



**BİNEK BİR ARAÇTAKİ SÜRÜCÜ VE YOLCULARIN
HIZ KESİCİLERDEN GEÇİŞİ ESNASINDA MARUZ
KALDIKLARI TİTREŞİMİN KONFOR AÇISINDAN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Emrah YURTBAŞ

**Yüksek Lisans Tezi
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. M. Yasin ÇODUR**

2021

Her hakkı saklıdır.



**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**BİNEK BİR ARAÇTAKİ SÜRÜCÜ VE YOLCULARIN HIZ KESİCİLERDEN
GEÇİŞİ ESNASINDA MARUZ KALDIKLARI TİTREŞİMİN KONFOR
AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Emrah YURTBAŞ

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Muhammed Yasin ÇODUR

Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Erzurum

2021

Her hakkı saklıdır

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Erzurum Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki tüm bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

10 / 09 / 2021

Emrah YURTBAŞ

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİNEK BİR ARAÇTAKİ SÜRÜCÜ VE YOLCULARIN HIZ KESİCİLERDEN GEÇİŞİ ESNASINDA MARUZ KALDIKLARI TİTREŞİMİN KONFOR AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Emrah YURTBAŞ

Erzurum Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Muhammed Yasin ÇODUR

Yollarda kullanılan hız tümsek, hız platformu ve yükseltilmiş yaya geçitlerinin tasarımları hem taşıt hızını azaltacak hem de sürücü/yolcu konforunu olumsuz yönde etkilemeyecek şekilde yapılmalıdır. Bu durumun aksine standartlara uygun yapılmayan hız kesicilerin bazılarının istenen hız azalımını sağlamadığı bazılarının ise sürücü/yolcu konforunu olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Bu çalışma seçilen farklı tipteki hız kesiciler için ülkemiz ve ABD’de kabul edilen tasarım standartlarını ve ISO 2631-1 standardına göre koltuk yüzeyinde 3 eksenli bir konfor değerlendirmesinin nasıl yapılacağını açıklamaktadır. Çalışma üç kısımdan oluşmaktadır. İlk kısımda 10 adet hız kesicinin tasarım standartlarına uygunlukları araştırılmıştır. İkinci kısımda taşıt hızı, taşıt ağırlığı ve hız kesicilerin giriş rampa eğimleri ile konfor arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Üçüncü kısımda ise ilk olarak her sürücü/yolcunun koltuk yüzeyindeki düşey ivme değerlerine daha sonra a_{vTV} değerlerine göre konfor değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışmanın sonunda ise düşey ivme ve a_{vTV} değerlerine göre yapılan değerlendirmelerin bir karşılaştırılması verilmiştir. Sonuç olarak hız kesicilerden sadece hız tümsek-2’nin tasarım standartlarını sağladığı görülmüştür. Taşıt hızı ve rampa giriş eğimi arttıkça sürücü/yolcular üzerindeki konforsuzluğun arttığı, taşıt ağırlığı arttıkça konforsuzluğun azaldığı tespit edilmiştir. Düşey ivme değerlerine göre hız kesicilerin %87,67’sinin konfor seviyesi “konforsuz” iken a_{vTV} değerine göre %4’ü “konforsuz” seviyede çıkmıştır. Bu sonuçlar gerçek bir konfor değerlendirmesi için düşey ivme değerinin tek başına kullanılmasının yeterli olmayacağını göstermiştir.

2021, 120 sayfa

Anahtar Kelimeler: ISO 2631-1, Hız Tümsekleri, Hız Platformları, Yükseltilmiş Yaya Geçitleri, Sürüş Konforu, Tüm Vücut Titreşimi, Çok Eksenli Değerlendirme.

ABSTRACT

MS. Thesis

EVALUATION OF THE VIBRATION EXPOSED BY THE DRIVER AND PASSENGERS IN TERMS OF COMFORT DURING THE TRANSITION FROM THE SPEED BREAKERS BY PASSENGER CAR

Emrah YURTBAŞ

Erzurum Technical University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Muhammed Yasin ÇODUR

The design of speed bumps, speed humps and raised pedestrian crossings used on the roads should be designed in a way that both reduces vehicle speed and doesn't adversely affect driver/passenger comfort. Contrary to this situation, it has been observed that some of the speed breakers, which are not made in accordance with the standards, don't provide the desired speed reduction, and some adversely affect the driver/passenger comfort. This study explains the design standards accepted in our country and the USA for selected different types of speed breakers and how to make a 3-axis comfort evaluation on the seat surface according to the ISO 2631-1 standard. The study consists of three parts. In the first part, the compliance of 10 speed breakers with design standards was investigated. In the second part, the relationship between vehicle speed, vehicle weight, and the entrance ramp slopes of the speed breakers and comfort were analyzed. In the third part, comfort evaluation was made according to the vertical acceleration values on the seat surface of each driver/passenger first and then the $a_{v_{TV}}$ values. At the end of the study, a comparison of the evaluations made according to the vertical acceleration and $a_{v_{TV}}$ values is given. As a result, it was seen that only speed bump-2 among the speed breakers met the design standards. It was determined that the discomfort on the driver/passengers increased as the vehicle speed and ramp entry slope increased, and the discomfort decreased as the vehicle weight increased. While the comfort level of 87.67% of the speed breakers according to the vertical acceleration values was "uncomfortable", 4% of them were "uncomfortable" according to the $a_{v_{TV}}$ value. These results showed that using the vertical acceleration value alone wouldn't be sufficient for a real comfort evaluation.

2021, 120 page

Keywords: ISO 2631-1, Traffic Calming, Speed Bumps, Speed Humps, Raised Pedestrian Crossings, Riding Comfort, Whole Body Vibration, Multi-Axis Rating.

TEŞEKKÜR

Öncelikle yüksek lisans derslerinde ve tez safhasında bilgi ve tecrübesiyle beni aydınlatan ve yönlendiren, zorlandığım anlarda yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Muhammed Yasin ÇODUR'a saygılarımı sunuyorum. CORS cihazı ile yapılan hız kesici ölçümlerinde yardımını esirgemeyen Harita Teknikeri Hüseyin KÜLEN'e, ivmeölçer cihazın kullanımı ve tedarikinde desteklerini esirgemeyen değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Dilek OKUYUCU'ya ve Araştırma Görevlisi Burak GEDİK'e teşekkürlerimi sunuyorum.

Son olarak çalışmalarımnda bana en büyük desteği veren kıymetli eşim Ebru YURTBAŞ'a ve bu günlerimde emeği olan değerli büyüklerim Hava ve Nadir YURTBAŞ'a minnet ve şükranlarımı sunuyorum. Yüksek Lisans eğitimime devam etmemde büyük payı olan İsmail ÇELİK ağabeyime ve deney çalışmalarımnda yardımlarını esirgemeyen Yusuf IŞIK ve Kaan GENÇER arkadaşlarıma teşekkür ediyorum.

Emrah YURTBAŞ

Eylül 2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1 Taşıt Hızının Avantajları ve Dezavantajları.....	3
1.2 Hızın Kazalara Etkisi	4
1.3 Aşırı Hızdan Kaynaklanan Kazalardaki Sürücü Kusurları	4
1.4 Aşırı Hızı Önlemek	5
1.5 Trafik Sakinleştirme Araçları.....	6
1.5.1 Yatay yönlü trafik sakınleştirici araçları	7
1.5.1.1 Yön saptırıcılar	7
1.5.1.2 Yanal kayma.....	8
1.5.1.3 Yolu kenardan daraltma	8
1.5.1.4 Yolu orta ada koyarak daraltma	9
1.5.1.5 Trafik çemberi	10
1.5.1.6 Dönel kavşak	11
1.5.2 Düşey yönlü trafik sakınleştirici araçları	13
1.5.2.1 Hız tümsekleri	13
1.5.2.2 Hız platformları	14
1.5.2.3 Hız masası / Yükseltilmiş yaya geçidi	15
1.5.2.4 Hız kesici yastıklar	17
1.5.2.5 Hız kesici böbrekler	18
1.5.2.6 Yükseltilmiş kavşaklar	19
1.5.3 Diğer trafik sakınleştirici araçları.....	20
1.5.3.1 Pürüzlü yol ve işaretleme malzemesi kullanımı.....	20
1.5.3.2 Hız sınırına uymaya zorlama.....	21
1.5.3.3 Tabelalı hız göstergesi.....	21

1.5.3.4 Yol üzeri park uygulaması	22
1.5.3.5 Dur işaretleri.....	22
1.6 Hız Tümsek, Hız Platformu ve Yükseltilmiş Yaya Geçidinin Tasarımı.....	23
1.6.1 Hız tümsek tasarımı ile ilgili örnek çalışmalar.....	24
1.6.1.1 Hız tümseklerin geometrik tasarımı (TSE K 16)	25
1.6.1.2 Hız tümseklerinin üzerindeki işaretlemeler (TSE K 16)	25
1.6.2 Hız platformunun tasarımı ile ilgili örnek çalışmalar	26
1.6.2.1 Hız kesici platform geometrik tasarımı (TS 6283).....	26
1.6.2.2 Hız platformu üzerindeki işaretlemeler (KGM'ye göre).....	27
1.6.2.3 Hız platformu geometrik tasarımı (ITE/FHWA)	28
1.6.2.4 Hız kesici platform üzerindeki işaretlemeler (MUTCD El Kitabı).....	29
1.6.3 Yükseltilmiş yaya geçidi tasarımı ile ilgili örnek çalışmalar	30
1.6.3.1 Yükseltilmiş yaya geçidi geometrik tasarımı (ITE/FHWA)	31
1.6.3.2 Yükseltilmiş yaya geçidi üzerindeki işaretlemeler (MUTCD ve KGM)	32
1.7 Konfor Değerlendirmesinde Kullanılan Standartlar Ve Karşılaştırmaları.....	34
1.7.1 ISO 2631-1 (1997)	35
1.7.2 Koltukta oturan bir kişi için ivmeölçerlerin konumu	35
1.7.3 Titreşimin değerlendirilmesi	37
1.7.3.1 Temel değerlendirme yöntemi / r.m.s. yöntemi	37
1.7.3.2 Temel değerlendirme yönteminin uygulanabilirliği.....	37
1.7.3.2.1 Zirve faktörü	37
1.7.3.3 Zirve faktörünün aşılması durumunda kullanılan ilave yöntemler	38
1.7.3.4 R.m.q. yöntemi (dördüncü kuvvetin dördüncü kökü)	38
1.7.3.5 Running r.m.s. yöntemi	39
1.7.3.6 VDV yöntemi (titreşim doz yöntemi)	39
1.7.4 Frekans ağırlıklandırma.....	40
1.7.5 Frekans ağırlıklandırmanın uygulanması	42
1.7.6 Birden fazla yöndeki titreşimlerin hesaplanması	43
1.7.7 Birden fazla noktadaki yönlerin toplam titreşim değerinin bulunması	43
1.7.8 Titreşimin konfor yönünden değerlendirilmesi.....	43
1.7.9 BS 6841 standardı	44
1.7.10 ISO 2631-1 ve BS 6841 standartlarının karşılaştırılması.....	45
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	46
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	65

3.1 Materyal	65
3.1.1 Hız kesicilerin belirlenmesi.....	65
3.1.2 Yüzey profillerinin değerlendirilmesi için kullanılan araç ve standartlar	71
3.1.3 Konfor değerlendirmesi için kullanılan araç ve standartlar	72
3.1.3.1 Arazi çalışmaları için hazırlık	72
3.1.3.2 İvmeölçerlerin yerleştirildiği konum.....	73
3.2 Yöntem.....	75
3.2.1 Hız kesicilerin üç boyutlu profillerinin çıkarılması	75
3.2.2 Hız kesicilerin standartlara uygunluklarını değerlendirme yöntemi	80
3.2.3 Titreşimi değerlendirme yöntemi	81
3.2.3.1 Titreşim değerlendirmesinde kullanılan eksen ve çarpım faktörleri	81
3.2.3.2 Zirve faktörünün bulunması	82
3.2.3.3 Frekans ağırlıklandırılmış r.m.s ivme değerinin bulunması.....	82
3.2.3.4 Titreşimin ISO 2631-1'e göre değerlendirmesi	83
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	85
4.1 Hız Kesicilerin Standartlara Uygunluklarının Değerlendirilmesi.....	85
4.2 Taşıt Hızı- o_{vTV} Değeri Arasındaki İlişkinin Değerlendirmesi.....	90
4.3 Hız Kesici Giriş Eğimi-Sürüş Konforunun Değerlendirilmesi	92
4.4 Taşıt Ağırlığı-Sürüş Konforunun Değerlendirilmesi	97
4.5 Düşey İvme Değerlerine Göre Sürüş Konforunun Değerlendirilmesi.....	97
4.5.1 2 yolculu testler için düşey ivme değeri- sürüş konforu değerlendirilmesi	97
4.5.2 4 yolculu testler için düşey ivme değeri- sürüş konforu değerlendirilmesi	99
4.6 o_{vTV} Değerlerine Göre Sürüş Konforunun Değerlendirilmesi	104
4.6.1 2 yolculu testler için o_{vTV} değeri- sürüş konforu değerlendirilmesi.....	104
4.6.2 4 yolculu testler için o_{vTV} değeri- sürüş konforu değerlendirilmesi.....	106
4.7 Düşey İvme ve o_{vTV} Değerlerine Göre Sürüş Konforunun Karşılaştırılması	109
5. SONUÇLAR.....	111
KAYNAKLAR	113
EKLER.....	118

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
-----------------	-----------------

°	Derece
%	Yüzde

Kısaltmalar

a _v	Noktasal Toplam Titreşim Değeri
Bs	Birleşik Krallık Standardı
Cors	Gerçek Zamanlı Ulusal Sabit Gnss Ağları
EGM	T.C. Emniyet Genel Müdürlüğü
FHWA	ABD Federal Karayolu İdaresi
Gps	Küresel Konumlama Sistemi
Hz	Hertz
ISO	Uluslararası Standart
ITE	Ulaştırma Mühendisleri Enstitüsü
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
MUTCD	Manual On Uniform Traffic Control Devices, 2009
O _{vtv}	Toplam Titreşim Değeri
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
Vb.	Ve benzeri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Yön saptırıcı.	7
Şekil 1.2 Yanal kayma (Anonim 2012a).	8
Şekil 1.3 Yolu kenardan daraltma.	9
Şekil 1.4 Daraltılmış yolun park olarak kullanılması.	9
Şekil 1.5 Yolu orta ada koyarak daraltma.	10
Şekil 1.6 Peyzajlı trafik çemberi.	11
Şekil 1.7 Dönel kavşak.	12
Şekil 1.8 Dönel kavşakta trafik akışı.	12
Şekil 1.9 Hazır tip hız tümsek.	14
Şekil 1.10 Hız platformları çeşitleri (Gupta 2014).	15
Şekil 1.11 Yükseltilmiş yaya geçidi.	16
Şekil 1.12 Hız kesici yastık-1.	17
Şekil 1.13 Hız kesici yastık-2.	18
Şekil 1.14 Hız kesici böbrekler.	19
Şekil 1.15 Yükseltilmiş kavşak.	19
Şekil 1.16 Pürüzlü yol.	21
Şekil 1.17 Tabelalı hız göstergesi.	22
Şekil 1.18 Yol üzeri park uygulaması.	22
Şekil 1.19 Dur işareti.	23
Şekil 1.20 Hazır tip kauçuk hız tümsek (600x500 mm).	25
Şekil 1.21 Hazır tip kauçuk hız tümsek üzerindeki işaretlemeler.	26
Şekil 1.22 Hız kesici tümseklerin en kesiti (TS 6283).	27
Şekil 1.23 Üzerindeki işaretlemeler (Karayolları Trafik İşaretleme Standartları 1).	28
Şekil 1.24 Hız platformu tasarımı (Anonim 2021d).	29
Şekil 1.25 Hız kesici platform üzerindeki işaretlemeler (Anonim 2009b).	30
Şekil 1.26 Yükseltilmiş yaya geçidi tasarımı (Anonim 2021d).	32
Şekil 1.27 Yükseltilmiş yaya geçidi üzerindeki işaretlemeler (Anonim 2009b).	33
Şekil 1.28 KGM tarafından belirtilen standart yaya geçidi çizgisi (Anonim 2020).	34
Şekil 1.29 İvmeölçerlerin eksenleri ve konumları (ISO 2631-1).	36
Şekil 3.1 Hız kesicilerin konumları.	65
Şekil 3.2 Yükseltilmiş yaya geçidi-1 (A.Ü. Ziraat Fakültesi Kavşağı).	66
Şekil 3.3 Yükseltilmiş yaya geçidi-2 (A.Ü. Hastanesi).	66
Şekil 3.4 Hız tümsek-1 (A.Ü. İlahiyat Fakültesi).	67
Şekil 3.5 Hız tümsek-2 (AtaÇocuk Uyg. ve Arş. Mrk.).	67
Şekil 3.6 Hız tümsek-3 (ETÜ Kampüsü YURTKUR).	68
Şekil 3.7 Hız platformu-1 (A.Ü. Rektörlük).	68
Şekil 3.8 Hız platformu-2 (Dadaşkent Semti Bilal Habeşi Camii).	69
Şekil 3.9 Hız platformu-3 (Dadaşkent Semti Güvenlik Caddesi).	69
Şekil 3.10 Hız platformu-4 (Şükrüpaşa Semti 4.Şehzade Sokak).	70
Şekil 3.11 Hız platformu-5 (Şükrüpaşa Semti 4.Şehzade Sokak).	70
Şekil 3.12 Arazide CORS cihazı ile ölçüm yapılması.	71

Şekil 3.13 Laboratuvar hazırlıkları.	72
Şekil 3.14 İvmeölçerlerin konumları.	73
Şekil 3.15 İvmeölçerlerin yerleştirilmesi.	74
Şekil 3.16 İvmeölçerlerin eksenlerinin konumu.	74
Şekil 3.17 Yükseltilmiş yaya geçidi-1 (3 Boyutlu Profili).	76
Şekil 3.18 Yükseltilmiş yaya geçidi-2 (3 Boyutlu Profili).	76
Şekil 3.19 Hazır tip kauçuk hız tümsek-1 (3 Boyutlu Profili).	77
Şekil 3.20 Hazır tip kauçuk hız tümsek-2 (3 Boyutlu Profili).	77
Şekil 3.21 Hazır tip kauçuk hız tümsek-3 (3 Boyutlu Profili).	78
Şekil 3.22 Hız platformu-1 (3 Boyutlu Profili).	78
Şekil 3.23 Hız platformu-2 (3 Boyutlu Profili).	79
Şekil 3.24 Hız platformu-3 (3 Boyutlu Profili).	79
Şekil 3.25 Hız platformu-4 (3 Boyutlu Profili).	80
Şekil 3.26 Hız platformu-5 (3 Boyutlu Profili).	80
Şekil 4.1 Standart ve mevcut profilin karşılaştırılması (Yükseltilmiş yaya geçidi-1).	85
Şekil 4.2 Standart ve mevcut profilin karşılaştırılması (Yükseltilmiş yaya geçidi-2).	86
Şekil 4.3 Standart ve mevcut profilin karşılaştırılması (Hız tümsek-1).	86
Şekil 4.4 Standart ve mevcut profilin karşılaştırılması (Hız tümsek-2).	87
Şekil 4.5 Standart ve mevcut profilin karşılaştırılması (Hız tümsek-3).	87
Şekil 4.6 Standart ve mevcut profilin karşılaştırılması (Hız platformu-1).	88
Şekil 4.7 Standart ve mevcut profilin karşılaştırılması (Hız platformu-2).	88
Şekil 4.8 Standart ve mevcut profilin karşılaştırılması (Hız platformu-3).	89
Şekil 4.9 Standart ve mevcut profilin karşılaştırılması (Hız platformu-4).	89
Şekil 4.10 Standart ve mevcut profilin karşılaştırılması (Hız platformu-5).	89
Şekil 4.11 Yükseltilmiş yaya geçidi-1 giriş rampa eğimi.	93
Şekil 4.12 Yükseltilmiş yaya geçidi-2 giriş rampa eğimi.	94
Şekil 4.13 Hız tümsek-1 giriş rampa eğimi.	94
Şekil 4.14 Hız tümsek-2 giriş rampa eğimi.	94
Şekil 4.15 Hız tümsek-3 giriş rampa eğimi.	95
Şekil 4.16 Hız platformu-1 giriş rampa eğimi.	95
Şekil 4.17 Hız platformu-2 giriş rampa eğimi.	95
Şekil 4.18 Hız platformu-3 giriş rampa eğimi.	96
Şekil 4.19 Hız platformu-4 giriş rampa eğimi.	96
Şekil 4.20 Hız platformu-5 giriş rampa eğimi.	96
Şekil 4.21 2 yolcu düşey ivme-konfor ilişkisi (1.Yolcu).	98
Şekil 4.22 2 yolcu düşey ivme-konfor ilişkisi (2.Yolcu).	99
Şekil 4.23 4 yolcu düşey ivme-konfor ilişkisi (1.Yolcu).	100
Şekil 4.24 4 yolcu düşey ivme-konfor ilişkisi (2.Yolcu).	101
Şekil 4.25 4 yolcu düşey ivme-konfor ilişkisi (3.Yolcu).	102
Şekil 4.26 4 yolcu düşey ivme-konfor ilişkisi (4.Yolcu).	103
Şekil 4.27 2 yolcu a_{yTV} -konfor ilişkisi (1.Yolcu).	105
Şekil 4.28 2 yolcu a_{yTV} -konfor ilişkisi (2.Yolcu).	106
Şekil 4.29 4 yolcu a_{yTV} -konfor ilişkisi (1.Yolcu).	106
Şekil 4.30 4 yolcu a_{yTV} -konfor ilişkisi (2.Yolcu).	107

Şekil 4.31 4 yolcu o_{vTV} -konfor ilişkisi (3.Yolcu).....	108
Şekil 4.32 4 yolcu o_{vTV} -konfor ilişkisi (4.Yolcu).....	109



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Trafik kazalarına etken sürücü kusurlarına ait bilgiler (Anonim 2021c).	5
Çizelge 1.2 Frekans ağırlıkları ve çarpım faktörleri tablosu (ISO 2631-1).	40
Çizelge 1.3 1/3 Oktav bandında W_k , W_d , W_f faktör ağırlıkları (ISO 2631-1).	41
Çizelge 1.4 1/3 Oktav bandında W_c , W_e , W_j faktör ağırlıkları (ISO 2631-1).	42
Çizelge 1.5 Konfor değerlendirme tablosu (ISO 2631-1).	44
Çizelge 1.6 Konfor değerlendirmesi için alt sınır değerleri.	44
Çizelge 4.1 Hız kesicilerin o_{vTV} değerleri (m/s^2).	90
Çizelge 4.2 Hız kesicilerin o_{vTV} değerleri (m/s^2).	91
Çizelge 4.3 Hız kesicilerin o_{vTV} değerleri (m/s^2).	91
Çizelge 4.4 Hız kesicilerin o_{vTV} değerleri (m/s^2).	92
Çizelge 4.5 Hız kesicilerin o_{vTV} değerleri (m/s^2).	92

1. GİRİŞ

Sürücü hatalarından kaynaklanan kaza kusurlarının büyük bir kısmını aşırı hız oluşturmaktadır. Sürücülerin aşırı hız yapmasını önlemek için ilgili kurumların aldığı tedbirler sayesinde kazaların sayısı azalmakta fakat istenilen seviyelere düşülememektedir. 2021 yılı Ocak-Haziran ayları arasında ülke genelinde meydana gelen toplam trafik kaza sayısı 172.074'tür. Bu kazaların 136.329'u yerleşim yerleri içerisinde, 35.745'i yerleşim yerleri dışında meydana gelmiştir. Yerleşim yerleri içerisindeki kaza sayısı toplam kaza sayısının % 79,27'sini oluşturmaktadır (Anonim 2021a). Bu istatistiksel veri yerleşim yerleri içerisinde aşırı hızı önlemek için daha çok önlem alınması gerektiğini göstermektedir.

