (2012). Tarım traktörleri sürücü koltuğu üzerinde kullanılan minderlerin titreşim etkisinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Nozaki, H., Inagaki, Y. (1999). Technology for measuring and diagnosing the damping force of shock absorbers and the constant of coil springs when mounted on a vehicle, *Sae of Japan*, **20**: 413-419.
- Park, W. C., Choi, S. B., Suh, M. S. (1999). Material characteristics of an ER fluid and its influence on damping forces of an ER damper (part II: damping forces), *Materials & Design*, **20**: 325-330.
- Pranoto, T., Nagaya, K. (2005). Development on DOF-type and rotary-type shock absorber damper using MRF and their efficiencies, *Journal of Materials Processing Technology*, **26**: 1-5.
- Ramos, J. C., Rivas, A., Biera, J., Sacramento, G. and Sala, J. A., "Development of a thermal model for automotive twin-tube shock absorbers", *Applied Thermal Engineering*, **25**: 1836-1853, (2004).
- Rosen, J. and Arcan, M. (2003). Modeling the Human Body/Seat System in a Vibration

Environment. Journal of Biomechanical Engineering, April 2003, Vol. 125; s. 223-231.

TS 3034 (2005). Karayolu Taşıtları-Süspansiyon Sistemleri-Amortisörler. Türk Standardı, ICS 43.040.50.

Uçar, T. (2001). Taşıtlarda Kullanılan Süspansiyon Sistemlerinin Seyir Emniyeti ve Konfor Açısından Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniv. Fen Bil. Enst., İstanbul, 28-47.

Sabancı, A. (1984). Tarım Traktörlerinde Titreşim Sorunları ve Sürücü Oturaklarının Yalıtım Özellikleri Üzerinde Bir Araştırma. Türkiye Ziraat Bakanlığı Tarım Kurumu Mesleki Yayınları Yayını No: 35, 188 s, Ankara.

1) <http://www.larsondavis.com/Support/HumanVibrationSupport/HVM100.aspx>, 15.01.2014.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Emre AKDEMİR  
Doğum Yeri ve Tarihi : Adana 19.06.1979  
Yabancı Dili : İngilizce  
İletişim (Telefon/e-posta) :0 (506) 5009875 / emre5137@hotmail.com

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Sivas Fen Lisesi ve Özel Kılıçarslan Lisesi Kayseri 1997  
Lisans : Erciyes Üniversitesi Makine Mühendisliği 2003  
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 2014

### Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl :

Mondi A.Ş. Kayseri (2004-2007) Mühendis  
8'inci Ana Bakım Merkez Komutanlığı  
Afyonkarahisar (2007-2013) Mühendis Memur  
Güney Antalya Turizmi Geliştirme Altyapı İşletme  
Birliği Antalya (2013-2014) Genel Müdür  
Antalya Su ve Atıksu İdaresi Genel Müdürlüğü  
(2014-....) Kemer Şube Müdürü

Yayımları (SCI ve diğer) :

Diğer konular