Trafiği düzenlemekten sorumlu olan kurumlar tarafından yerleşim yerlerinin içerisinde aşırı hızı önlemek için trafik işaretçileri ve polis kontrol noktaları kurulmaktadır. Ancak bazı sürücüler zamanla polis kontrol noktalarını tespit etmektedir. Bu sebepten dolayı hızlarını kontrol noktalarına yaklaşmaya doğru azaltmakta, kontrol noktalarından uzaklaştıktan sonra artırabilmektedir. Polis ve kamera sisteminin bulunmadığı yerlerde ise yaptırım uygulayacak herhangi bir kontrol mekanizması olmamasından dolayı bazı sürücüler trafik işaretçilerini dikkate almamaktadır. Her sokak ve caddeye polis kontrol noktası ve kamera konulması ise ciddi bir insan gücü ve maliyet istemektedir. Bu sebeplerden dolayı yerleşim yerleri içerisindeki cadde ve sokaklarda aşırı hızı azaltmak ve sürücülerin zorunlu olarak yavaşlamasını sağlamak için az maliyetli trafik sakinleştirici araçlardan konulmasının iyi bir fikir olacağı düşünülmektedir. Trafik sakinleştirici araçlara yaklaşan sürücüler araçlarının zarar görmemesi ve geçiş anında oluşan ivmeden kaynaklanan konforsuzluğa maruz kalmamak için polis ve kamera gibi kontrol mekanizmalarına gerek kalmadan yavaşlamaktadır.

Yukarıdaki sayılan nedenler yerleşim yerleri içerisinde daha çok ve iyi tasarlanmış trafik sakinleştirici yapılması gerektiğini göstermektedir. Yerleşim yerlerine yapılacak trafik sakinleştirici araçlar hem sürücünün hızını azaltacak hem de maddi bir hasar ve konforsuzluk hissi vermeyecek şekilde tasarlanmalıdır. Ulusal ve uluslararası olarak yapılan çalışmalar sonucunda düşey yönlü trafik sakinleştirici araçlardan olan hız

1. GİRİŞ

tümsekleri, hız platformları ve yükseltilmiş yaya geçitleri için belirli bir tasarım standardı oluşturulmuştur. Bu standartların oluşturulmasında dikkate alınan en önemli iki parametre araç hasarı ve sürücü/yolcu konforudur.

Çalışmada ilk olarak 3 farklı tipte toplam 10 adet hız kesicinin geometrik tasarımı ve üzerinde yapılması gereken işaretlemelerle ilgili ulusal ve uluslararası alanda kullanılan standartlardan bahsedilmiştir. Daha sonra seçtiğimiz hız kesicilerin CORS cihazı ile yapılan ölçümler sonucu gerçek profilleri çıkartılmış ve yüzey profilleri değerlendirilmiştir. Bununla birlikte hız kesicilerin fiziksel ölçümler sonucu elde edilen en kesit ölçülerinin standartlara uygunlukları araştırılmıştır. Aynı zamanda en kesit ölçülerinden elde edilen hız kesici giriş rampa eğimlerinin ve taşıt hızı ile taşıt ağırlığının sürücü/yolcuların hissettiği konfor üzerindeki etkileri irdelenmiştir. Bunun için 15, 20, 25, 30, 35 km/sa hızlarında, 2 ve 4 yolculu olacak şekilde arazi testleri gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın en önemli amacı ise belirlenen konumlarda yapılmış olan hız tümsekleri, hız platformları ve yükseltilmiş yaya geçitlerinden geçiş esnasında araç içerisinde bulunan sürücü/yolcuların maruz kaldıkları titreşimlerin ISO 2631-1 standardının rehberliğinde konfor değerlendirmelerinin yapılmasıdır. Bunun için hız kesicilerden geçiş anında sürücü ve yolcuların koltuk yüzeyinde 3 eksenli ivme ölçümleri yapılmıştır. İlk olarak sürücü/yolcuların ham düşey ivme değerlerine göre konfor değerlendirmesi yapılmış olup daha sonra ISO 2631-1 standardında belirtilen frekans ağırlıklandırma sonucu elde edilen o_{vTV} değerlerine göre konfor değerlendirmesi yapılmıştır. o_{vTV} değerinin belirlenmesinde ISO 2631-1 standardından ve Marjanen (2010)'nin yaptığı çalışmanın sonuçlarından yararlanılmıştır. Bu bilgiler ışığında sürücü ve yolcuların hız kesicilerden geçiş anında maruz kaldıkları titreşimlerin konfor değerlendirmesi için ISO 2631-1 standardında açıklanan yöntemler belirlenmiştir. Değerlendirmenin güvenilirliğini artırmak için tek bir noktadan değil her birey için ayrı titreşim ölçümü yapılarak konfor değerlendirmesi yapılmıştır. Son olarak ise ham düşey ivme değerleri ve o_{vTV} değerleri kullanılarak yapılan değerlendirmelerin sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu çalışma bize aynı zamanda ISO 2631-1 standardı kullanılarak koltukta oturan bir birey için koltuk yüzeyinde 3 eksenli konfor değerlendirmesinin nasıl yapılacağı hakkında rehberlik sağlamaktadır.

Tezin genel bir açıklaması yapılmak istenirse, çalışmanın giriş kısmında taşıt hızının avantajlarının ve dezavantajlarının neler olduğundan, hızın araç kazalarına etkisinden ve aşırı hızdan kaynaklanan kazalardaki sürücü kusurlarından bahsedilmiştir. Ayrıca aşırı hızı önlemek için trafik sakinleştirme araçları olarak kullanılması gereken yöntemlerin genel bir açıklaması yapılmıştır. Belirlediğimiz düşey yönlü trafik sakinleştirme araçlarının geometrik değerlendirmelerinin yapılabilmesi için ulusal ve uluslararası tasarım kriterlerinden bahsedilmiştir. Bunlara ilave olarak sürücü/yolcuların bu hız kesicilerden geçerken maruz kaldığı titreşimi değerlendirmede kullanılan ISO 2631-1 ve BS 6841 standartların genel bir açıklaması verilmiş ve daha sonra karşılaştırılmaları yapılmıştır. Çalışmanın ikinci kısmında ki kaynak özetleri bölümünde ise hız kesicilerin tasarımı ve konfor değerlendirmesi için yapılan bazı çalışmalardan bahsedilmiştir. Çalışmanın üçüncü kısmında kullanılan materyal ve yöntemlerden, dördüncü kısımda ise elde edilen araştırma ve bulgulardan bahsedilmiştir. Son kısımda ise ulaşılan sonuçlar ve öneriler açıklanmıştır.

1.1 Taşıt Hızının Avantajları ve Dezavantajları

İnsan hayatında zaman kaybının telafisi yoktur. Bundan dolayı insanlar ev, iş, okul, seyahat gibi ihtiyaçlarını karşılarken zamanlarını en etkili şekilde kullanmak zorundadırlar. İnsanların ihtiyaçlarını karşılamak ve gündelik yaşantılarını en hızlı şekilde devam ettirmek için kullandıkları ulaşım araçlarında ki zaman kavramını etkileyen en önemli faktör hızdır. Hızın dezavantajı gibi avantajları da vardır. Hız, e-ticaretle alışverişin artmaya başladığı son yıllarda, üretici şirketlerin tüketiciye daha hızlı ulaşmasını sağlar. Devlet tarafından vatandaşa sunulan hizmetlerden olan ambulans, itfaiye ve emniyet gibi görevlerin vatandaşların ihtiyaçlarını daha hızlı karşılayacak şekilde ulaştırılmasını sağlar. Ayrıca, insanların birbirini daha kolay ve sık aralıklarla ziyaret etmesini sağlar.

Yukarıda bahsedilen faydalarının yanında aşırı hız, trafik kazalarının meydana gelmesine ve bunun sonucunda can ve mal kaybı ile yaralanmalara sebep olabilir. Ayrıca aşırı hız çevre ve gürültü kirliliğine sebep olarak ekolojinin olumsuz etkilenmesine neden olabilir. Bu gerekçelerden dolayı yolculuk esnasında ki hız sınırları

1. GİRİŞ

belirlenirken, zaman kaybını en aza indirecek ve aynı zamanda hızın olumsuz etkilerini minimize edecek dengeli bir çalışma yapılmadığı.

1.2 Hızın Kazalara Etkisi

Anonim (2021b) hızın kazalara etkisi konusundaki görüşlerini “Hız arttıkça aracın kontrol edilmesi de o oranda güçleşir. Bu durum bazı hallerde çevresel koşullarla birleşerek kazaya yol açabilir. Özellikle hız sınırına uyulmasının zorunlu olduğu virajlar, eğimli yol kesimleri söz konusu olduğunda yüksek hız doğrudan doğruya kaza nedeni olabilmektedir. Ayrıca, yüksek hızda seyreden bir araç, durmasını gerektiren bir engelle karşılaştığında durmak için bir yandan daha fazla mesafeye ihtiyaç duymakta, bir yandan da sürücünün durmak için gerekli tepkiyi verme süresi içinde aracın katedeceği mesafe arttığından mevcut mesafenin bir kısmı yine hız nedeniyle yutulmaktadır. Bu nedenle yol üzerinde bir engelle karşılaşan araç ne kadar hızlı ise, doğru noktada durması o kadar zorlaşmakta, bu da kaza ihtimalini kuvvetlendirmektedir” şeklinde ifade etmiştir.

1.3 Aşırı Hızdan Kaynaklanan Kazalardaki Sürücü Kusurları

Hızın olumlu ve olumsuz etkileri düşünüldüğünde, hızın belirli sınırlar içerisinde tutulması gerektiği görülmüştür. Bu sınırlar hızın avantaj ve dezavantajları da dikkate alınarak çok yönlü bir değerlendirme ile belirlenmelidir. Çizelge 1.1’de KGM’ nin 2020 yılında meydana gelen ölümlü ve yaralanmalı kazalardaki sürücü kusur sayıları verilmiştir. Bu verilere göre sürücü kusurlarından kaynaklanan kazaların yerleşim yeri ve yerleşim yeri dışında toplam 160.764 adet olduğu görülmüştür.

Ölümlü ve yaralanmalı trafik kazalarına neden olan sürücü kusurları arasında hızla doğrudan ilgisi olan iki kategori bulunmaktadır. Bunlardan birincisi; araç hızını yol, hava ve trafiğin gerektirdiği şartlara uydurmamaktır. İkincisi ise aşırı hızla araç kullanmak kategorisidir. Bu iki kategori meydana gelen toplam kazaların % 40,35’ini oluşturmaktadır. Bu istatistiki veriler kazalarda hızın ne kadar önemli bir faktör olduğunu göstermektedir.

1. GİRİŞ

Çizelge 1.1 Trafik kazalarına etken sürücü kusurlarına ait bilgiler (Anonim 2021c).

SÜRÜCÜ KUSURLARI	Yerleşim Yeri		Yerleşim Yeri Dışı		TOPLAM	
	Kusur Sayısı	%	Kusur Sayısı	%	Kusur Sayısı	%
Araç hızını yol, hava ve trafiğin gerektirdiği şartlara uydurmamak	42.899	36,04	20.283	48,64	63.182	39,30
Kavşak, geçiş önceliğine uymamak	21.083	17,71	2.291	5,49	23.374	14,54
Şerit ihlali yapmak	9.562	8,03	6.872	16,48	16.434	10,22
Arkadan çarpmak	9.393	7,89	4.363	10,46	13.756	8,56
Doğrultu değiştirme (dönüş) kurallarına uymamak	10.399	8,73	1.351	3,24	11.750	7,31
Manevraları düzenleyen genel şartlara uymamak	5.867	4,93	1.182	2,83	7.049	4,38
Kırmızı ışık veya görevlinin dur işaretine uymamak	4.010	3,37	763	1,83	4.773	2,97
Taşıt giremez trafik işareti bulunan yerlere girmek	3.529	2,96	565	1,36	4.094	2,55
Trafik güvenliği ile ilgili diğer kurallara uymamak	3.084	2,59	406	0,97	3.490	2,17
Alkollü olarak araç kullanmak	1.658	1,39	937	2,25	2.595	1,61
Yaya ve okul geçitlerinde yavaşlamamak, yayalara geçiş hakkı vermemek	1.475	1,24	20	0,05	1.495	0,93
Aşırı hızla araç kullanmak	957	0,80	728	1,75	1.685	1,05
Geçme yasağı olan yerlerden geçmek	911	0,77	294	0,71	1.205	0,75
Hatalı şekilde veya yasak olan yerlere park etmek	337	0,28	627	1,50	964	0,60
Kurallara uygun olarak park etmiş araçlara çarpmak	583	0,49	78	0,19	661	0,41
Eksik, bozuk veya uygun olmayan araç donanımıyla araç kullanmak	208	0,17	265	0,64	473	0,29
Yolcu indirme ve bindirme kurallarına uymamak	370	0,31	16	0,04	386	0,24
Bisiklet, M.bisiklet ve motosikletleri kurallara uymadan sürmek	546	0,46	12	0,03	558	0,35
Tehlikeli veya aşırı şekilde yükleme yapmak	180	0,15	142	0,34	322	0,20
Kaza mahallinde durmamak, gerekli tedbirleri almamak ve yetkililerle bildirmemek	119	0,10	82	0,20	201	0,13
Diğer	1.898	1,59	419	1,00	2.317	1,44
TOPLAM	119.068	100	41.696	100	160.764	100

1.4 Aşırı Hızı Önlemek

Aşırı hızın sebep olduğu olumsuz etkileri azaltmak için bir dizi önlemler almak gerekmektedir. Bu önlemlerden birincisi; yolda uyulması gereken hız limitlerinin belirlenmesi ve bu hız limitlerine sürücüler tarafından uyulup uyulmadığının denetlenmesidir. Bir yoldaki hız limitlerinin belirlenmiş olması hızı azaltmak için tek başına bir çözüm olmayacaktır. Sürücülerin belirlenen hız limitlerine uyup uymadığını

1. GİRİŞ

denetleyecek ve kurallara uymaya zorlayacak yaptırımlar hazırlanmalıdır. Bu yaptırımlar hapis, para cezası ve sürücü belgesine el koyma gibi cezalar olabilir.

Bu tarz denetim yöntemleri polis gibi görülür ve hız kameraları gibi gizli yöntemlerle yapılmalıdır. Ancak, polis gibi görülür denetleme mekanizmaları pek fazla caydırıcı olmamaktadır. Çünkü sürücüler denetlemenin nerede yapıldığını bildikleri için hızlarını buna göre düşürmektedir. Gizli yapılan kontrollerde ise sürücüler her zaman kontrol edilebilecekleri hissiyle hız limitlerine uymaya ve hızlarını her zaman sınırlar içerisinde tutmaya çalışmaktadır. Gizli trafik kontrollerinde kurallara uymayan sürücülerin ihlallerini ispat etmek için takograf (kilometre saati), kronometre (süre ölçer), hız sınırlayıcı, radar cihazı, lazer cihazı, kilometre göstergesi, mikrobilgisayar, otoyol gişe biletleri kullanılmaktadır.

Ancak, trafik güvenliğini sağlamak için tüm yollara görünür ve görünmez hız kontrol edicilerin yerleştirilmesi mümkün değildir. Bu önlemlerin yetersiz kaldığı yerlerde yani, görünür ve görünmez önlemlerin alınamadığı ara sokak ve caddelerde yatay ve düşey trafik sakinleştirici önlemler kullanılmalıdır. Bu sakinleştiriciler sürücülere yatay veya düşey yönde konforsuzluk hissi vererek yavaşlamaya zorlayacaktır.

1.5 Trafik Sakinleştirme Araçları

Lockwood (1997) trafik sakinleştirmenin tanımını: “Motorlu taşıt kullanımının olumsuz etkilerini azaltan, sürücü davranışını değiştiren ve yaya, bisiklet gibi motorsuz yol kullanıcıları için koşulları iyileştiren fiziksel önlemlerin birleşimi” şeklinde ifade etmiştir.

Bir yola uygulanacak trafik sakinleştirici önlem uygulanmadan önce sorunların doğru tespit edilmesi gerekmektedir. Bazı sorunlar için bir tek yöntem yeterli olabilirken, bazı sorunların çözümü için birkaç sakinleştirme aracını bir arada kullanmak gerekebilir. Trafik sakinleştirme araçları: yatay yönlü trafik sakinleştirici araçları, düşey yönlü trafik sakinleştirici araçları ve diğer trafik sakinleştirici araçları olmak üzere 3 başlık altında incelenmiştir.

1.5.1 Yatay yönlü trafik sakinleştirici araçları

Yolculuk yönlerini değiştirerek ve yol genişliğini azaltarak araçların hızlarının ve trafik yoğunluğunun azaltılmasını amaçlayan yöntemlere yatay yönlü trafik sakinleştirici önlemler denir. Bu yöntemler; yol şeritlerinin daraltılması, farklı açılara saptırılması, kavşak adaları ve kenar adaları konulması, yol işaretlemeleri ve yol kaplamalarının değiştirilmesi ile sağlanır. Bazen hızı azaltmak ve istenmeyen trafiği yakın sokaklara dağıtmak amacıyla fiziksel adalar ve engeller kullanılır. Yatay önlemler tek başına kullanılabileceği gibi diğer yatay önlemlerle birlikte de kullanılabilir. Ayrıca düşey yönlü önlemlerle belirli trafik problemlerini çözmek için de kullanılabilir.

1.5.1.1-1.5.1.6 numaralı maddeler arasında yatay yönlü önlemler için kullanılan uygulamaların genel bir açıklaması yapılmıştır.

1.5.1.1 Yön saptırıcılar

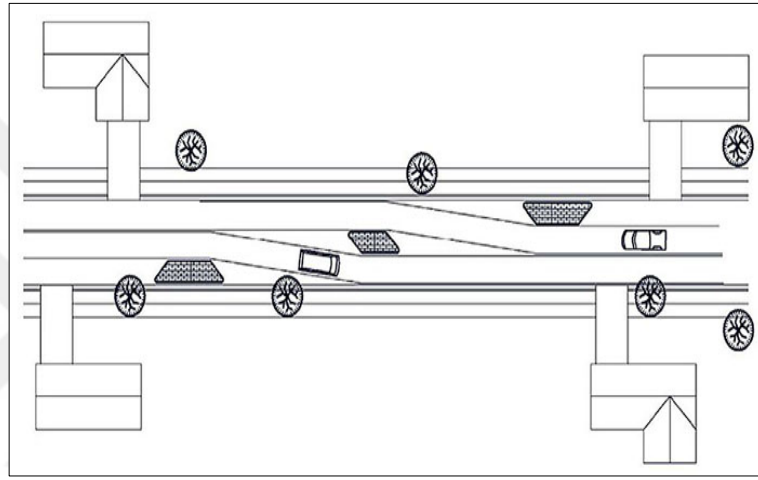
Aracı yolun bir ucundan diğer ucuna S şeklinde eğrisel bir yolu takip etmeye zorlamak için engeller yardımıyla ya da yolun kıvrımlaştırılarak hızın düşürülmesini amaçlayan bir yatay önlemdir (Şekil 1.1). Yön saptırıcıların amacı geniş ve eğrilik olmayan düz yollarda araçların hızlanmasını önlemek için yola yatay eğrilik verilmesidir. Hız sınırının 40,23 km/sa ve daha düşük olduğu yerlerde uygulanması uygundur (Anonim 2012a).



Şekil 1.1 Yön saptırıcı.

1.5.1.2 Yanal kayma

Hızlanmaya müsait düz yollarda, şeritlerin önce farklı bir yöne ve tekrar eski yönüne bükülmesi ile araçların hızlanmasını engellemeye çalışan trafik sakinleştirme aracıdır (Şekil 1.2). Yolun bükülmesi için doğru açının verilebileceği büyük trafik hacmine sahip ve yüksek hızlanma yapılabilecek yollarda kullanılmalıdır. Park yerleri oluşturularak düşük maliyete imal edilebilir. En az bir şerit genişliğinde yanal kayma ve en az 45°'lik sapma açısına sahip olmalıdır (Ewing 1999).



Şekil 1.2 Yanal kayma (Anonim 2012a).

1.5.1.3 Yolu kenardan daraltma

Mevcut kaldırımların yolun merkezine yakınlaştırılarak, yolun seyahat kısmındaki şeritlerinin daraltılması ile oluşmaktadır (Şekil 1.3). Genel olarak daraltılmış yollardaki kaldırımlar arasında mesafe yaklaşık 6 metre genişliğindedir. Daraltılmış yollar araçlar için diğer şeritlerden daha dar olsa da araç geçişi için yeterli genişlik mevcuttur. Bu durumu sürücülerin bilmesinden dolayı hız düşüşleri pek fazla olmamaktadır.



Şekil 1.3 Yolu kenardan daraltma.

Yolu kenardan daraltmak için çalışma yapılan kaldırımın uzunluğu, yolların ve yolun kenarındaki park yerinin konumuna bağlı olarak değişebilir. Yolların daraltılmış kısımları, yaya geçidi için uygun olabilir. Ayrıca, Şekil 1.4’de gösterildiği gibi yolun daraltılmadığı kaldırımların bulunduğu yerler otopark için kullanılabilir.



Şekil 1.4 Daraltılmış yolun park olarak kullanılması.

1.5.1.4 Yolu orta ada koyarak daraltma

Yolun merkez hattına bir ada yerleştirilerek, adanın her iki tarafındaki şerit genişliğinin azaltılması ile elde edilir (Şekil 1.5). Daralan şeritlerin görsel görünümü sürücülerini yavaşlamaya teşvik eder. Trafik yavaşlatmanın yanı sıra, bir yaya sığınma ve

1. GİRİŞ

trafik işaretlerinin yerleştirilmesi için alan sağlar. Etkili olabilmesi için ortaya konan adalar yükseltilmiş olmalıdır.



Şekil 1.5 Yolu orta ada koyarak daraltma.

1.5.1.5 Trafik çemberi

Trafiğin olduğu bir kavşak içine yerleştirilmiş, yükseltilmiş adalara denilmektedir. Sürücü, yolun devamında düz bir yol olup olmadığını bilmediği ve yolun bir caddeyle kesişme ihtimaline karşı dikkatli davranıp hızını azaltmaktadır. Trafik çemberi sadece boyalı bir alan olabilir. Ancak, Şekil 1.6'da gösterildiği gibi yükseltilmiş bir kaldırımla ve peyzaj ile yapıldığında daha etkili olur. Bir trafik çemberi genelde daireseldir. Büyük araçların geçişinde ise ihtiyaç duydukları manevraya sahip değildir.



Şekil 1.6 Peyzajlı trafik çemberi.

Trafik çemberleri, üç, dört veya daha fazla sokağın kesiştiği kavşaklarda kullanılabilir. Ana yollarda ve birinci derecede acil araçların müdahale güzergâhlarında trafik çemberi kullanımı minimuma indirilmelidir. Trafik çemberlerinin inşa edildiği yollardaki kaldırımların yürüyüş yolu, kaldırımın yola yakın ucundan 2 (iki) metre içeride olmalıdır. Bu sürücü ve yayalar arasındaki anlaşmazlıkları en aza indirecektir (Anonim 2010).

1.5.1.6 Dönel kavşak

Dönel kavşaklar, trafik çemberleri ile benzer özelliklere sahiptir (Şekil 1.7). Bununla beraber trafik çemberinden farklı olarak aşağıdaki özelliklere de sahip olması istenir:

1. Kavşakta tur atan araçların yolu kontrol etmesine gerek yoktur. Ancak dönel kavşağa giriş yapacak araçlar, tur yapan araçlara yol vermek ve trafiği kontrol etmek zorundadırlar.
2. Kavşakta tur yapan araçların, kavşağa giriş yapan araçlara göre geçiş üstünlüğü vardır.
3. Yaya geçidi, sadece dönel kavşakların çıkış kısımlarındaki yerlerde bulunmalıdır.
4. Merkez adanın etrafında tur yapılan bölgede veya dönel kavşaklara giriş yerlerinde park yapılmamalıdır.

1. GİRİŞ

5. Tüm araçlar saat yönünün tersine tur atmalı ve merkezdeki adanın sağına doğru hareket etmelidir.

Bu özelliklerden birine sahip olmayan kavşak, trafik çemberi olarak kabul edilir (Anonim 2012b).



Şekil 1.7 Dönel kavşak.

Dönel kavşaklar, araca kavşağa giriş yaptıktan sonra zorunlu bir yatay sapma yaptırarak yavaşlamasını ve dolambaçlı bir sistem içinde trafiğin düzenli şekilde akmasını sağlar (Şekil 1.8). Büyük araçların kullanımına da uygun olarak tasarlanmıştır. Kavşakta dönüş yapan araçların diğer araçlara göre geçiş üstünlüğü bulunmaktadır. Dönel kavşak, sinyalize kavşak yerine kullanılabilir.



Şekil 1.8 Dönel kavşakta trafik akışı.

1.5.2 Düşey yönlü trafik sakinleştirici araçları

Trafik sakinleştirmede kullanılan yöntemlerinden biride genelde kısa mesafeli yollarda ve kaldırım yüksekliğinde yapılan düşey yönlü sakinleştiricilerdir. Bu tip sakinleştiriciler aracın geçişi anında sürücü üzerinde bir titreşim ivmesi yaratmaktadır. Meydana gelen titreşim ivmesi sürücü/yolculara konforsuzluk hissi verir ve hızlarını azaltmasını sağlar. Toplu taşıma, acil müdahale araçları ve bisikletlilerin geçiş güzergâhında yapılacak olanların tasarımına dikkat edilmelidir. Düşey yönlü önlemler trafik hızını azaltmada diğer sakinleştiriciler ile birlikte kullanılabilir.

1.5.2.1-1.5.2.6 numaralı maddeler arasında çalışmada kullandığımız hız tümsekleri, hız platformları ve hız masaları/yükseltilmiş yaya geçitlerinin de bulunduğu trafik sakinleştirici araçlar hakkında genel bir açıklama yapılmıştır.

1.5.2.1 Hız tümsekleri

Hız tümsekleri, kauçuk, beton, termoplastik vb. malzemeler kullanılarak yapılır (Şekil 1.9). Belli aralıklarla yollara yerleştirilir. Hız tümsekleri genellikle 60-120 cm genişliğinde ve 3-10 cm yüksekliğindedir. Dairesel ve parabolik bir profile sahiptirler. Aracın süspansiyon sistemi için oldukça zararlıdır. Özellikle bisiklet, motosiklet ve acil müdahale araçlarındaki yolcular için yüksek düzeyde konforsuzluk etkisi yaratırlar (Pau ve Angius 2001).

Hız tümsekleri, araçların durması gereken yerden önce hızlarını güvenli bir şekilde yavaşlatabilmesi için doğru yere monte edilmelidir. Hız tümseklerini geçerken maruz kalınan titreşim, kavşak veya yola giriş kısmı gibi kritik noktalarda sürücülerin uygun hızlarda geçmesini sağlayacaktır. Hız tümseklerinin yerleştirileceği konum üzerinde araç hızı, aracın ağırlığı, yolun eğimi, aracın frenleme kapasitesi, iklim durumu, frenleme anından durma noktasına olan mesafe gibi etkili olan birçok parametre vardır (Khademi vd 2014).

Trafik sinyalleri ve işaretçileri gibi hız tümsekleri de, yaya güvenliğinin artırılmasına katkıda bulunmakta ve hatta daha etkili olmaktadır. Çünkü sürücüler

1. GİRİŞ

trafik işaretçileri ve sinyallerde her zaman hızlarını azaltmazken, hız tümseklerini gördüklerinde mutlaka yavaşlamak zorunda kalmaktadırlar. Sürücüler bazı zamanlarda trafik ışıklarının rengi kırmızı olmadan önce yoldan geçmek için hızlanmakta ve kazaya sebep olabilmektedir. Bunun yanında trafik sinyal ve işaretçileri genelde yüksek yaya trafiğinin olmadığı kavşaklara monte edilmektedir. Hız tümsekleri ise çoğunlukla yaya trafiğinin yoğun olduğu sokaklarda kullanılmaktadır.



Şekil 1.9 Hazır tip hız tümsek.

1.5.2.2 Hız platformları

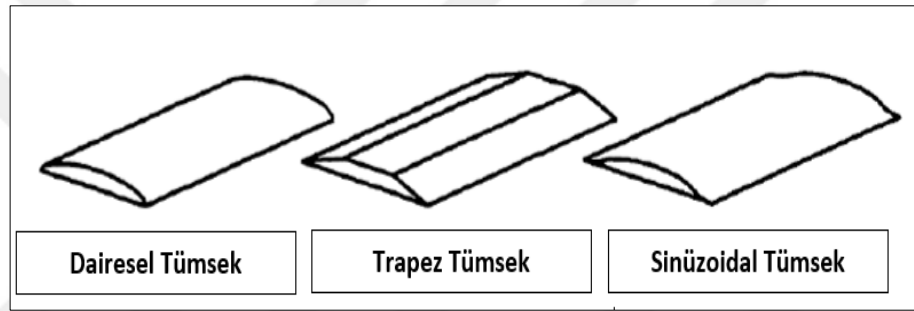
Hız platformları yolun tamamını kaplayacak şekilde veya belli mesafede uzanan hız kesicidirler. Platform araca geçiş anında bir kuvvet aktarmaktadır. Bu kuvvet sürücüler üzerinde bir ivme yaratmaktadır. Sonuçta meydana gelen ivmeye bağlı titreşimler sürücüler üzerinde konforsuzluk hissi meydana getirmektedir. Bu duruma bağlı olarak sürücü platformdan geçiş anında hissettiği konforsuzluk hissini en aza indirmek için hızını azaltmaya çalışmaktadır. Düşük hızlarda bu ivme daha küçük genliktedir.

Hız arttıkça, yer değiştirme gibi ivmede artar. Hız platformları, sürücülerin yolda belirlenen hız sınırlarına uymalarına, teşvik etmek ve yaya güvenliğini artırmak için tasarlanmıştır. Hemzemin geçide yakın yerlerde, keskin virajlara yaklaşımadan önce, kazaya meyilli ve yerleşim sokaklarında trafiğin sıkışık olduğu yerlerde hız platformu kullanımı gerekli olabilir. Sürücülerini uyarmak ve yavaşlatmak için, hız platformlarının

1. GİRİŞ

bulunduğu yerlere görsel ve sesli uyarıcılar konulmalıdır. Hız platformları farklı yükseklik, taban genişliği ve şekle sahip olabilirler. Hız platformları, hız tümsekleri ile aynı şey değildir (Gupta 2014).

Günümüzde farklı uzunluk ve yüksekliklerde bulunan dairesel hız platformları en yaygın kullanılan çeşididir. Sinüzoidal ve trapez tip hız platformlarda bulunmaktadır (Şekil 1.10). Hız platformları parabolik, dairesel, sinüzoidal veya trapez şeklinde olabilir. Hız platformlarının genişliği yol boyunca inşa edilme veya yolun belli bir mesafesine kadar inşa edilme durumuna göre değişebilir. Trapez tip hız platformları yaya geçidi işaretleriyle birlikte kullanıldığında kullanışlı olmaktadır (Gupta 2014).



Şekil 1.10 Hız platformları çeşitleri (Gupta 2014).

Hız platformları genellikle taşıt hızlarının düşürülmesi için kullanılmaktadır. Ayrıca, sürücülerini bulunduğu sokak/caddede seyahat etmekten vazgeçirerek, trafik hacmini diğer yollara aktarır. Acil müdahale araçlarının, yolcu otobüslerinin geçtiği güzergâhlarda ve sınırlı görüş mesafesinin bulunduğu yerlerde kullanımı tavsiye edilmemektedir.

1.5.2.3 Hız masası / Yükseltilmiş yaya geçidi

Yükseltilmiş yaya geçitleri, bir hız platformu ve yaya geçidinin birleşmesiyle oluşur. Yapıldığı yolun her iki tarafındaki kaldırımlarla geçiş bağlantısı olmalıdır. Hız yapılmaya müsait yollarda araçların yavaşlamasını sağlayarak, yayaların karşıdan karşıya geçişlerini kolaylaştırır. Yükseltilmiş yaya geçitleri bir yol güzergâhına tek başına ya da birden fazla olacak şekilde yerleştirilebilir. Bir yol hattına birden fazla

1. GİRİŞ

yerleştirilmesi durumunda araçların hızlanmalarını engelleyecek aralıklarla yapılmalıdır. En etkili aralık mesafesi 80-120 metredir (Pratelli vd 2011).

Düz kısımda kullanılan işaretlemeler ve farklı malzemeler, hem estetik görünmesini hem de fark edilmesini sağlar (Şekil 1.11). Hız platformları ve hız tümseklerinden daha az sarsıcıdır. Yükseltilmiş yaya geçitleri aslında trapez tip hız platformlarıdır. Düz kısımda sürücülerin yaklaşma esnasında platformu fark etmeleri için asfalt veya beton dokulu bir malzeme kullanılabilir. Yükseltilmiş yaya geçitleri bazen trapezoidal platform veya hız masası olarak da ifade edilebilir (Parkhill vd 2007).

Hız masaları, kaldırım kenarına uzatılmış ve uygun şekilde işaretleme yapılmışsa, yükseltilmiş yaya geçidi olarak adlandırılırlar. Yükseltilmiş yaya geçidi, yolu kaldırım seviyesine getirir. Bu sebepten yapılacağı yerlerdeki drenaj sorunları dikkate alınmalı ve buna göre tasarlanmalıdır. Araç hızlarını azaltmakta ve yaya güvenliğini artırmaktadır. Trafiği yakındaki düşük hacimli sokaklara yönlendirmesi, gürültüyü artırması ve acil müdahale araçlarının geçiş sürelerini uzatması gibi dezavantajları vardır. Yükseltilmiş yaya geçitleri, acil müdahale yollarında ve toplu taşıma araç geçişlerinin çok olduğu yerlerde kullanılmamalıdır (Anonim 2002).



Şekil 1.11 Yükseltilmiş yaya geçidi.

1.5.2.4 Hız kesici yastıklar

Hız yastıkları, yolun genişliğine bağlı olarak genellikle iki ya da üç parçadan oluşur (Şekil 1.12). Her bir parçanın genişliği, acil durum araçlarının aks genişliği sayesinde etkilenmeden, küçük yolcu araçlarını ise yükseltilmiş alanın üzerinden geçmeye zorlayacak şekilde tasarlanmıştır. Hız tümseklerinin, acil müdahale araçlarını yavaşlamaya zorlamalarından dolayı bu tasarım geliştirilmiştir (Berthod 2011).



Şekil 1.12 Hız kesici yastık-1.

Acil durum müdahale araçlarının geçişlerini kolaylaştıracak şekilde, hız tümseklerine benzer bir tasarımla yapılmıştır. Hız yastıkları yolu tamamen değil kısmen kaplamaktadır (Şekil 1.13). Bu sakinleştiriciler yaklaşık 7,62 cm yüksekliğinde kauçuk veya asfalttan yapılmaktadır. Yastığın uzunluğu 3,05 m' dir. Yastıklar arasındaki boşluk acil müdahale araçlarının hızlı ve kolay bir şekilde geçişine izin vermektedir (Leslie 2000).

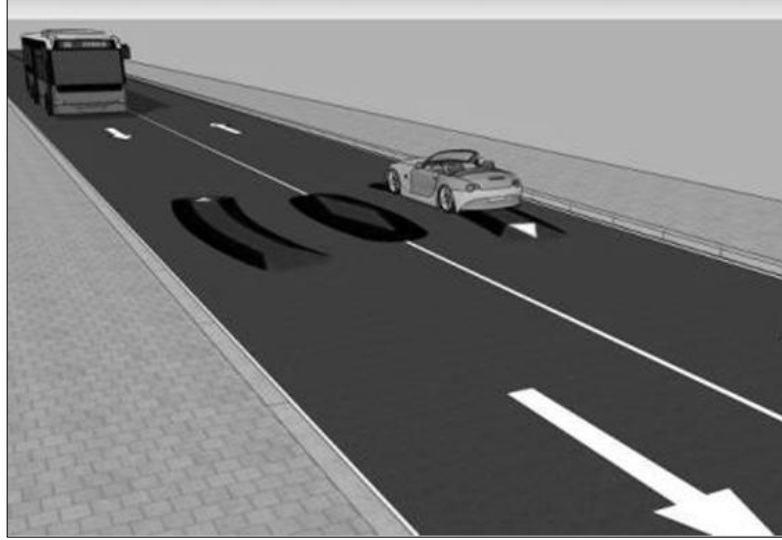


Şekil 1.13 Hız kesici yastık-2.

1.5.2.5 Hız kesici böbrekler

Hız böbrekleri, kentsel sokaklarda ve ana yollarda araçların belirlenen hız sınırlarında seyretmesini sağlamak için yapılmıştır. Yeni bir trafik sakinleştirici araç olarak kullanılabilir. Maliyeti yaklaşık olarak hız tümsekleri kadar azdır. Otobüsler, acil müdahale araçları, binek araçlar ve motosikletliler için yolcu konforsuzluğunu en aza indirgeyen, bisiklet dostu, geçiş esnasında araca zarar vermeyen ve gürültü, yakıt tüketimi, emisyon gibi olumsuz çevre etkilerini en aza indiren bir sakinleştiricidir (Garcia vd 2012).

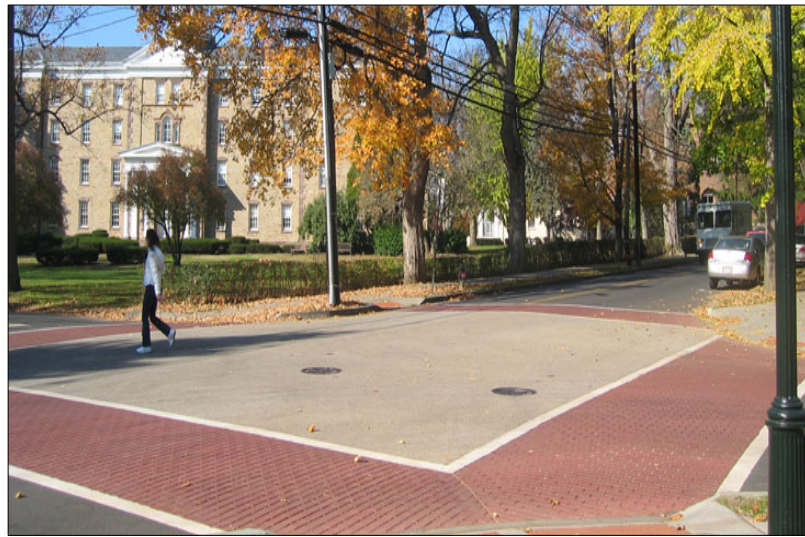
Yolda bir şeridin ortasına yerleştirilmiş ana bir platform ve bu ana platformun her iki yanında bulunan kavisli tümseklerden oluşmaktadır (Şekil 1.14). Kavisli bir yol kullanmak zorunda bırakılan sürücüler; araç hasarı, yatay ve düşey konforsuzluk gibi hız böbreklerinin olumsuz etkilerinden kaçınmak için hızlarını düşürmek zorunda kalmaktadırlar. Hız kesici tümseklere kıyasla, aynı geçiş hızlarına sahip olmalarına rağmen çevreye daha az olumsuz etkileri vardır (Garcia vd 2012).



Şekil 1.14 Hız kesici böbrekler.

1.5.2.6 Yükseltilmiş kavşaklar

Kavşaktaki platform yüksekliğinin kendine gelen yolların seviyesine göre yüksek olan kavşaktır. Düşey yönde oluşturulan platform, sürücüler tarafından fark edilmesi için kendine bağlanan yollarda kullanılan malzemeden farklı bir malzeme kullanılarak yapılır (Şekil 1.15). Sürücülere yükseltilmiş kavşak alanını, yayalarla paylaşması gerektiğini belirtmek için kaldırım seviyesinde yapılır (Bellefleur ve Gagnon 2011).



Şekil 1.15 Yükseltilmiş kavşak.

1.5.3 Diğer trafik sakinleştirici araçları

İnşaat yapım işi gerektirmeyen bu önlemler, trafiği sakinleştirmede kullanılan ilk ve en ucuz önlemlerdir. Bu önlemler diğer sakinleştiriciler gibi yaya güvenliğini artırmak ve trafik sıkışıklığını önlemek için kullanılırlar. Yol bakım ekipleri tarafından kolayca kurulup veya işaretlenip yerleri değiştirilebilir. Herhangi bir inşaat yapım işi gerektirmezler (Anonim 2012a).

İnşaat yapım işi gerektirmeyen bu önlemler temel olarak, tabelalar ve asfalt işaretleri kullanarak yapılır. Kurallara uyulup uyulmadığı, bir kontrol mekanizması ile kontrol edilmelidir. Aksi takdirde hızları azaltma konusunda sürücüler üzerinde herhangi bir caydırıcılığı olmaz. 1.5.3.1-1.5.3.5 numaralı maddeler arasında diğer trafik sakinleştirme araçlarının genel bir açıklamaları yapılmıştır.

1.5.3.1 Pürüzlü yol ve işaretleme malzemesi kullanımı

Asfalt üzerinde pürüzlü malzemeler (arnavut taşları vb.) ve araçlarda sarsma yapan işaretlemeler (asfalt boya vb.) kullanılarak yapılan trafiği sakinleştirme önlemlerindendir (Şekil 1.16). Diğer trafik sakinleştirici önlemler ile birlikte kullanılabilir. Kaplama yüzeyinde yarattığı titreşim sayesinde sürücülere bu noktalardan geçerken yavaşlaması ve diğer şeride geçmemesi konusunda uyarıda bulunurlar. Bu önlemlerin büyük oranda gürültü kirliliği yaratması, çevre için bir dezavantajdır. Görsel olarak hoş görüldüğünden peyzaj açısından olumlu bir katkısı vardır (Anonim 2019).



Şekil 1.16 Pürüzlü yol.

1.5.3.2 Hız sınırına uymaya zorlama

Trafik polisi, jandarma gibi taşınabilir trafik kontrol mekanizmaları ile sürücülerin hız limitlerine uyup uymadığı kontrol edilmektedir. Tasarım veya kurulum için herhangi bir zaman gerektirmezler. Acil müdahale araçlarını yavaşlatmazlar. Devamlılığını sağlamak için ciddi maliyetler gerekebilmektedir. Bu önlemler belirli zamanlarda kaldırıldığı için geçici fayda sağlamaktadır.

1.5.3.3 Tabelalı hız göstergesi

Uzaktan hız algılama sistemleri ile araç hızlarının tespit edildiği, yolun kenarına ya da üstüne monte edilmiş tabelalar yardımıyla, hız sınırını aşan sürücülerini yavaşlaması için ikaz eden sistemlerdir (Şekil 1.17). Sistemin temel amacı; hız sınırını aşan sürücülerini, hızlarını azaltmak için uyarmak ve araçlarının hız göstergelerinin doğruluğunu test etmesini sağlamaktır. Tabelada görüntülenen hız ile aracın gerçek hızı arasındaki fark 1-2 km/sa' dir. Bazı tabelalarda sürücülerin hız sınırlarını aşmaması için o yol için azami hızda gösterilir (Anonim 2009a).



Şekil 1.17 Tabelalı hız göstergesi.

1.5.3.4 Yol üzeri park uygulaması

Yol üzerine araçların park edilerek trafiğin sakinleştirilmesi amaçlanmaktadır. Bunun için yolun en az bir şeridinin araç parkına izin verecek şekilde inşa edilmesi gerekmektedir (Şekil 1.18). Park yapma imkânı olmayan yollar, sürücüler için hızlanma fırsatı yaratmaktadır. Bununla beraber park edilmiş araçların yollardan kaldırılması yol genişliğini artırarak trafiğin akış hızını artırmaktadır (Anonim 2019).



Şekil 1.18 Yol üzeri park uygulaması.

1.5.3.5 Dur işaretleri

Trafik sakinleştirici önlemlerden biride yollarda dur işaretleri kullanmaktır. Bunlar asfalt boyaları ile zeminde veya trafik levhaları ile düşey yönlü tabelalarla

1. GİRİŞ

gösterilmiş olabilir (Şekil 1.19). Caydırıcılığı ve uyma zorunluğu olmadığı için sürücüler tarafından çok fazla dikkate alınmaz. Buda yayalar üzerinde güvensizlik duygusu yaratabilir. Diğer trafik sakinleştirici önlemler ile birlikte kullanıldığında daha olumlu sonuçlar verebilir.



Şekil 1.19 Dur işareti.

1.6 Hız Tümsek, Hız Platformu ve Yükseltilmiş Yaya Geçidinin Tasarımı

Çalışmada kullanılan hız tümseği, hız platformu ve yükseltilmiş yaya geçitlerinin hızı azaltmada etkili olarak kazaları azalttığı ve yaya güvenliğini artırdığı görülmüştür. Hız kesicilerin bu gibi olumlu etkilerinin yanında konforsuzluk, çevre kirliliği ve zaman kaybı gibi olumsuz etkileri de olduğu tespit edilmiştir. Bu sebeplerden dolayı hız kesicilerin olumlu ve olumsuz etkilerini en iyi şekilde dengeleyecek bir tasarım standardı hazırlanması gerekmektedir. Aynı zamanda bu hız kesicilerin üzerinde sürücüler tarafından daha kolay fark edilebilmelerini kolaylaştırmak için belirli işaretlemelerin yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Tezin bu bölümünde çalışmada kullandığımız hız kesiciler için Türkiye ve ABD’de hazırlanan tasarım standartlarından ve işaretlemelerinden bahsedilmiştir. Hız tümseklerinin geometrik tasarımı ve üzerinde yapılması gereken işaretlemeler için TSE K 16 standardı açıklanmıştır. Hız platformlarının geometrik tasarımı için TS 6283 standardı ve ITE/FHWA (Ulaştırma Mühendisleri Enstitüsü ve Federal Karayolu İdaresi) kuruluşlarının tasarım çalışmalarından bahsedilmiştir. Üzerinde yapılması

1. GİRİŞ

gereken işaretlemeler için ise “MUTCD (Manual on Uniform Traffic Control Devices)” ve KGM (Karayolları Genel Müdürlüğü) “Karayolu Trafik İşaretleme Standartları 1” kriterleri açıklanmıştır. Ancak çalışmada ITE/FHWA kuruluşlarının tasarım standardı ve yine aynı kuruluşların hazırladığı MUTCD el kitabındaki işaretlemeler dikkate alınmıştır.

Yükseltilmiş yaya geçitlerinin geometrik tasarımında Türkiye’de bir tasarım standardı bulunmaması nedeniyle ITE/FHWA kuruluşlarının ortak çalışma sonucu belirledikleri geometrik tasarım standardı açıklanmıştır. Yükseltilmiş yaya geçitlerinin üzerinde yapılması gereken işaretlemeler için ise “MUTCD ve KGM Karayolu Trafik İşaretleme Standartları 1” dokümanlarında ki kriterler açıklanmıştır.

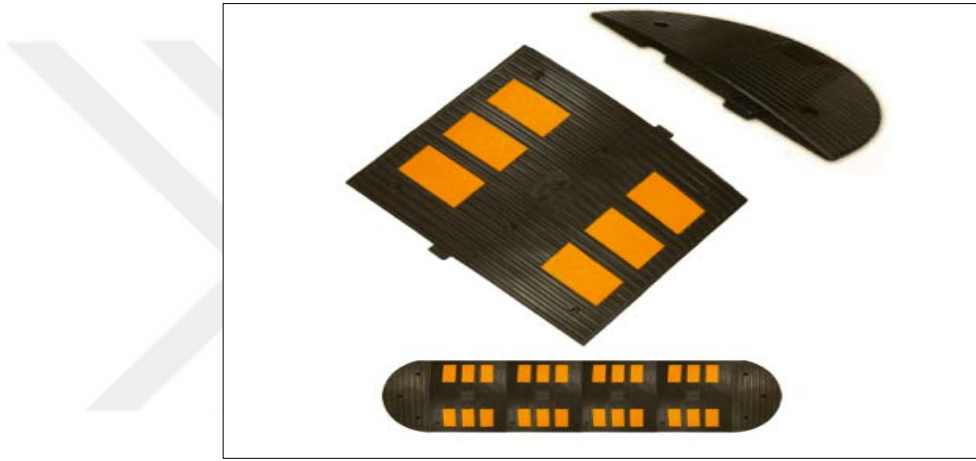
Özetle, hız tümseği tasarımında TSE K 16 standardından, hız platformu ve yükseltilmiş yaya geçidi tasarımında ise ITE/FHWA kuruluşlarının hazırladıkları geometrik tasarım standardı ve yine aynı kuruluşların hazırlamış oldukları MUTCD el kitabından yararlanılmıştır. Yükseltilmiş yaya geçitlerinin üzerinde yapılması gereken yaya çizgileri ile ilgili MUTCD el kitabında açıklanan bilgiler yeterli görülmediği için KGM Karayolu Trafik İşaretleme Standartları 1’de açıklanan yaya çizgi ölçüleri dikkate alınmıştır. Hız kesicilerin geometrik tasarım modelleri açıklanırken her yol şeridinin uzunlukları birbirinden farklı olmasından dolayı, sadece genişlik ve yükseklik ölçülerinden bahsedilmiştir.

1.6.1 Hız tümsek tasarımı ile ilgili örnek çalışmalar

Hız kesici tümsekler genelde hazır tip olarak kauçuktan üretilmektedir. Trafik akışının hızlı olduğu yollardan daha çok küçük sokaklarda ve otopark gibi düşük hız bölgelerinin olduğu yerlerde tercih edilmektedir. Hazır tip kauçuk hız tümsek tasarımının nasıl olması gerektiği ile ilgili Türkiye’de hazırlanmış olan TSE K 16 standardı bulunmaktadır. 1.6.1.1 maddesinde hazır tip kauçuk hız tümseklerinin TSE K 16’ya göre geometrik tasarımından, 1.6.1.2 maddesinde ise hız tümseklerinin TSE K 16’ya göre gece ve gündüz fark edilebilmeleri için üzerinde yapılması gereken işaretlemelerden bahsedilmiştir.

1.6.1.1 Hız tümseklerinin geometrik tasarımı (TSE K 16)

Hız Kesici Kasis Tanımı: Hız ile ilgili kaza riskini azaltmak için hız sınırlarını düşürmek amacıyla üzerinde hazır geri yansıtıcı bantları bulunan, geri dönüşümlü, hafif, esnek, dayanıklı, % 100 kauçuktan imal edilmiş ve yol üzerine monte edilmiş tümsektir. Kauçuktan yapılan hız kesici tümsekler, kapama ve orta parçalar olmak üzere iki kısımdan oluşur (Şekil 1.20). Kapama parçaları kenar bölgelerinde bulunan kısımlardır. Kapama parçaları en az 30 cm eninde olmalıdır. Orta parçalar ise; en az 46,5±0,5 eninde, en az 60 cm boyunda ve 5 cm yükseklikte olmalıdır.



Şekil 1.20 Hazır tip kauçuk hız tümsek (600x500 mm).

1.6.1.2 Hız tümseklerinin üzerindeki işaretlemeler (TSE K 16)

Hız kesici tümseklerin gece ve gündüz şartlarında sürücüler tarafından fark edilmesini kolaylaştırmak için Şekil 1.21’de gösterildiği gibi orta parçaların her birinde sarı renkli 9x16 cm boyutlarında, en az 6 adet geri yansıtıcı bant bulunmalıdır.



Şekil 1.21 Hazır tip kauçuk hız tümsek üzerindeki işaretlemeler.

1.6.2 Hız platformunun tasarımı ile ilgili örnek çalışmalar

Hız platformlarının tasarımında kullanılmak üzere Türkiye’de TS 6283 standardı, ABD’de ise ITE/FHWA kuruluşlarının ortak çalışması ile hazırlanmış olan bir tasarım standardı bulunmaktadır. Bu iki geometrik tasarım standardı incelendiğinde aralarında büyük benzerlikler olduğu görülmüştür. 1.6.2.1.maddesinde hız platformunun TS 6283 standardına göre geometrik tasarımı, 1.6.2.2.bölümünde “KGM Karayolu Trafik İşaretleme Standartları 1” dokümanından faydalanılarak platform üzerinde yapılması gereken işaretlemelerden bahsedilmiştir. 1.6.2.3.bölümünde değerlendirmelerde kullandığımız ITE/FHWA kuruluşlarının hazırladığı bir hız platformunun geometrik tasarımı, 1.6.2.4.bölümünde ise MUTCD el kitabında açıklanan hız platformlarının üzerinde olması gereken işaretlemeler açıklanmıştır.

1.6.2.1 Hız kesici platform geometrik tasarımı (TS 6283)

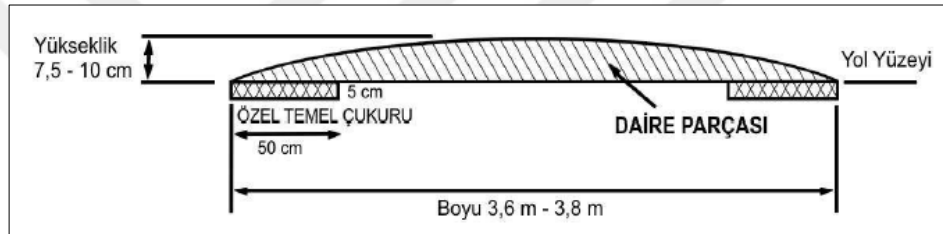
Standart şehir içi yol satırlarında yapılacak hız kontrol edici platformun tasarımını, platform yerlerinin seçimini ve yapım esaslarını açıklamaktadır. İlk defa 1988 yılında yazılmış olan standart daha sonra dört defa tadil edilmiştir.

Şehir içi 50 km/sa’lik trafik hızı; okul, çocuk bahçesi, spor ve konut alanları gibi yayaların yoğun olduğu yerlerde, trafik hızını düşürmek için kullanılan tümseklere uygulanır. İstenilen hıza göre bu tümsekler, 50-150 m ara ile birden çok sayıda, yolların

1. GİRİŞ

en fazla 800 metrelik kesiminde uygulanır. Çevre yolu gibi 1.derece yollara uygulanmaz (TS 7249).

Hız kesici platformlar, yolun yapıldığı kaplama malzemesinden yapılmalıdır. Platforma yaklaşan araçların hızlarını ayarlayabilmesi için yola girişten itibaren ilk tümsek 20'nci metrede olmalıdır. Hız kesici platformların genişliği araçların dingil mesafesine bağlı olarak 3,6-3,8 m arasında olmalıdır. Yüksekliği ise; 7,5-10 cm aralığında olmalıdır (Şekil 1.22). Platformun giriş-çıkış rampalarının uç kısımlarında 5x50 cm ebatlarında özel temel çukurları hazırlanmalıdır. Yolu bordürden bordüre kapatmalıdır. Yolda birikebilecek yağmur suyunu kolayca drene edebilmek için platformun ön kısımlarına drenaj hattı yapılmalıdır.



Şekil 1.22 Hız kesici tümseklerin en kesiti (TS 6283).

1.6.2.2 Hız platformu üzerindeki işaretlemeler (KGM'ye göre)

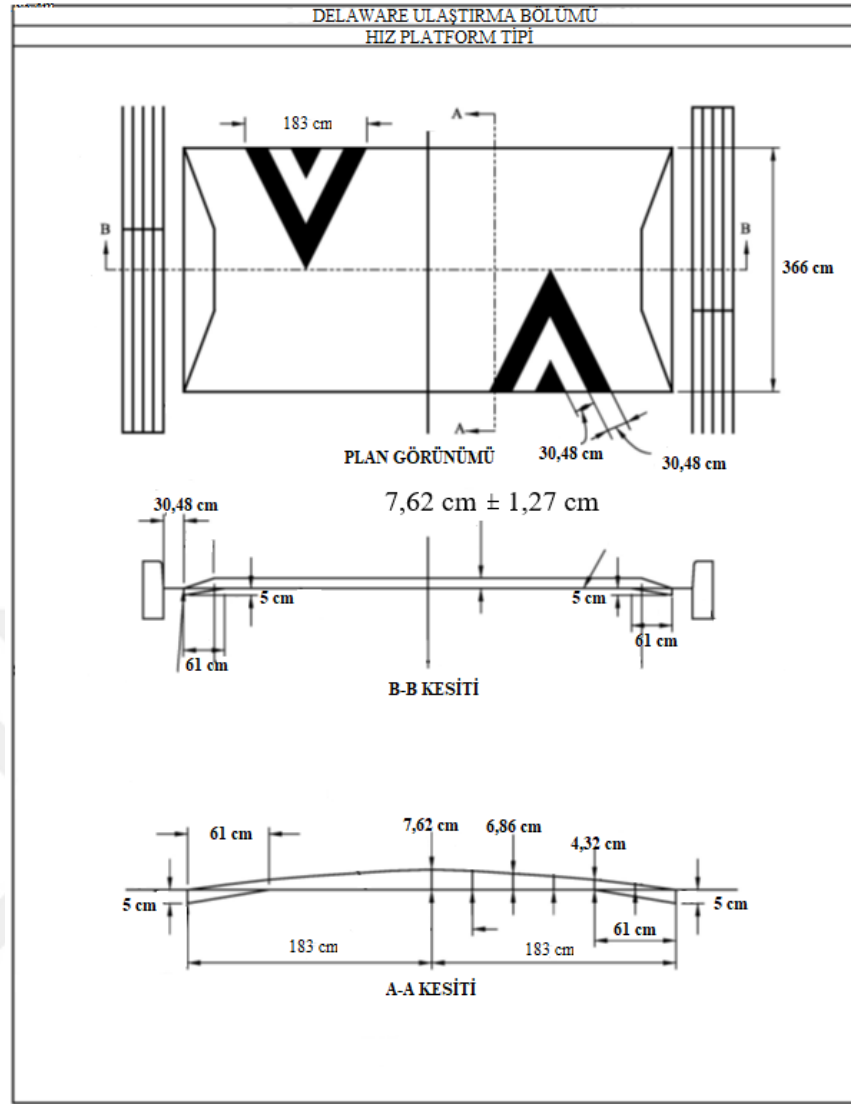
TS 6283 standardına göre yapılan hız kesicilerin üzerinde yapılması gereken asfalt işaretlemelerinin nasıl yapılacağı KGM Trafik Daire Başkanlığı "Karayolları Trafik İşaretleme Standartları 1, 2020" de açıklanmıştır. Hazırlanan bu dokümana göre; işaretlemelerde kullanılan okların ucu, yol şeridinde takip edilen istikameti gösterecektir (Şekil 1.23). İşaretlemede kullanılan ok 1,8x1,8 m ebatlarında üçgen formda olmalıdır. Kalınlık ve aralıkları 30 cm olmalıdır. Hız kesici platform iki yönlü bir yol üzerine tesis edilecekse ok beyaz boya ile işaretlenmelidir. Eğer, aynı yönde birden fazla şerit varsa, işaretleme her bir şerit için ayrı ayrı yapılmalıdır.



Şekil 1.23 Üzerindeki işaretlemeler (Karayolları Trafik İşaretleme Standartları 1).

1.6.2.3 Hız platformu geometrik tasarımı (ITE/FHWA)

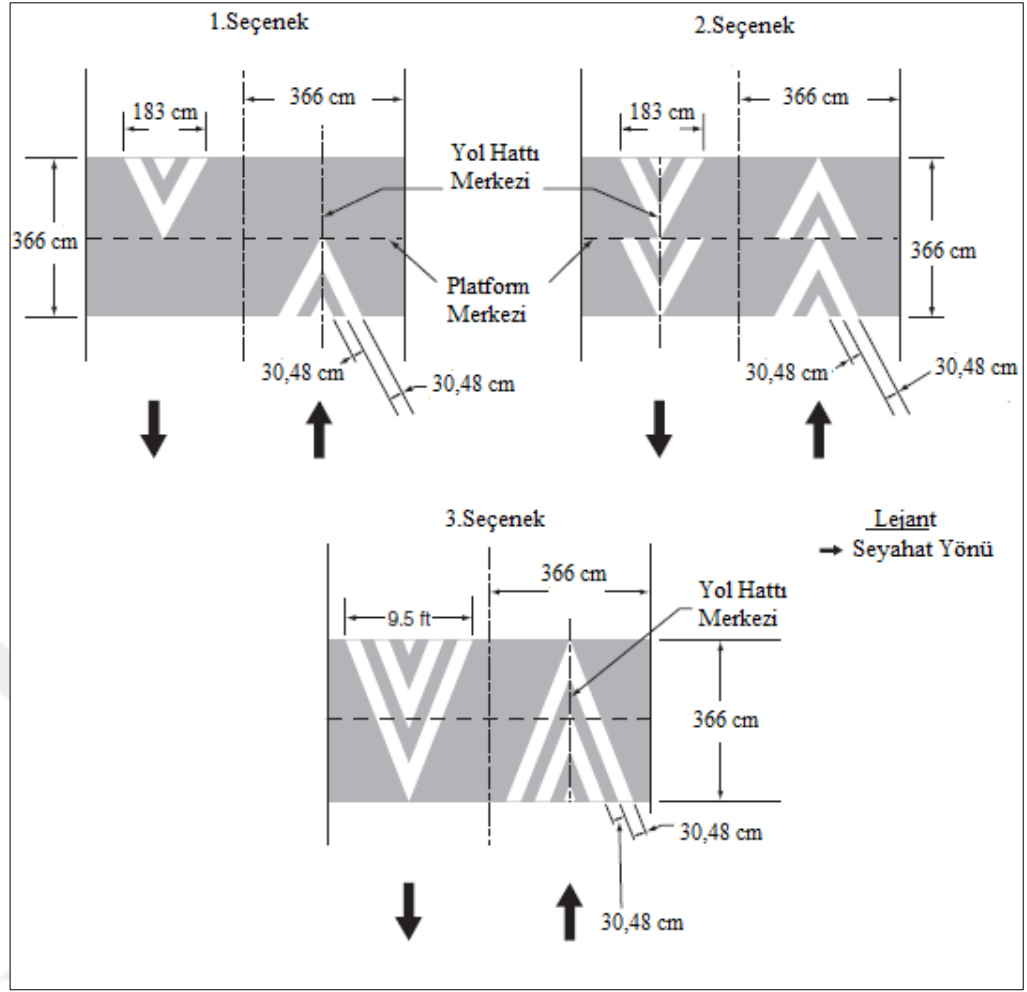
Hız platformlarının parabolik şeklinden dolayı platformun en tepe noktası platformun orta kısmına gelmelidir. Platformun yüksekliği $7,62 \pm 1,27$ cm aralığında olmalıdır. Platformun toplam genişliği 3,66 metredir. Platformun her iki tarafında 61 cm genişliğinde, 5 cm yüksekliğinde temel çukuru yapılmalıdır (Şekil 1.24). Hem drenajı sağlamak hem de bisikletlerin geçişini kolaylaştırmak için, bordür kenarıyla platform arasında 30,48 cm'lik bir boşluk bırakılmalıdır (Anonim 2021d).



Şekil 1.24 Hız platformu tasarımı (Anonim 2021d).

1.6.2.4 Hız kesici platform üzerindeki işaretlemeler (MUTCD El Kitabı)

Yol kullanıcıların hız kesici tümsekleri görebilmeleri ve hızlarını uygun yerlere düşürebilmeleri için hız kesici platformların üzerleri boya ile işaretlenmelidir. MUTCD el kitabında hız kesici platformlarının üzerlerinin işaretlenmesi için Şekil 1.25’de gösterildiği gibi üç seçenek tanımlanmıştır. A ve B seçeneklerindeki oklar 183x183 cm ölçülerinde üçgen formda ve seyahat yönünü gösterecek şekilde işaretlenmelidir. C seçeneğinde ki işaretlemeye göre ise 290x366 cm ölçülerinde yine seyahat yönünü gösteren oklar kullanılmalıdır. Seçeneklerin üçünde de okların, kalınlıkları ve aralıkları 30,48 cm olmalıdır (Anonim 2009b).



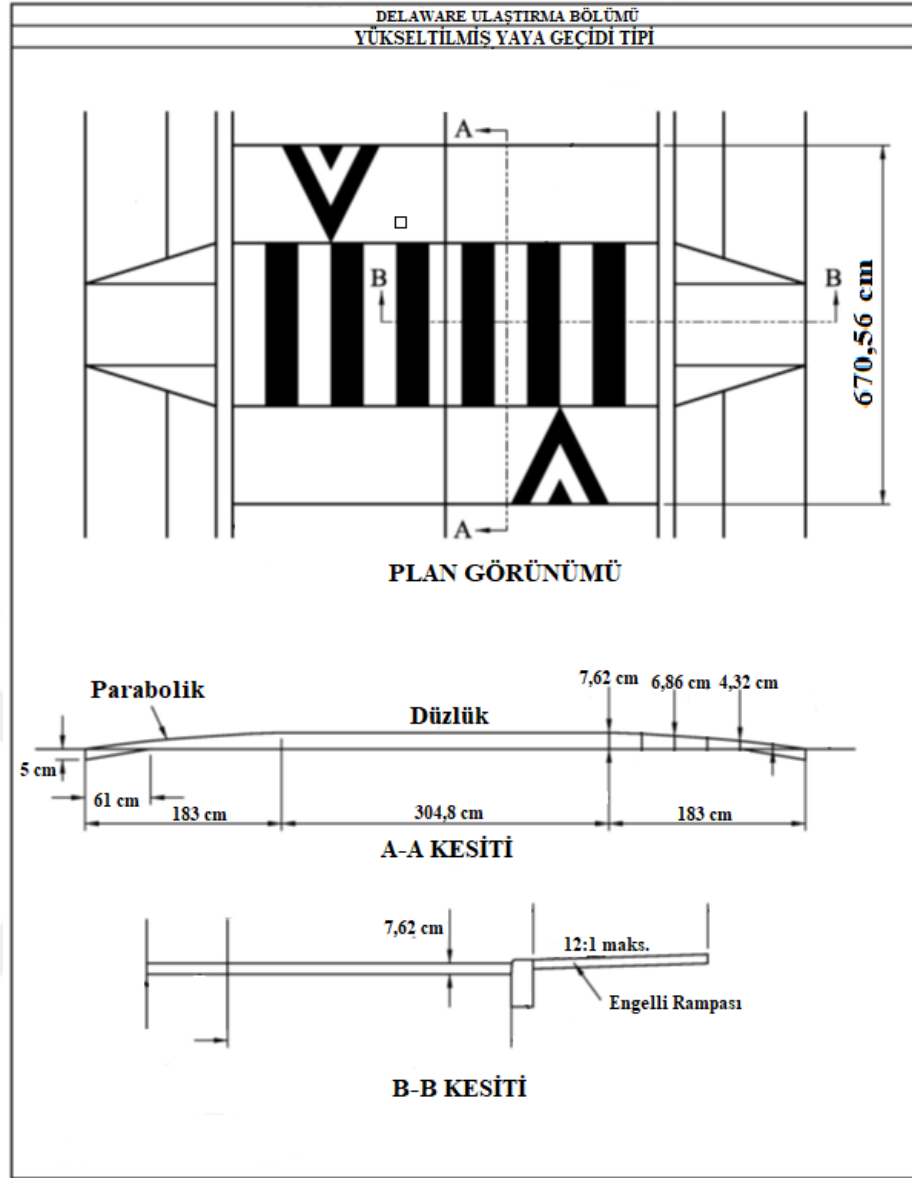
Şekil 1.25 Hız kesici platform üzerindeki işaretlemeler (Anonim 2009b).

1.6.3 Yükseltilmiş yaya geçidi tasarımı ile ilgili örnek çalışmalar

Trapez kesitli hız platformlarının üzerinde istenen asfalt işaretlemelerinin yapılması koşuluyla yükseltilmiş yaya geçidi olarak kabul edildiğini daha önceki bölümlerde belirtmiştik. Türkiye’de hazırlanmış herhangi bir yükseltilmiş yaya geçidi standardı bulunmamaktadır. Bu yüzden yükseltilmiş yaya geçidinin geometrik tasarımının değerlendirilmesi bu alanda şimdiye kadar yapılmış çalışmaların toplandığı ITE/FHWA kuruluşları tarafından belirlenen kriterlere göre yapılmıştır. Yükseltilmiş yaya geçitlerinin üzerinde yapılması gereken işaretlemeler için “MUTCD ve KGM Karayolları Trafik İşaretleme Standartları 1” dokümanlarından faydalanılmıştır.

1.6.3.1 Yükseltilmiş yaya geçidi geometrik tasarımı (ITE/FHWA)

Yükseltilmiş yaya geçidinin platform olan düz kısmı yaklaşık 3,05 m, yüksekliği yaklaşık 7,62 cm ve her iki yöndeki rampaları ise yaklaşık 1,83 m uzunlukta olmalıdır (Şekil 1.26). Rampaların çıkış eğimlerinin şekilleri düz, parabolik ve sinüzoidal tipte olabilir. Yükseltilmiş yaya geçidi yapılmadan önce rampalarının giriş kısmından içeri doğru 61 cm uzunluğunda ve 5 cm yüksekliğinde temel çukuru açılmalıdır. Yükseltilmiş yaya geçidinin bulunduğu yolda drenajı sağlamak ve engellilerin kaldırımdan yaya kaldırımına geçişini kolaylaştırmak için yükseltilmiş yaya geçidinin düz olan üst kısmı bir ızgara yardımıyla uzatılıp, kaldırımla kot farkı olmayacak şekilde bağlanmalıdır. Diğer bir drenaj seçeneği ise yaya geçidini kaldırıma bitişik inşa ederek, yaya geçidinin ön kısımlarına yerleştirilen ızgaralarla yol drenajını sağlamaktır (Anonim 2021d).



Şekil 1.26 Yükseltilmiş yaya geçidi tasarımı (Anonim 2021d).

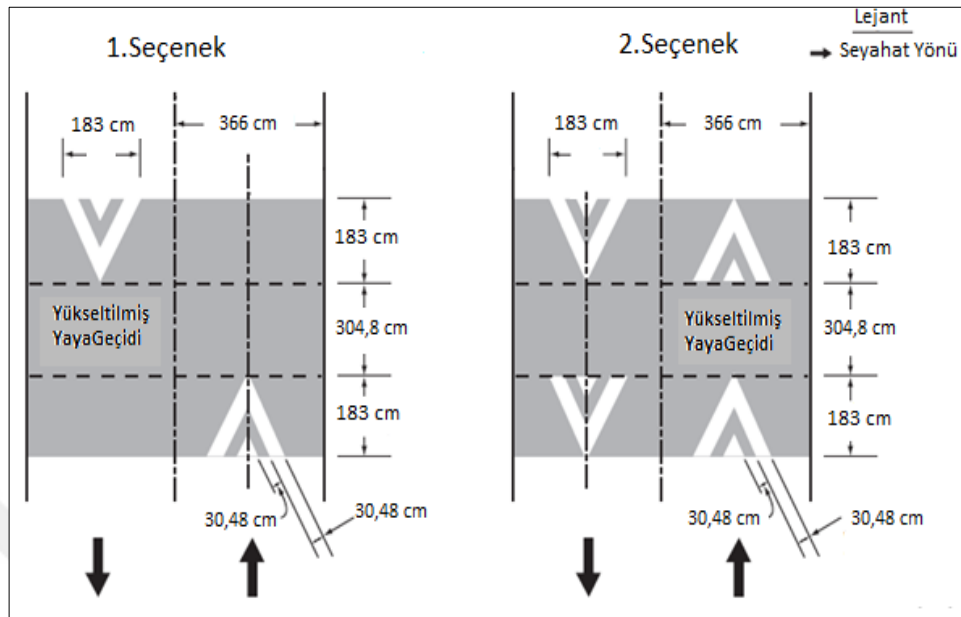
1.6.3.2 Yükseltilmiş yaya geçidi üzerindeki işaretlemeler (MUTCD ve KGM)

Yükseltilmiş yaya geçitleri kolay görünebilecek şekilde işaretlenmelidir. Böylece tüm yol kullanıcıları bunları fark edebilir ve hızlarını azaltabilir. Yükseltilmiş yaya geçidinin işaretlemeleri standartta belirtilen şekillerde ve gece fark edilecek şekilde yapılmalıdır.

ITE/FHWA kuruluşlarının kaynaklarına göre (Anonim 2009b) 3,66 metre genişliğinde bir yol şeridi için 1,83 m genişlik ve 1,83 m eninde üçgen ve trafiğin akış yönünü gösteren oklar kullanılmalıdır (Şekil 1.27). Bir yolun genişliğinin standartta

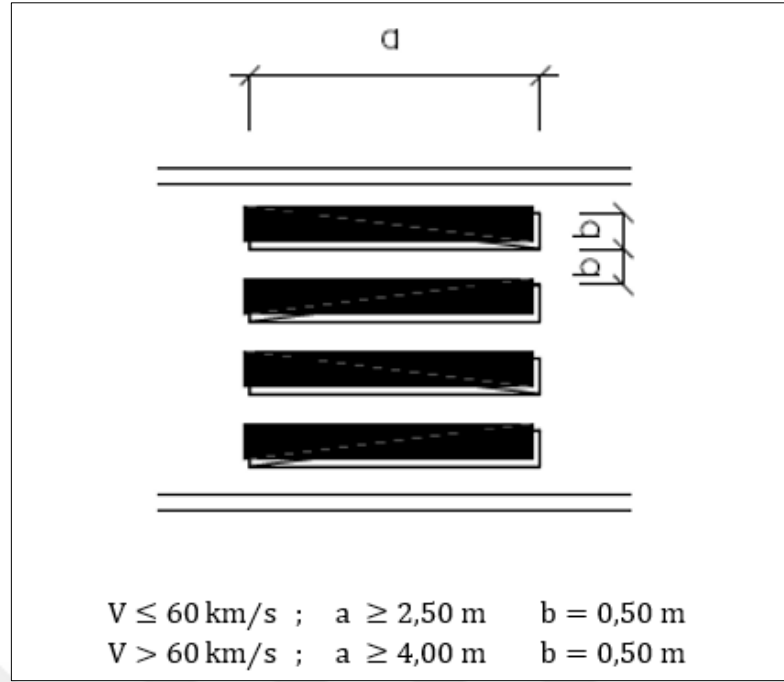
1. GİRİŞ

belirtildiğinden farklı olması durumunda bu üçgen işaretlemeler yine aynı ölçülerde fakat değişik aralıklarla yapılmalıdır.



Şekil 1.27 Yükseltilmiş yaya geçidi üzerindeki işaretlemeler (Anonim 2009b).

Hız masasının yükseltilmiş yaya geçidi olabilmesi için üzerinde yaya geçidi işaretlerinin bulunması gerekir. Uluslararası alanda farklı tipte yaya geçidi çizgi tipleri olup Türkiye’de KGM tarafından belirlenen standart yaya geçidi çizgisi Şekil 1.28’de gösterilmiştir. Eğer, hız kesicinin görünürlüğünü artırmak için yaya geçidi çizgisi yapılmak istenirse, KGM Trafik Daire Başkanlığı “Karayolları Trafik İşaretleme Standartları 1, 2020” kılavuz alınmalıdır. KGM kaynaklarına göre (Anonim 2020) standart bir yaya geçidinin eni 0,5 metre uzunluğunda olmalıdır. Boyu ise bölgede istenilen hız limiti 60 km/s veya altında ise 2,5 m’ye eşit ya da daha büyük yapılmalıdır. Eğer, istenilen hız limiti 60 km/s’den büyük ise 4 m’ye eşit ya da daha büyük olmalıdır.



Şekil 1.28 KGM tarafından belirtilen standart yaya geçidi çizgisi (Anonim 2020).

1.7 Konfor Değerlendirmesinde Kullanılan Standartlar Ve Karşılaştırmaları

İnsanlar işte çalışırken, iş ve ev arasında seyahat ederken ve boş zaman aktivitelerinde belirli bir titreşime maruz kalmaktadırlar. Aynı şekilde, seyahat esnasında da sürücüler hızlarını azaltmak için yapılan hız kesicilerden geçerken de belli bir titreşime maruz kalırlar. Titreşim bireyde sağlık, konfor, taşıt tutması ve algı gibi sorunlara neden olabilmektedir. Ancak bunlardan konfor; hem kişinin iş verimini, yaşam kalitesini azaltırken hem de psikolojisini olumsuz yönde etkilemektedir.

Tüm vücut titreşiminin insanda yarattığı konforsuzluğa olan etkilerini ölçmek ve değerlendirmek için dünyada kullanılan ana iki standart vardır. Bu standartlar ISO 2631-1 ve BS 6841'dir. Standartların her ikisinde de önerilen temel yöntem, r.m.s. (root-mean-square) yöntemidir. Ancak standartlarda ani şoklar ve yüksek zirve faktörleri için ek değerlendirme yöntemleri açıklanmaktadır. Bu bölümde, ISO 2631-1 ve BS 6841 standartlarının genel bir açıklaması ve karşılaştırmaları yapılmıştır. Titreşimden kaynaklanan konforsuzluğu değerlendirmek için bu çalışmada ISO 2631-1 standardı kullanılmıştır.

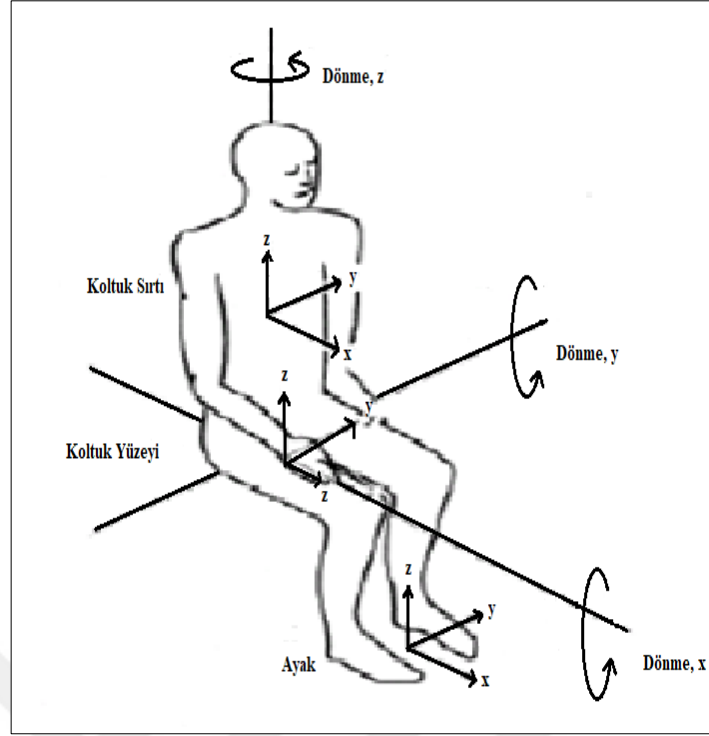
1.7.1 ISO 2631-1 (1997)

Periyodik, rasgele ve geçici tüm vücut titreşimlerin değerlendirmesi için kullanılan yöntemleri tanımlamaktadır. Araç kazalarında meydana gelen aşırı büyüklükteki tek şokların değerlendirmesi için geçerli değildir. İnsanlara titreşim araç, makina ve binalardaki hareketlerle iletilmektedir. Standart; sırt üstü uzanmış, ayakta yaslanmış ve oturan bir kişinin sırt, ayak ve koltuk yüzeyinden iletilen titreşimlerin, kabul edilebilir sınırlar içinde olup olmadığını değerlendirmemizi sağlamaktadır. Bu değerlendirmeyi; sağlık, konfor, algı ve taşıt tutması olarak 4 bölümde yapmaktadır. Standartta titreşim ölçümleri için ivmeölçerlerin yerleştirileceği konumlarda belirtilmiştir. Sağlık, konfor ve algı değerlendirmesi için dikkate alınan frekans aralığı 0,5-80 Hz'dir.

ISO 2631-1 standardı, titreşim büyüklüğü ile insan konforu arasındaki ilişki hakkında ortak bir görüş birliği oluşturmak için hazırlanmıştır. Titreşimin, öznel şiddetini belirlemek için kullanılmamaktadır. Çünkü bazı titreşimler bireylerde konforsuzluk yaratırken bazıları memnuniyet yaratabilmektedir. Bu çalışmada koltukta oturan bireylerde hissedilen titreşimlerin konfor açısından değerlendirilmesi yapılmıştır.

1.7.2 Koltukta oturan bir kişi için ivmeölçerlerin konumu

ISO 2631-1 standardına göre oturan bir kişi için titreşim ölçümü, titreşimin insan vücuduna girdiği kabul edilen bir noktadan yapılmalıdır. Oturan bir insan vücuduna; ayak, koltuk yüzeyi ve koltuk sırtlığı olmak üzere toplam 3 noktadan titreşimin girdiği kabul edilmektedir. Tam değerlendirme yöntemi için toplam 12 eksen vardır. Bunlar; ayakta 3 öteleme ekseni, koltuk sırtında 3 öteleme ekseni ve koltuk yüzeyinde; 3 dönme ekseni ile 3 öteleme eksenidir (Şekil 1.29). Titreşim ölçümü yapılırken ivmeölçer zemine dikey konumlandırılmalıdır.



Şekil 1.29 İvmeölçerlerin eksenleri ve konumları (ISO 2631-1).

Vücuda iletilen titreşim, vücut ile titreşim kaynağının olduğu yüzey arasında ölçülecektir. Çünkü titreşime maruz kalan kişilerin gerçek hissettiği titreşimler bu noktadadır. Bu sebepten ivmeölçerler insan vücudu ile titreşim kaynağı arasındaki ara yüze yerleştirilmelidir. Bu yüzeylerden farklı bir konuma yerleştirilecek ivmeölçerler gerçek hissedilen titreşim değerlerini vermeyecektir. Titreşimleri ölçmek için ivmeölçerlerin yerleştirileceği konumlardaki noktalar aşağıda açıklanmıştır:

1. Destekleyici koltuk yüzeyi: Destekleyici koltuk yüzeyindeki ölçümler iskium (leğen kemiği kısmı) bölgesinde yapılmalıdır.
2. Koltuk Sırtlığı: Bu kısımdaki ölçümler vücudun ana destek alanında (omurganın üzerinde) yapılmalıdır.
3. Ayaklar: Ayakların en çok desteklendiği topuk kısmında yapılmalıdır.

ISO 2631-1 standardı, titreşim koşullarının raporlanması ve değerlendirmesini basitleştirmek için formüle edilmiştir. Ancak insanın titreşime tepkisini yaş, cinsiyet, kilo, deneyim, beklenti, uyarılma, motivasyon, vücut duruşu vb. faktörlerde etkilemektedir.

1.7.3 Titreşimin değerlendirilmesi

Titreşimlerin değerlendirilmesi için ISO 2631-1 ve BS 6841 standartlarında kullanılan temel değerlendirme ve ilave değerlendirme yöntemleri bu bölümde açıklanmıştır. Değerlendirme yöntemlerinden ISO 2631-1 standardının açıklandığı bölümün içerisinde bahsedilmiştir. Çünkü ISO 2631-1 standardı, BS 6841'in temelini oluşturmaktadır. Aşağıdaki bölümlerde açıklanan r.m.q yönteminden sadece BS 6841 standardında, running r.m.s yönteminden ise sadece ISO 2631-1 standardında bahsedilmiştir. Diğer yöntemlerin tamamı, her iki standart için de aynıdır.

1.7.3.1 Temel değerlendirme yöntemi / r.m.s. yöntemi

Titreşim değerlendirmesinin yapılabilmesi için ilk olarak Denklem 1.1'den ağırlıklı r.m.s ivmesi bulunmalıdır. Ağırlıklı r.m.s ivmesi öteleme eksenleri için (m/s^2), dönme eksenleri için (rad/s^2) cinsinden ifade edilir. R.m.s değeri her bir değeri pozitif olarak ağırlıklandırıldığından hem pozitif hem negatif olan ivme değerlerin ortalamasının hesaplanmasını sağlar.

$$a_w = \left[\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1.1)$$

Burada;

$a_w(t)$ = Ağırlıklandırılmış ivme (m/s^2) veya (rad/s^2)
 T = Ölçümün süresi (saniye).

1.7.3.2 Temel değerlendirme yönteminin uygulanabilirliği

1.7.3.2.1 Zirve faktörü

ISO 2631-1'de zirve faktörü, frekans ağırlıklı maksimum anlık titreşim değerinin, frekans ağırlıklı r.m.s değerine oranı olarak tanımlanmıştır. Zirve faktörü

1. GİRİŞ

insanlar üzerindeki titreşimin değerlendirilmesi için temel değerlendirme yönteminin yeterli olup olmadığını belirlemek için kullanılmaktadır. Zirve faktörünün 9'a eşit veya küçük olması durumunda temel değerlendirme yönteminin (r.m.s.) tek başına yeterli olduğu belirtilmiştir. Zirve faktörünün 9'dan büyük olduğu durumlarda ise temel değerlendirme yöntemlerine ek olarak ilave yöntemlerin kullanılması gerektiği belirtilmiştir.

1.7.3.3 Zirve faktörünün aşılması durumunda kullanılan ilave yöntemler

Temel değerlendirme yöntemlerinin titreşimin etkisini değerlendirmede etkisiz kaldığı (yüksek zirve faktörü, aralıklı şoklar, geçici süreli titreşim) durumlarda temel değerlendirme yöntemine ilave olarak aşağıdaki yöntemlerden biri kullanılmalıdır. Ek değerlendirme yöntemleri uygulanacaksa, (örneğin zirve faktörünün 9'dan büyükse), hem r.m.s değerlendirme yöntemi hem ilave değerlendirme yöntemlerinden elde edilen değerler rapor edilmelidir.

1.7.3.4 R.m.q. yöntemi (dördüncü kuvvetin dördüncü kökü)

BS 6841'e göre; temel değerlendirme yönteminin yetersiz kaldığı durumlarda (yüksek zirve faktörleri, ani oluşan şoklar ve kısa süreli titreşimler) ivme değerleri, Denklem 1.2' de belirtilen, ortalama ağırlıklı 4'üncü dereceden kök (r.m.q) değerinden hesaplanabilir:

$$a_w = \left[\frac{1}{T} \int_0^T a_w^4(t) dt \right]^{\frac{1}{4}} \quad (1.2)$$

Burada;

$a_w(t)$ = Ağırlıklandırılmış ivme (m/s^2) veya (rad/s^2)
 T = Ölçümün süresi (saniye).

1. GİRİŞ

1.7.3.5 Running r.m.s. yöntemi

ISO 2631-1 standardına göre r.m.s yönteminin yetersiz kaldığı durumlarda, aralıklı şoklar ve geçici titreşimlerin değerlendirilmesinde kullanılan running r.m.s. değerinin hesabı, Denklem 1.3 sayesinde yapılabilir:

$$a_w(t_0) = \left[\frac{1}{\tau} \int_{t_0-\tau}^{t_0} [a_w(t)]^2 dt \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1.3)$$

Burada;

$a_w(t)$ = Anlık (kısa süreli) frekans ağırlıklı ivme,
 τ = İntegral süresi
 t = Zaman (integral değişkeni)
 t_0 = Gözlem süresi (anlık süre)

1.7.3.6 VDV yöntemi (titreşim doz yöntemi)

VDV metodu yüksek zirve değerlerine karşı temel değerlendirme yönteminden daha hassastır. VDV değeri hesabı, Denklem 1.4'den yapılmaktadır:

$$VDV = \left[\int_0^T [a_w(t)]^4 dt \right]^{\frac{1}{4}} \quad (1.4)$$

Burada;

$a_w(t)$ = Anlık (kısa süreli) frekans ağırlıklı ivme,
 T = Ölçümün süresi (saniye).

İki ya da daha fazla titreşim periyodundan oluşan titreşimler, bireysel titreşim dozu değerlerinin dördüncü kuvvetinin toplamının dördüncü kökünden hesaplanmalıdır (Denklem 1.5).

$$VDV_{total} = \left[\sum_i VDV_i^4 \right]^{\frac{1}{4}} \quad (1.5)$$

1. GİRİŞ

Burada;

VDV_{total} = Her eksen için hesaplanan toplam titreşim değeri,
 VDV_i = i eksen için hesaplanan titreşim değeri.

İlave değerlendirme yöntemlerinin konfor değerlendirmesinde nasıl kullanılacağı konusunda standartların her ikisinde de herhangi bir açıklama yoktur. Bu durum ilave değerlendirme yöntemlerinin nasıl değerlendirileceği konusunda farklı yorumlara neden olmaktadır.

1.7.4 Frekans ağırlıklandırma

Titreşimin bireyin konforunu nasıl etkilediği, titreşim frekansının içeriğine bağlıdır. Koltukta oturan bir bireyin konforu, koltuk yüzeyindeki öteleme ve dönme titreşiminden, koltuk sırtındaki öteleme eksenlerinden ve ayaklardaki öteleme eksenlerinden etkilenebilir. Bu konumlarda ölçülen titreşimlerin insan üzerindeki etkisi Çizelge 1.2’de verilen frekans ağırlıkları ve çarpım faktörleri kullanılarak belirlenmektedir. Koltukta oturan bir birey üzerindeki meydana gelen titreşimin konfor üzerindeki etkilerini tahmin etmek için kullanılması gereken frekans ağırlıkları W_c , W_d , W_e ve W_k ’dir.

Çizelge 1.2 Frekans ağırlıkları ve çarpım faktörleri tablosu (ISO 2631-1).

Konum	Yön	Eksen	Frekans Ağırlığı	Çarpım Faktörü (k)
Koltuk Sırtı	Öne-Arkaya	x	W_c	0,80
Koltuk Sırtı	Yanal	y	W_d	0,50
Koltuk Sırtı	Düşey	z	W_d	0,40
Koltuk Yüzeyi	Öne-Arkaya	x	W_d	1,00
Koltuk Yüzeyi	Yanal	y	W_d	1,00
Koltuk Yüzeyi	Düşey	z	W_k	1,00
Koltuk Yüzeyi	Dönme	x	W_e	0,63
Koltuk Yüzeyi	Dönme	y	W_e	0,40
Koltuk Yüzeyi	Dönme	z	W_e	0,20
Ayak	Öne-Arkaya	x	W_k	0,25
Ayak	Yanal	y	W_k	0,25
Ayak	Düşey	z	W_k	0,40

Koltuk sırtında ki yatay eksenler, toplam titreşimi önemli ölçüde etkilemektedir. Eğer, koltuk sırtındaki titreşimler teknik sebeplerden dolayı ölçülemediyse, koltuk

1. GİRİŞ

yüzeyinde ki yatay titreşimlerin (x ve y eksen) belirlenmesinde kullanılan çarpım faktörlerindeki “1” yerine “1,4” değeri kullanılmalıdır (ISO 2631-1).

Çizelge 1.3 ve 1.4’de konfor değerlendirmesinde dikkate alınan 0,5-80 Hz arasındaki ana ve ek frekans ağırlıklarının sayısal değerleri verilmiştir.

Çizelge 1.3 1/3 Oktav bandında W_k , W_d , W_f faktör ağırlıkları (ISO 2631-1).

Frekans f (Hz)	W_k Faktör (× 1000)	W_d Faktör (× 1000)	W_f Faktör (× 1000)
0,5	418	853	224
0,63	459	944	116
0,8	477	992	53
1	482	1.011	23,5
1,25	484	1.008	9,98
1,6	494	968	3,77
2	531	890	1,55
2,5	631	776	0,64
3,15	804	642	0,25
4	967	512	0,097
5	1.039	409	
6,3	1.054	323	
8	1.036	253	
10	988	212	
12,5	902	161	
16	768	125	
20	636	100	
25	513	80	
31,5	405	63,2	
40	314	49,4	
50	246	38,8	
63	186	29,5	
80	132	21,1	

Çizelge 1.4 1/3 Oktav bandında W_c , W_e , W_j faktör ağırlıkları (ISO 2631-1).

Frekans f (Hz)	W_c Faktör (×1000)	W_e Faktör (×1000)	W_j Faktör (×1000)
0,5	843	862	417
0,63	929	939	458
0,8	972	941	478
1	991	880	484
1,25	1.000	772	485
1,6	1.007	632	483
2	1.012	512	482
2,5	1.017	409	489
3,15	1.022	323	524
4,5	1.024	253	628
6,3	1.013	202	793
8	974	160	946
10	891	125	1.017
12,5	776	100	1.030
16	647	80,1	1.026
20	512	62,5	1.018
25	409	50,0	1.012
31,5	325	39,9	1.007
40	256	31,6	1.001
50	199	24,7	991
63	156	19,4	972
80	118	14,8	931

1.7.5 Frekans ağırlıklandırmanın uygulanması

ISO 2631-1 standardı titreşimin değerlendirilmesi için zirve faktörünün 9'dan küçük olduğu durumlarda frekans ağırlıklı r.m.s değerinin bulunması için temel değerlendirme yönteminin veya Denklem 1.6'da verilen formülün kullanılması gerektiğini belirtmektedir. Frekans ağırlıklı r.m.s ivmesi, 1/3 oktav bant verilerine uygun şekilde belirlenmelidir. 1/3 oktav bant değerlerinin dönüştürülmesi için Çizelge 1.3 ve Çizelge 1.4'teki ağırlıklandırma faktörleri kullanılmalıdır.

$$a_w = \left[\sum_i (w_i a_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1.6)$$

Burada;

a_w = Frekans ağırlıklı ivme değeri,

a_i = i ekseninde, $1/3$ oktav bant için r. m. s. ivme değeri,

W_i = i ekseninde, $1/3$ oktav bant için ağırlık faktörü değeri.

1.7.6 Birden fazla yöndeki titreşimlerin hesaplanması

ISO 2631-1 standardına göre her yön için ayrı ayrı birbirine dik koordinatlardan belirlenen ağırlıklı r.m.s ivmesinin titreşim toplam değeri (a_v), Denklem 1.7'den hesaplanır. Bu değer sürücünün ve her bir yolcunun vücudunda ölçüm yapılan noktanın toplam titreşim değeridir.

$$a_v = \sqrt{(k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2)} \quad (1.7)$$

Burada;

a_v = İncelenen noktadaki toplam titreşim değeri,
 a_{wx}, a_{wy}, a_{wz} = x, y, z dik eksenlerine göre ağırlıklı r. m. s. ivme değerleri,
 k_x, k_y, k_z = x, y, z dik eksenlerine göre çarpım faktörü değerleri.

1.7.7 Birden fazla noktadaki yönlerin toplam titreşim değerinin bulunması

ISO 2631-1 standardına göre bireyin vücudunda ölçüm yapılan her nokta için ayrı ayrı bulunan a_v (noktasal toplam titreşim) değeri, Denklem 1.8 kullanılarak $a_{o_{vtv}}$ (tüm toplam titreşim değeri) değeri bulunmaktadır. Bu çalışmada olduğu gibi eğer tek bir noktada a_v değeri hesaplandıysa, bu değer $a_{o_{vtv}}$ değerine eşit olacaktır.

$$a_{o_{vtv}} = \sqrt{\sum_j a_j^2} \quad (1.8)$$

Burada;

$a_{o_{vtv}}$ = Tüm toplam titreşim değeri,
 a_j = Koltuk yüzeyi, koltuk sırtı ve ayaklarda ölçülen a_v değeri,

1.7.8 Titreşimin konfor yönünden değerlendirilmesi

ISO 2631-1'e göre konfor için kabul edilebilir titreşim büyüklüğü değerleri, kişinin durumuna (okuma, yazma, oturma şekli vb.) göre değişen birçok faktöre bağlıdır. Çizelge 1.5'te ki değerler, yolculuk esnasında maruz kalınan, $a_{o_{vtv}}$ (toplam titreşim değerleri) değerlerinin konfor açısından değerlendirmesi için bir ölçüt

1. GİRİŞ

sayılmaktadır. Çizelge 1.5 kullanılarak belirlenen ve konfor değerlendirmesinde kullanılacak alt sınır değerler Çizelge 1.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 1.5 Konfor değerlendirme tablosu (ISO 2631-1).

a_w (m/s ²)	Konfor Kategorileri
< 0,315	Konforlu
0,315-0,63	Biraz Konforsuz
0,5-1	Oldukça Konforsuz
0,8-1,6	Konforsuz
1,25-2,5	Çok Konforsuz
2<	Çok fazla Konforsuz

Çizelge 1.6 Konfor değerlendirmesi için alt sınır değerleri.

a_w (m/s ²)	Konfor Kategorileri
< 0,315	Konforlu
0,315-0,500	Biraz Konforsuz
0,500-0,800	Oldukça Konforsuz
0,800-1,250	Konforsuz
1,250-2,000	Çok Konforsuz
2,000<	Çok fazla Konforsuz

1.7.9 BS 6841 standardı

ISO 2631-1 standardı gibi BS 6841 standardında da temel değerlendirme yöntemi, r.m.s yöntemidir. Ancak düşey yöndeki titreşimin değerlendirmesi için ISO 2631-1’de ki W_k frekans ağırlığının yerine, W_b frekans ağırlığı kullanılır. Diğer frekans ağırlıklandırmaları ISO 2631-1’de ki ile aynıdır. 12 eksenli tam değerlendirme yöntemi ISO 2631-1’de bahsedilen yöntemlerle aynıdır. Zirve faktörünü belirlemek için kullanılan yöntem ISO 2631-1 ile aynı olsa da sınır değeri 6’dır.

Zirve faktörü aşıldığında; ilave değerlendirme yöntemi olarak, r.m.q. ve VDV yöntemlerinden birinin kullanılması önerilir. Standart r.m.q ve VDV yöntemlerinin nasıl kullanılacağı hakkında kesin bir bilgi vermemektedir. Sadece, r.m.s ivme değerlerine göre sonuçların karşılaştırılabilmesi için Çizelge 1.5’deki değerlerin aynısını kabul etmektedir.

1.7.10 ISO 2631-1 ve BS 6841 standartlarının karşılaştırılması

Standartların çoğu kısmı birbirine benzemektedir. Standartlar küçük şoklar ve ani titreşimlerin değerlendirmesi için uygundur. Her iki standartta da temel değerlendirme yöntemi, r.m.s. yöntemidir. Zirve faktörünü belirleme ve çarpım faktörleri her iki standartta da aynı tanımlanmıştır. Sadece ISO 2631-1’ de kullanılan W_k frekansı yerine, BS 6841’de W_b frekansı kullanılmaktadır. Diğer konum ve eksenler için kullanılan frekanslar her iki standardda da aynıdır. Ancak, zirve faktörü sınırı, BS 6841’de “6”, ISO 2631-1’de ise “9”dur. Standartlar arasında ki en büyük fark, zirve faktörü değeri aşıldığında kullanılan değerlendirme yöntemleridir. Zirve faktörü aşıldığında ISO 2631-1 standardında running r.m.s ve VDV yöntemleri kullanılırken, BS 6841 standardında VDV ve r.m.q. yöntemleri kullanılmaktadır. Bunlarla birlikte her iki standartta da bu yöntemlerin nasıl değerlendirileceği hakkında bir açıklama bulunmamaktadır. Sadece VDV yönteminin sağlık açısından değerlendirmesi için yeterli bir açıklama bulunmaktadır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Çalışmanın bu kısmında taşıtların hız tümsek, hız platformu ve yükseltilmiş yaya geçidi tipindeki trafik sakinleştiricilerden geçiş anında maruz kaldıkları titreşimlerin sağlık ve konfor değerlendirmesi ile ivmeölçerlerin yerleştirildiği konumlarla ilgili incelenen çalışmalar verilmiştir. Çalışmalarda taşıt hızı, hız kesici yüksekliği, araç şasi uzunluğu, yol pürüzlülüğün ve koltuk sırtı açısı gibi parametrelerin konforu nasıl etkilediğinin araştırması yapılmıştır. Bunlarla birlikte hız kesicilerin kaza sayılarına, hız azaltımına ve yoğun yollarda araç geçiş sayısını azaltarak trafiğin sakin yollara dağılmasına yardımcı olup olmadıklarının tespiti yapılmaya çalışılmıştır.

Paddan and Griffin (2002) farklı meslek dallarında ki işçilerin, yol ve arazi araçlarında çalışırken (otomobil, forkliftler, traktörler, kamyonlar, kamyonetler ve otobüslerde dâhil) maruz kaldıkları titreşimleri, BS 6841 ve ISO 2631-1 standartlarına göre değerlendirmişlerdir. Titreşimlerin insan üzerindeki etkilerini sağlık açısından belirlemek için VDV (titreşim dozu metodu) yöntemini kullanılmışlardır. Bunlara ilave olarak, standartlar arasındaki farklılıklardan bahsetmişlerdir. Değerlendirme için 14 farklı tipte toplam 100 farklı araç için titreşim ölçümü yapmışlardır. İvmeölçerler, ayaklardaki düşey ivmeyi ölçmek için ayakaltına bir tane, ileri-geri, düşey ve yanal ivmelerin ölçümü için koltuk yüzeyine 3 tane, koltuk sırtına ise ileri-geri ivmenin ölçümü için bir tane olmak üzere toplam 5 adet tek eksenli ivmeölçerler yerleştirmişlerdir. Sonuçların, gerçek değerlere yakın olması için araçları fiziki olarak çalıştırdıkları yüzeylerde çalıştırmışlardır. Ölçümler deki en baskın ivme değerinin koltuk yüzeyinde ki düşey ivme değerlerinin olduğunu belirlemişlerdir. Hesaplamalarını koltuk yüzeyindeki düşey ivme değerlerini dikkate alarak yapmışlardır. Ayrıca, titreşim değerlendirmesi yapılırken BS 6841 standardının ISO 2631-1'e göre daha hassas olduğunu tespit etmişlerdir.

Ponnaluri and Groce (2005) küçük sokaklarda kurulan hız tümseklerinin sürücüler ve vatandaşlar üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Bunun için tümseklerin kurulum öncesi ve sonrası etkilerini araştırmışlardır. Çalışmalarında ilk olarak tümseklerin değerlendirileceği sokağı seçmişlerdir. Seçtikleri yolun günlük ortalama trafik hacimlerini, trafiğin pik yaptığı zamanları ve hız verilerini analiz edip

değerlendirmişlerdir. Bunlarla birlikte, halkın algısı ve tercihlerini de değerlendirmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda, küçük sokaklara kurulan hız tümseklerinin; sokaktaki araç geçiş sayısını ve araç hızlarını düşürmekte etkili olduğunu belirlemişlerdir. Sokakta ortalama hızı 16 km/sa olan araç sayısı artmıştır. Sürücülerin hız ihlalleri azalmıştır. 300 m mesafenin altındaki aralıklarla kurulan hız tümsekleri trafiği sakinleştirmede faydalı olmuştur. Bunun nedenini ise sürücülerin bir sonraki tümseğe kadar istenmeyen hıza ulaşamaması olarak açıklamışlardır. Ayrıca, vatandaşların sokaktaki hız tümseklerinin faydalı ve kullanışlı olarak değerlendirdiğini belirtmişlerdir.

P.S. Els (2005) askeri bir arazi taşıtı kullanarak 7 farklı tip arazide yaptığı deneylerin sonuçlarını nesnel ve öznel olarak değerlendirmiştir. Nesnel değerlendirme için ISO 2631, BS 6841, Average Absorbed Power and VDI 2057 yöntemlerini, öznel değerlendirme için ise hazırladığı bir anketi kullanmıştır. Maksimum 20-25 km/sa hızlarda yaptığı testler sonucu ulaştığı veriler sayesinde standartlar arasında ilişkiyi tespit etmeye çalışmıştır. Kullandığı yöntemlerin sürüş konforunun değerlendirmesinde benzer sonuçlar verdiğini ve hepsinin sürüş konforunun değerlendirmesinde kullanılabileceğini belirtmiştir. Ancak, standartların sürüş konforu limitleri arasında farklılıklar olduğunu tespit etmiştir. Sonuçların benzer olma sebebini ise araç süspansiyonunun ve araç koltuklarının ivmeleri izole etmesinden kaynaklandığını açıklamıştır. Titreşimin konfor açısından değerlendirmesi için koltuk yüzeyindeki düşey ivmelerin ölçülmesini önermiştir. Sürücü ve arka koltuktaki yolcuların ivme değerlerinin en yüksek ivme değerleri olduğuna, x ve y yönündeki ivme değerlerinin ise z yönünden (düşey ivme) daha küçük değerler olduğu sonucuna ulaşmıştır. Ayrıca, sürüş konforunu öznel olarak değerlendirmek için bir anket hazırlamıştır. Bunun için 7 grupta, 8'i kadın 53'ü erkek 61 kişi kullanmıştır. Yaptığı anketin sonucunda 17 kişinin çok konforlu, 29 kişinin normal konforlu ve 15 kişinin konforsuzluk hissettiğini belirtmiştir.

Nahvi et al. (2006) seyahat esnasında yoldan otomobile, otomobilden yolculara iletilen titreşimleri değerlendirmişlerdir. Değerlendirmelerini, ISO 2631-1 ve BS 6841 standartlarında açıklanan VDV (titreşim dozu değeri) yöntemini kullanmışlardır. Bir yolcunun titreşim özelliklerini değerlendirmek için, otoyol, şehir içi yol, asfalt yol,

hemzemin geçit yolu ve pürüzlü yol olmak üzere 5 farklı yolda çalışmışlardır. Titreşim ölçümleri için, pürüzlü yol hariç 20, 40, 60, 80 km/s araç hızlarını kullanmışlardır. Pürüzlü yolda, sadece 20 km/s hızda çalışmışlardır. Belirtilen hızların haricinde, otoyolda 100 km/s hızda titreşim ölçümlerini yapmışlardır. İvme ölçümlerini koltuk yüzeyine yerleştirdikleri 3 eksenli ivmeölçerle; ileri-geri (x yönü), yanal (y yönü), düşey (z yönü) yönde ve koltuk sırtlığına yerleştirdikleri tek eksenli ivmeölçer ile x yönünde yapmışlardır. İvme ölçümleri yaklaşık 60 saniye sürmüştür. Frekans ağırlıklandırılmış ivmeleri kullanarak, r.m.s ivmelerini hesaplamışlar. Buradan VDV değerine (maruz kalınan toplam titreşim değeri) ulaşmışlardır. BS 6841' e göre hesaplanan VDV değerleri, ISO 2631-1' e göre daha yüksek çıkmıştır. Sonuçlarına göre, her yol yüzeyi için hız arttıkça VDV değeri, yani konforsuzluk artmaktadır. En yüksek VDV değeri pürüzlü yolda çıkmıştır. Ayrıca, yol tiplerine göre IRI (uluslararası pürüzlülük endeksi) değerini hesaplayarak, yolların pürüzlülük değerlerine ulaşmışlardır. Tren yolu hariç, pürüzlülük değeri arttıkça VDV değeri arttığını belirtmişlerdir.

Khorshid et al. (2007) çalışmalarında farklı geometrilere sahip iki tanesi kendileri tarafından optimize edilmiş, toplam 7 adet hız kontrol tümseği kullanmışlardır. Araçların tümseği geçiş esnasında sürücü ve yolcular üzerinde oluşacak titreşim ve şokların sağlık açısından zararlı etkilerini ISO 2631-5 ve BS 6841 standartlarına göre değerlendirmişler. Değerlendirme esnasında BS 6841' de belirtilen VDV metodu ve ISO 2631-5' de belirtilen S_e (Statik Basınç Gerilmesi) yöntemlerini kullanmışlardır. Bu standartlar arasındaki farkları elde ettikleri sonuçlara göre belirlemeye çalışmışlardır. Çalışma hızları, 10 km/s ve 80 km/s arasında değişmektedir. Titreşim seviyeleri ve şokları, sürücüyle koltuk arasına yerleştirdikleri bir ivmeölçer ile ölçmüşlerdir. Testlerde; binek araç, midibüs ve SUV olmak üzere 3 farklı tip araç kullanmışlardır. Titreşim ölçümlerini, x ve z ekseninde yapmışlar, y ekseninde ki ivmelerin çok düşük olduğunu düşünerek dikkate almamışlardır. Ölçümlerde, 3 eksenli ivmeölçer kullanmışlardır. Frekans ağırlıklandırma ivmelerini BS 6841 standardını kullanarak bulmuşlardır. Titreşim ölçümlerini LabView' de, hesaplamaları ise Matlab' de yapmışlardır. Sonuç olarak, araçtaki şok miktarının araç hızına, araç tipine, tümseğin geometrisine ve araçta oturanların konumuna bağlı olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Tümsekleri daha hızlı geçen sürücülerin daha çok titreşime maruz kaldığını, tümsek yüksekliğinin arttıkça sağlık riskinin arttığını, arka koltuktaki yolcunun öndekine göre

daha fazla riskte olduğunu, midibüs ve SUV’ un, binek araca göre süspansiyonlarının daha iyi olmasından dolayı daha az LBP (bel ağrısı) riski taşıdıklarını tespit etmişlerdir. En fazla sağlık riskinin 4 numaralı tümsekte, en az riskin ise 7 numaralı tümsekte olduğu sonucuna varmışlardır. BS 6841 standardının, ISO 2631-5’ e göre sağlık risklerini değerlendirmede daha hassas olduğunu ifade etmişlerdir.

Nahvi et al. (2009) çalışmalarında binek araçta tüm vücut titreşimi ve sürüş konforunun değerlendirilmesini yapmışlardır. Ayrıca, standart matematiksel formüllerle ve frekans analizleriyle araç konfor özelliklerini nesnel olarak değerlendirmişlerdir. Çalışmalarını, 2,08 ile 9,75 IRI (Uluslararası Pürüzlülük Endeksi) değerleri arasında bulunan 4 farklı yol tipinde yapmışlardır. Yolculara iletilen titreşimleri ve araç koltuğunun özelliklerini değerlendirmek için, ISO 2631-1’ de belirtilen titreşim dozu değerleri (VDV), kurtosis değerini, frekans tepki fonksiyonları (FRF) ve güç spektral yoğunluklarını (PSD) hesaplamışlardır. FRF değerinin (Frekans Tepki Fonksiyonu), koltuk yüzeyi ile vücut arasındaki aktarma fonksiyonu olduğunu ve bu değer sayesinde uyarıların koltuk tarafından 30 Hz'e kadar sönümlendiğini ve daha yüksek frekanslarda sürücüdeki titreşimin (düşey yönde) yükseldiğini belirlemişlerdir. VDV metoduyla elde edilen SEAT değerleri sayesinde, koltuk süspansiyonunun nasıl olduğunu tespit etmeye çalışmışlardır. Sonuç olarak VDV değerinin (Titreşim Doz Değerleri) hem araç hızı hem de IRI ile orantılı olduğunu, engebeli yollarda, araç hızı değiştikçe daha yüksek VDV değerlerinin ortaya çıktığını belirlemişlerdir. Diğer bir ifadeyle, engebeli yol koşullarında VDV'nin hıza göre değişimi daha yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir. Yüksek hız ve engebeli bir zeminde koltuk arkılığındaki ileri-geri ivme değerinin beş kata kadar arttığını sonucuna varmışlar. Bu nedenden dolayı daha iyi titreşim sönümleme etkisi olan bir koltuk arkılığı geliştirilebileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca, araç süspansiyon sisteminin ve koltuk titreşim sönümleme özelliğinin genel olarak iyi kalitede olduğunu tespit etmişlerdir.

Marjanen (2010) “Çok eksenli bir ortamda tüm vücut titreşiminden kaynaklanan rahatsızlığı değerlendirmek için kullanılan ISO 2631-1 (1997) standardındaki yöntemlerin doğrulanması ve iyileştirilmesi” isimli doktora tezinde; ilk olarak 12 eksenli ölçümlerin yapılabilmesi için geliştirilen pratik ekipmanlardan bahsetmiştir. Saha çalışmasında birkaç makinede 12 eksenli ölçümler yapmıştır. Analiz sonucunda,

koltuk yüzeyi ve koltuk sırtı öteleme eksenlerinin toplam titreşim değerinin %90'ını oluşturduğunu tespit etmiştir. Bu nedenle ayak ve koltuk yüzeyi dönme eksenlerinin değerlendirmeye dâhil etmenin gerekli olmadığını belirtmiştir. Ancak ihmal edilen eksenlerin bir çarpım faktörüyle hesaplamaya dâhil edilmesi gerekliliğini vurgulamıştır. Standartta belirtilen çarpım faktörlerinden farklı olan yeni çarpım faktörleri hesaplamıştır. Bunlarla birlikte sadece koltuk yüzeyi öteleme eksenleri kullanarak rahatsızlığın tahmin edilebileceğini belirtmiştir. Titreşimde en baskın eksenlerin koltuk sırtı ileri-geri yönünde ve koltuk yüzeyi düşey yönde olan titreşim büyüklüklerinin olduğunu tespit etmiştir. Koltuk yüzeyi ileri-geri ve yanıl ivmelerin hesaplamaya ek olarak dâhil edilebileceğinden bahsetmiştir. Ayrıca, farklı frekans aralıklarında farklı eksenlerin baskın olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Paddan et al. (2012) düşey ivmelerden kaynaklanan tüm vücut titreşimini değerlendirmede kullanılan ISO 2631-1 ve BS 6841 standartlarında açıklanmayan koltuk arkılığı açısının, konfor üzerinde etkisinin olup olmadığını araştırmışlardır. Bununla beraber, deneylerden elde ettikleri verilerle, uluslararası standartlarda bulunan frekans ağırlıklı eğrilere alternatif yeni eğriler elde etmeye çalışmışlardır. Deneysel çalışmalarında, 10 erkek, 10 kadın olmak üzere toplam 20 kişi kullanmışlardır. Çalışmaları iki kısımdan oluşmaktadır. Birincisinde; 2, 4, 8, 16, 32, 64 Hz frekans aralığında, 0°, 22,5°, 45°, 67,5° ve 90° koltuk sırtı açısında meydana gelen titreşimlerin etkilerini araştırmışlar. İkinci kısımda ise; 8 Hz frekansta, koltuk sırtı açılarının konfor üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmalarının sonunda; koltuk arkılığı açısının, tüm vücut titreşim frekansı ve algılanan konfor seviyeleri ile arasında bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Koltuk sırtı açılara göre en konforsuz olanın sırt üstü uzanmış pozisyon (0°) ve en konforlu olanların ise 67,5° ve 45° 'lik yarı-yaslanmış pozisyonlar olduğu sonucuna varmışlardır. Buna ek olarak, mevcut BS 6841 ve ISO 2631-1 standartlarında kullanılan frekans ağırlıklı eğrilere alternatif yeni frekans ağırlıklandırma eğrileri önermişlerdir. Önerdikleri eğrilerin, mevcut standart yöntemlerin sayısını artırmak için yarı yaslanmış pozisyonda tüm vücut titreşimine maruz kalan kişilere uygulanabileceğini belirtmişlerdir.

Dickey et al. (2012) inşaat, ormancılık ve madencilik alanlarında çalışan ağır makine operatörlerinin çalışma esnasında maruz kaldıkları toplam vücut titreşiminin,

çalışanların performansını ve sağlığını önemli derece etkilediğini belirtmişlerdir. Kişilerin rahatsızlıklarının öznel olarak değerlendirilse de, ISO 2631-1 standardının rahatsızlığı titreşim büyüklüklerine ve frekanslarına göre tahmin ettiğini belirtmişlerdir. Çalışmalarının asıl amacı, çalışanların öznel rahatsızlık değerlerinin, standarda göre yapılan değerlendirme ile ilişkisini belirlemektir. Ölçümlerini koltuk sırtı ve ayaklar hariç, koltuk yüzeyinde 6 ekseninde yapmışlardır. Çalışmalarının sonucuna göre; inşaat sektöründe çalışanların, standarda göre hesaplanan titreşim büyüklükleri ve öznel değerlendirme değerlerinin aralarında zayıf pozitif bir ilişkisi vardır. Ormancılık ve madencilik alanlarında çalışanların değerleri arasında ise hiçbir ilişki tespit etmemişlerdir. Bunu ise standardın değerlendirmesinde kullanılan yöntemlerin farklılıklarından veya kişilerin sıcaklık, gürültü ve yorgunluk durumlarından kaynaklandığını açıklamışlardır.

Zauniddin et al. (2012) Malezya’ da ki yerleşim yerlerinde kullanılmak için tasarlanan tümseklerden geçiş anında düşülmesi istenen hıza göre en uygun olan hız platformunun tasarımı için bir formül geliştirmeye çalışmışlardır. Buradan yola çıkarak araç hızı, tümsek yüksekliği, uzunluk ve genişlik gibi parametrelerin de dâhil edildiği bir formül geliştirmişlerdir. Bu formüle göre sürücülerin %85’inin hızını tümsek üzerinde azalttığını tespit etmişlerdir. Yaptıkları istatistiksel bir çalışmayla bu denklemin uygunluğunu doğrulamışlardır. Çalışma yaptıkları caddede hız sınırı 50 km/sa ve daha aşağıdadır. Hız ölçümlerini tümseğin 15 m gerisinde, üzerinde ve tümsekten 15 m sonra yapmışlardır. Çalışmalarında belirledikleri denklemin Malezya’ deki hız tümseklerinin geometrik tasarımında kullanılabileceğini vurgulamışlardır. Denklem geçerli standart olarak uygulanır ve geliştirilirse, Malezya'daki yerleşim yerleri için istenen hız sınırına göre geometrik hız tümseklerinin tasarlanmasında önemli bir rol oynayabileceğini belirtmişlerdir.

Daniel (2012) tümsek ve yol genişliği arasındaki oranın araç hızına etkisini incelemiştir. Çalışmasında; kenarlarına bordür uzantısı eklenerek daraltılan yollara inşa edilen hız tümseklerinde, tümsek genişliği/yol genişliği oranı 0,44-0,68 arasında çıkmıştır. Bordür uzantısı olmayan düz yerlerdeki hız tümseklerindeki oranı ise 0,90-0,92 arasında bulmuştur. Tümsek genişliği/yol genişliği oranının, yolun her iki kenarında bulunması gereken 50 cm’lik drenaj hattından dolayı “1” olamayacağını

belirtmiştir. 21 yol tümseğinde kaydedilen 1.239 araç hızında sürücülerin %85' inin sahip olduğu araç çalışma hızını 29,1 km/sa bulmuştur. Bu daha önceki çalışmalarda belirlenen 25-30 km/sa aralığındadır. Bununla birlikte bir tümsekte çalışma hızını 21,9-33,9 km/sa aralığında bulmuştur. Bu nedenden dolayı hız tümseklerinde çalışma hızının 20-35 km/sa aralığına çıkartılması gerektiğini belirtmiştir. Çalışmasının sonunda; tümsek ve yol genişliği oranı azaldıkça araç hızlarının daha da düştüğünü gösteren istatistiksel bir S-eğrisi modeli elde etmiştir. Modelle geniş caddelerde daha küçük tümsek genişliklerinin kullanımının faydalı olduğunu belirtmiştir. Yani tümsek genişliği/yol genişliği oranının çalışma hızı üzerinde etkisi olduğunu kanıtlamıştır.

Pešić et al. (2013) Belgrad' da hız tümsek yüksekliklerinin araç hızlarını azaltmadaki etkisini araştırmışlardır. Çalışmasında 3, 5 ve 7 cm tümsek yüksekliklerinin hız azaltmadaki etkilerini araştırmışlardır. Bunun için 96 cm derinlikte ve parabolik yapıda hız tümsekleri kullanmışlardır. Yolun her iki yönüne 50 m aralıklarla, iki adet hız tümseği yerleştirmişlerdir. Hız ölçümlerini; tümsekten 40 m önce, tümsekte, iki tümsek arasında, ikinci tümsekte ve ikinci tümsekten 40 m uzakta olmak üzere 5 noktada yapmışlardır. Verileri saat 12.00-14.00 saatleri arasında almışlardır. Hız ölçümlerini tümsekler kurulmadan önce, kurulumdan 1 gün ve 1 ay sonra olacak şekilde yapmışlardır. ANOVA ve post hoc analizi ile Tukey-kramer çoklu karşılaştırma testi kullanarak hız azalmalarını değerlendirilmişlerdir. Sonuç olarak, yol kullanıcıları için aşırı tehlikeli olan bölgelerde 5 ve 7 cm yüksekliğinde, daha az tehlike altındaki yerlerde ise 3 cm yüksekliğinde hız tümseklerinin kurulmasını önermişlerdir. Ayrıca, hız tümseklerinin montajından ne 1 gün ne de 1 ay sonra araç hızlarında önemli bir sapma olmadığı için hız tümseklerinin hız düşüşü üzerindeki etkilerinin kalıcı olduğu sonucuna varmışlardır.

Zhao et al. (2013) "Tekerlekli loderin sürüş konforunun değerlendirmesi" adlı çalışmalarında; loderin kendi süspansiyon sisteminin aktif ve pasif olduğu durumda ve iki farklı sürücü üzerinde ki konfor etkilerini ISO 2631-1(1985) ve ISO 2631-1 (1997) standartlarına göre değerlendirmişlerdir. Deneylerini tek bir tümsek ve sıralı iki tümsek olacak şekilde yapmışlardır. Kullandıkları tümseklerin yüksekliği 8 cm, uzunluk ve genişlikleri ise 0,5 m'dir. Titreşim sinyallerini tümsekten 1 sn. önce ve ilk engelden 10 sn. sonra olacak şekilde ölçmüşlerdir. Sürüş konfor değerlendirmesinde sürücünün

duruşu, ağırlığı ve çalışması gibi durumların konfora etki eden diğer parametreler olduğundan bahsetmişlerdir. Çalışma hızları; 6,9 ve 19,8 km/sa'dır. Çalışmalarını sıkıştırılmış, çakıllı ve eğimli yollarda gerçekleştirmişlerdir. İvme ölçümleri için 3 eksenli ivmeölçer kullanmışlardır. İvmeölçer pedlerini sürücünün altına ve sırtına yerleştirmişlerdir. Çalışmalarında ayrıca loder sürücülerin V dönüşleri esnasında maruz kaldıkları titreşimin konfor değerlendirmesini yapmışlardır. Sonuç olarak; loderin yüksek hızda sürülmesinde ve titreşime maruz kalma süresinin 1 dakikayı aşması durumunda ortaya çıkan titreşim değerlerinin konfor üzerinde olumsuz etkileri olduğunu belirlemişlerdir. Her iki standardın sonuçlarına göre, tekerlekli loder sürücülerini için daha iyi bir sürüş konforu sağlamaya ihtiyaç olduğu sonucuna varmışlardır. Loder yükünün ve kendi süspansiyonunun titreşim üzerindeki etkisinin düşük olduğunu belirtmişlerdir. Sürüş sırasında ki titreşim değerlerinin farkına iki sürücünün biyodinamik tepkisinin neden olduğunu açıklamışlar. Her iki sürücüye göre de, z yönündeki titreşim yoğunluğu farkının x ve y yönündekilerinden daha büyük olduğunu vurgulamışlardır.

Park and Subramaniyam (2013) ISO 2631-1 ve BS 6841' e göre insanların tüm vücut titreşimini değerlendirme ve ölçüm yöntemlerini değerlendirmişlerdir. Ayrıca, sürüş değerlerini hesaplamada kullanılan "Griffin, M.J. Handbook of Human Vibration, Academic Press, London" kitabında bahsedilen formüllere değinmişlerdir. Titreşim ölçümlerinin ayakta 3 adet, koltuk yüzeyinde 3 adet ve koltuk sırtında 2 adet olmak üzere, toplam 8 eksenle ölçülmesi gerektiğinden bahsetmişlerdir. ISO 2631-1 standardı gereğince sürüş konforunun, frekans ağırlıklı ivme değeri kullanılarak değerlendirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Değerlendirmelerde kullanılan; frekans ağırlıkları, r.m.s ivme değerleri, VDV değerleri, maksimum geçici titreşim değerleri, koltuk etkili genlik iletebilirlik değeri, sürüş değerleri ve sürüş konforu değerlerinin nasıl hesaplandığından ve formüllerinden bahsetmişlerdir. Amaç, araçtan insana iletilen tüm vücut titreşiminin ISO 2631-1' de belirtilen VDV ve MTVV yöntemleri ile nasıl değerlendirildiğinin açıklanmasıdır. Bunların yanında, tamamlayıcı sürüş değeri ile titreşimin ölçüldüğü her eksenin nispi katkısını, toplam sürüş değeri ile en rahatsız edici koltuğun nasıl bulunabildiğini ve koltuk etkili genlik iletebilirliği ile de koltuğa gelen titreşimin ne kadar sönümlenebildiğinin hesaplanma yöntemlerine değinmişlerdir.

Kumar et al. (2013) iki tekerlekli bir motosiklette sürücü ve seledede oturan yolcunun üzerinde meydana gelen titreşiminden kaynaklanan konforsuzluğu, VDV yöntemine göre değerlendirmişlerdir. Bunun için iki adet hazır tip (75x7,5 cm ve 35x5,3 cm) hız kesici ve sağlıklı 6 erkek birey kullanmışlardır. Sürücülerin, ortalama sürüş tecrübesi 6,6 yıldır. Ölçümlerinde üç eksenli ivmeölçer kullanmışlardır. Koltuk yüzeyindeki x, y, z eksenlerini ölçmüşlerdir. Her sürüşün toplam süresi 2 dakikadır. Sonuçlarını, Borg CR-10 skalasına göre değerlendirmişlerdir. Sonuçta, araç hızı ve tümseğin yüksekliğinin artmasıyla arkadaki yolcunun VDV değerinin arttığını görmüşlerdir. Arka seledede oturan yolcunun öndekine göre daha fazla titreşime maruz kaldığını, bu yüzden daha fazla konforsuzluk hissettiğini tespit etmişlerdir. VDV değerini kabul edilebilir sınırlar içerisinde tutmak ve titreşimin sağlık üzerindeki etkisini en aza indirmek için, hazır tümseklerden 35x5,3 cm ölçülerine sahip hız kesicinin kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir. İki tekerlekli araçların koltuk ve süspansiyon sistemi tasarımını, hem sürücü hem de arkada insan faktörleri dikkate alınarak optimize edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Kordani et al. (2014) dinamik simülasyon modelleme yoluyla tasarlanan bir sedan diğeri yüklü kamyon olan iki aracın, 5 tanesi yükseltilmiş yaya geçidi, 3 tanesi parabolik ve 1 tanesi sinüzoidal tipte olan hız kesicilerden geçişleri sırasındaki dinamik tepkisini araştırmışlardır. Araçların hız tümsekleri üzerindeki dinamik tepkisini incelemek için düşey ivme, düşey kuvvet ve süspansiyon kuvvetini (yay kuvveti) dikkate almışlardır. 9 farklı hız kesici profili üzerinde toplam 90 simülasyon testi yapmışlardır. Çalışmalarında 20, 30, 40, 50 ve 60 km/sa hızlarda çalışmışlardır. Simülasyon programı olarak CarSim ve TruckSim yazılım programlarını kullanmışlardır. Sonuç olarak; yükseltilmiş yaya geçitlerinin düz kısmının uzunluğunun binek araçların dinamik tepkisi üzerinde önemli bir etkisi olmadığını, bunun yanında düz kısmın uzunluğunun parabolik tümseklerin dinamik tepkilerini değerlendirmede en önemli parametrelerden biri olduğunu tespit etmişlerdir. Yükseltilmiş yaya geçidine giriş rampasının uzunluğunun bu tip hız kesicilerin performansı üzerinde en büyük etkiye sahip ölçüt olduğunu belirtmişlerdir. Yükseltilmiş yaya geçitlerinden 1,8x3x0,1 m ölçülerle yapılmış olanın en kötü performansa, 2,5x3x0,1 m ölçülerle yapılmış olanın en iyi performansa sahip olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Parabolik tip hız tümseklerinden 3,65x0,1 m ölçülerine sahip tümsek çalışmalarda incelenen tüm hız

kesicileri arasında en kötü dinamik performansa sahipken, en iyi performansa ise yükseltilmiş yaya geçitlerinden 1.8x5.5x0.075 metre ölçülerine sahip hız kesicinin olduğunu belirtmişlerdir. Sinüzoidal tip tümseğin dinamik tepki açısından tercih edilen tümsek gibi görüldüğünü, ancak bu tip tümseklerin yükseltilmiş yaya geçitlerine göre araçlarda daha fazla düşey ivmeye neden olduklarını belirtmişlerdir.

Nassiri et al. (2014) İran’da el çapa makinesini bir yıldan fazla kullanan 40 tarım işçisinin maruz kaldıkları titreşimin etkilerini incelemişlerdir. Çapa makinesinin 1., 2. ve geri viteste çalıştırıldığında, kişinin el ve kollarında meydana gelen titreşimi x, y ve z yönlerinde ölçmüşlerdir. Makinenin yarattığı titreşiminin ölçümlerini, boşta çalışırken, boşta sürüş anında ve çalışma anındaki ölçümler olmak üzere 3 bölümde yapmışlardır. Değerlendirmelerinde VDV yöntemini kullanmışlardır. Sonuç olarak, x yönündeki (avuç içi-zemin yönü) titreşim değerleri, diğer yönlerden fazla çıkmıştır. Zirve faktörü 6’dan az çıkmıştır. En yüksek titreşim değeri çapa makinesinin 2.viteste çalıştığı anda olmuştur. Bu verilerin ışığında makineyle birkaç saniyeden fazla çalışmanın sağlık ve konforu olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir. Titreşimin kaynağı olan motordaki devir sayısının artmasıyla rahatsızlığın arttığını açıklamışlardır.

Zhao and Schindler (2014) ISO 2631-1 ve ISO 2631-5’e göre kompakt tekerlekli loder operatörlerinin çalışma esnasında yaşadığı tüm vücut titreşimlerini sağlık açısından değerlendirmişlerdir. ISO 2631-1 standardında VDV yönetimine, ISO 2631-5 standardında ise S_e (Statik Basınç Gerilmesi) metoduna göre değerlendirme yapmışlardır. Daha sonra her iki standartta bulduğu sonuçları karşılaştırmışlardır. Üç eksenli bir ivmeölçeri, koltuk yüzeyi ve sürücü arasına yerleştirerek deneylerini gerçekleştirmişlerdir. 10 farklı yol yüzeyinde ve farklı mesafelerden oluşan 7 senaryo üreterek deneylerini yapmışlardır. ISO 2631-1’ e göre VDV yöntemiyle 3 yönde r.m.s ivmeleri hesaplanmıştır. ISO 2631-1’de ki VDV değerlerine göre yapılan değerlendirmede toplam titreşimin, günlük titreşime maruz kalma süresi olan 8 saati geçmediğini tespit etmişlerdir. Yavaş sürüş hızlarında ISO 2631-1’de elde edilen toplam titreşime maruz kalma süresinin, ISO 2631-5’e göre daha kısa olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Hızlı sürüş hızlarında ise ISO 2631-1’in, ISO 2631-5’ e göre günlük titreşime maruz kalma süresinin daha uzun olduğunu belirlemişlerdir. ISO 2631-5’deki S_e yöntemi, ISO 2631-1’deki VDV yönteminden daha hassas olduğu sonucuna

varmışlardır. Bunun nedeni olarak ise, kompakt tekerlekli loderin yüksek hızda sürüldüğünde toplam vücut titreşim değerinin birden fazla yüksek genlikli şok içermesi olarak açıklamışlardır.

Song et al. (2014) “Yol Tümsekleri İçin En İyi Hız Sınırı Aralığı” başlıklı çalışmalarında; CarSim'de aracın hız platformundan geçme sürelerini simüle ederek, farklı yükseklik ve genişlikteki hız platformlarının üzerinden geçen farklı hızlardaki araçların düşey ivme değerinin, tekerlek yükü ve tekerlek zemine yapışma indeksine etkisini hesaplayıp, analiz etmişlerdir. Bu analizle, hız platformunun hız azaltıcı performansı ve sürüş güvenliğine etkisini değerlendirmeyi hedeflemişlerdir. Çalışmada kullandıkları hız platformlarını ve panelvan aracı CarSim programında tasarlamışlardır. Farklı boyutlarda beş adet hız platformu tasarlamışlardır. Tasarladıkları hız platformunun ölçüleri 40x350, 50x350, 60x350, 50x550 ve 50x750 (ölçü birimleri mm)'dir. Aracın hız tümseklerinden geçerken, tekerleklerin büyük bir dinamik yüke sahip olacağını ve tekerlek zemini yapışma indeksinin düşeceğini belirtmişlerdir. Bu durumun sürüş güvenliğini olumsuz etkileyeceğini vurgulamışlar, bunu önlemek için ise; hız platformların tasarımında tekerlek yükünü en aza indirmeyi ve tekerlek zemini yapışma indeksinin yüksek bir değeri korumasını sağlamaya çalışmanın hedeflenmesini önermişlerdir. Koltuk düşey ivmesi, tekerlek yükü ve tekerlek zemini yapışma indeksinin karşılaştırmalı analizlerinin sonucuna göre, hız platformu için en uygun hızın 10-15 km/sa olduğunu tespit etmişlerdir. Bu hız aralığında, hız platformunun daha yüksek hız azaltıcı performansa sahip olduğunu ve aynı zamanda aracın sürüş güvenliğini artırdığını açıklamışlardır.

Ullah et al. (2016) hız tümseklerinin etkilerinin analizi için 1985 ile 2015 yılları arasında gerçekleştirilen bazı çalışmalardan bahsetmişlerdir. Hız tümseklerinden geçiş anında ortaya çıkan titreşimler nedeniyle meydana gelen sorunların araç kontrolü, konforsuzluk ve gürültü olduğunu belirtmişlerdir. Hız kesicilerin optimum tasarımının nasıl olduğu hakkında açıklama yapmışlar, hız tümseğinin yapılmasından sorumlu devlet kurumlarının en iyi tasarımı yapmaları gerektiğini vurgulamışlardır. Hız tümseklerinin acil durum araçları için konforsuzluk, hasar, ulaşım ve gecikme gibi potansiyel zorlukları olduğundan bahsetmişlerdir. Vibration Dose Value (VDV) and Seat Effective Amplitude Transmissibility (SEAT) değerlerinin neler olduklarını

açıklamışlardır. Hız kesicilerin çeşitlerine ve etkilerine değinmişlerdir. Çalışmalarda, hız tümseklerinin etkilerinin incelenirken sadece tek bir etki alanıyla ilgili araştırma yapıldığını, tüm etkileri açıklayan bir çalışma yapılmadığını açıklamışlardır. Çalışmaları sonucunda, motorlu araç sayısı fazla olan ülkelerde daha fazla ortopedik hasta olduğu sonucuna varmışlardır. 2015 yılında yapılan bir çalışmada hız tümseklerinin yapımından sonra kaza oranlarında azalma olduklarını açıklamışlardır. Pakistan gibi gelişmekte olan ülkelerde hız tümseklerinin tasarımı ve yapımıyla ilgili bir çalışmaya ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir. Bu sayede hız tümseklerinin araç ve sürücülere hasar verici değil, hayat kurtarıcı olacağını vurgulamışlardır.

Jasiūnienė et al. (2017) Litvanya’ da 1-9 yıldır kullanılan, 58 adet hız masasının sürücüler üzerindeki etkilerini ve konforsuzluk seviyelerini incelemişlerdir. Arabanın ön camına takılan cep telefonunda bulunan VibSensor uygulamasını kullanarak sadece sürücü ile titreşim ölçümleri yapmışlardır. Titreşim ölçümlerini değerlendirmede 3 yöntem kullanmışlardır. Bu yöntemler; düşey ivme değerleri (Harris’ shock and vibration handbook. New York: McGraw Hill Professional), ISO 2631-1 r.m.s (root-mean-square) ve VDV (Titreşim dozu değeri) yöntemleridir. VibSensor programından ivme-zaman ve güç spektral yoğunluğu grafiklerini elde etmişlerdir. Tümsek ölçümlerini dijital bir su terazisi ile yapmışlardır. Çalışma hızları 30 km/s ve 50 km/s’dir. Harris’ shock and vibration handbook. New York: McGraw Hill Professional kitabına göre hız masalarının % 5’i konforlu, %95’i konforsuz ve aşırı konforsuzdur. ISO 2631-1’ e göre yaptıkları değerlendirmede; hız masalarının %88 çok rahatsız edici, %12’ si rahatsız edici çıkmıştır. VDV yöntemine göre değerlendirmelerinde ise; hız masalarının %10’unun günlük maruz kalınan titreşim doz değerini aştığını belirlemişlerdir. Profil ölçümlerin hassas olmayışından dolayı hız masalarının giriş eğimlerinin titreşimin düşey ivmeleri arasında ki ilişkiyi tam tespit edememişlerdir. Hız masası girişindeki eğimin yolcular üzerindeki etkisinin ölçülmesi için daha hassas test cihazlarının kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Ilgaz and Saltan (2017) “Kasislerin Sürücü Hızları Üzerindeki Etkisinin Mobil Hız Kameraları ile Tespiti ve Bir Anket Uygulaması” başlıklı çalışmalarında, Akdeniz Üniversitesi içinde bulunan bir hız kesici tümseğin varlığında ve yokluğunda sürücü hızları üzerindeki etkileri ölçmek için mobil ortalama hız sistemi tespiti yardımıyla

kasislerin sürücüler üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalıştıkları güzergâhta hız sınırı üst limiti 50 km/sa'dır. Ayrıca sürücülere kampüs içerisindeki kasislerin sayısı hakkında bir anket uygulanmıştır. Bu çalışmada, kampüs yol ağı kullanımının tüm ulaşım türleri (yaya, bisiklet, toplu taşıma, otomobil) arasındaki dağılımında dengeli bir yaklaşımın geliştirilmesi ve kaza oranlarının düşmesi için sürücülerin yasal hız limitlerine uyması gerektiği vurgulanmaktadır. Hız tümseği yokken ortalama hız 52,99 km/sa ve hız tümseği varken ise 49,31 km/sa olarak ölçülmüştür. Çalışmalarının sonucuna göre; tümsekler ortalama hızı düşürmede olumlu katkı sağlamıştır. Hız tümsekleri yokken hız sınırını ihlal eden sürücülerin maksimum hızları 49,31 km/sa'den 57,83 km/sa' ye, 52,99 km/sa'den 62,54 km/s'e yükselmiştir. Yapılan ankete göre sürücülerin % 50'si tümseklerin sayısının çok olduğunu, %45'inin yeterli olduğunu, % 4,4'ün ise yetersiz olduğunu belirtmişlerdir. Eğer hızı azaltmak için hız tümseklerinin yerine alternatif başka araçlar kullanılırsa sürücü memnuniyetine katkı sağlayacağını düşünmektedirler. Anketlerinin diğer sonuçlarına göre ise hız sınırlarının yüksek olduğunu söyleyen (% 62) ve sollama isteğindeki sürücüler (% 64,8) hız tümsek sayısının fazla olduğunu belirtmiştir.

Kırbaş ve Karaşahin (2018) hız kesici tümsek ve platformlardan geçiş yapan sürücülerin maruz kaldığı tüm vücut titreşimini ISO 2631-1 ve ISO 2631-5 standartlarına göre değerlendirmişler ve insan sağlığı açısından oluşan riskleri karşılaştırmışlardır. Bunun için standartlarda belirtilen VDV (titreşim dozu metodu) ve S_e (statik basınç gerilmesi) metotlarını kullanmışlardır. Çalışmalarında; sedan, hatchback ve station vagon tip araç kullanmışlardır. Her bir araç tipi için ayrı ayrı 20, 30, 40, 50 km/s araç hızlarında çalışmışlardır. Çalışmalarında; 5 cm ve 10 cm yüksekliklerinde, iki adet hız kesici tümsek ve iki adet hız kesici platform kullanılmışlardır. Eşit yüksekliğe sahip tümsek ve platformun, farklı araç tipi ve hızına göre karşılaştırmasını yapmışlardır. Sonuçta, hem tümsek hem de platform için yükseklik arttıkça konforsuzluk arttığına, sürüş hızı arttıkça düşey ivmenin arttığına, üç farklı araç tipi için aracın şasi uzunluğu arttıkça konforsuzluğun arttığına ve hız kesici platformların insan sağlığı açısından tümseklerden daha kullanışlı olduğu sonuçlarına varmışlardır.

Ertuğrul Bilgin (2018) hız tümseklerinin optimum boyutlarını hesaplamış, yaptığı arazi testleri ile hem sürücü hem yolcuların konforsuzluk kriterlerini ISO 2631-

1'e göre değerlendirmiş, CarSim, Matlab-Simulink ve Ls-Dyna yazılımlarını kullanarak arazi deneylerinde kullandığı gerçek araca yakın özelliklere sahip bir araç ve 3 tip hız kesici tümsek tasarlayıp simülasyon deneyleri gerçekleştirmiş, bunlarla birlikte simülasyon deneylerinden elde edilen parabolik profilli hız kesici platformlar ve tümseklerden edilen sonuçları, matematik modelden elde ettiği sonuçlarla karşılaştırmıştır. Sadece parabolik hız kesici tümsek dikkate alınarak, Wolfram Mathematica 11.0 yazılımına taşıt özelliklerini girmiş ve buradan r.m.s değerlerine ulaşmıştır. Çalışmalarında sadece düşey ivmeyi dikkate almıştır. Sonuçta, düşey ivmeden dolayı bir aracın sürüş güvenliğini tehlikeye sokmadan, en yüksek hız azalmasını sağlayacak optimum hız kesici tümsek tasarımının boyutu 30,0 cm uzunluk ve 16,8 cm yükseklik olarak belirlemiş, arazi çalışmalarının sonucunda 25 km/sa ve üzerindeki hızlarda geçiş yapmanın gerek sürücü ve yolcuların sürüş konforu ve emniyeti üzerinde gerekse taşıtlar açısından ciddi sorunlar oluşturduğunu tespit etmiştir. Kampüste en uygun hız aralığının 20-25 km/sa hız aralığı olduğuna ulaşmıştır. Konfor değerlendirmesinde en önemli parametrenin taşıt hızı olduğuna işaret etmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, hız kesici platform ve tümsek uzunluğundaki artışın da, sürüş konforu üzerinde olumlu etkisi olduğunu belirtmiştir. Trapez tipli profile sahip hız kesici platformlarda (hız masaları) ise, giriş ve çıkış rampa eğimlerinin sürüş konforu üzerinde çok etkili olduğu ve rampa eğimi dikleştikçe sürüş konforunun azaldığını tespit etmiştir. Simülasyon sonuçlarına göre dairesel tip hız kesicinin r.m.s değerlerinin parabolik tip hız kesicinin r.m.s değerlerinden daha fazla olduğunu bulmuştur. Simülasyon sonuçlarına göre parabolik ve dairesel tipli hız kesici tümsek profillerinde yükseklik arttıkça sürüş konforunun azaldığı, dolayısıyla maksimum düşey ivme değerlerinin de arttığı açık bir şekilde anlaşılmaktadır. Simülasyon modelleme sonucu elde edilen ivmeler, matematik modelleme ile elde edilen ivmelere yakın değerler olduğu ve birbirini desteklediği sonucuna ulaşmıştır.

Rao et al. (2018) yaşları 4 ile 10 arasında değişen 12 çocuk üzerinde yaptıkları çalışmada midibüste meydana gelen tüm vücut titreşim miktarının kabul edilebilir sınırlarda olup olmadığını ISO 2631-1 standardı sağlık kriterlerine göre değerlendirmişlerdir. Değerlendirmelerde titreşim doz yöntemi (VDV metodu) kullanmışlardır. Çalışmalarını 20 km/sa ve 40 km/sa hızlarında yapmışlardır. Ölçümlerde üç eksenli ivmeölçer ve 6 adet ivmeölçer koltuk pedi kullanmışlardır.

Çalışmada kullandıkları çocukların kiloları 16-30 kg arasında, boyları ise 102-130 cm aralığındadır. Daha küçük yaştaki çocuklar, büyük yaştaki çocuklara göre daha çok titreşime maruz kalmışlardır. Bunun sebebi titreşimi sönümleyen kas miktarının daha az olması olarak açıklamışlardır. Otoyoldaki titreşim miktarının, pürüzlü yollara göre daha düşük olduğu sonucuna ulaşmışlardır. 4 ve 6 yaş sınırındaki çocuklar için yapılan değerlendirmede sonuçlar, standart için kabul edilebilir sağlık kriterinin üzerinde çıkmıştır. Bunu iyileştirmek için yeni koltuk ve araç süspansiyon tasarımı yapılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Kırbaş and Karaşahin (2018) asfalt durum indeksinin sürüş konforuna etkisini araştırmak ve şehir içi asfalt kaplamalar üzerinde binek otomobiller için eşik konfor sınırlarını belirlemeye çalışmışlardır. Asfalt durum indeksini (PCI), PAVER sistemi kullanılarak farklı yüzey sorunlarına maruz kalan kaplama bölümleri için belirlemişlerdir. Araç içindeki ve yolcu koltuğu üzerindeki titreşim etkilerini ölçmek için aynı asfalt bölümlerinde 20, 30, 40 ve 50 km/sa'lik sürüş hızları kullanılmıştır. Bu ölçümleri daha sonra frekans ağırlıklandırılmış düşey ivme değerlerini belirlemek için ISO 2631-1 standardı kullanılarak değerlendirmişlerdir. Lojistik regresyon tekniğini kullanarak, PCI değerlerine dayalı sürüş konfor seviyelerini tahmin etmek için bir tahmin modeli geliştirmişlerdir. Bu matematiksel modelin yardımıyla, 0–100 PCI aralığında her sürüş hızı için konfor eşik değerleri belirlemişlerdir. Çalışmalarının sonunda; artan sürüş hızlarının daha yüksek PCI konfor eşik değerleriyle ilişkili olduğunu belirlemişlerdir. Bu sınırların, asfaltların yönetiminden (bakım ve onarım dâhil) sorumlu kurumlar için önemli ve faydalı araçlar olarak hizmet edeceğini ve ayrıca bu kurumların sorumluluğu altındaki yol ağlarında sürüşle ilgili memnuniyet düzeyinin belirlenmesine yardımcı olacağını düşünmektedirler.

Mohammad Mahdi Hossainy (2019) Uludağ Üniversitesinde bulunan hız tümseklerinin TS 6283 standardına uygunluğunu, tümseklerin hız azaltmada etkilerini ve meydana gelen ivmelerin sürücü/yolcu üzerindeki konforsuzluk değerlendirmesini araştırmıştır. Çalışmasının birinci kısmında Ertuğrul Bilgin'in arazi testinde elde ettiği sonuçlarla kendisinin Adams Car simülasyon programında oluşturduğu tümseklerin değişik hızlarda karşılaştırmasını yapıp konfor açısından değerlendirmiştir. Sürücü ve yolculara anket uygulayarak öznel bir değerlendirme yapmış, çalışmasının son kısımda

ise elde ettiği nesnel ve öznel verileri sıralı logit regrasyon istatistiksel metodu ile değerlendirmiştir. Sonuçta, tümseklerde şekil düzensizlikleri olduğu ancak TS 6283 standardında belirtilen kriterler içerisinde kaldığını tespit etmiştir. Simülasyon modelleme sonucu elde edilen verilerin arazi testlerindeki sonuçlara yakın değerler olduğu sonucuna ulaşmıştır. Ankete göre elde edilen sonuçlar ile simülasyon modelleme sonucu elde edilen veriler arasında yakın bir ilişki olmadığı sonucuna varmıştır. Anket değerlendirmesinde bireyler daha düşük hızlarda konforsuzluk hissetmişlerdir. Özellikle genç yaşlardaki sürücüler tümsek geçişlerini çok konforsuz olarak değerlendirme eğilimindedir. Öznel konfor değerlendirmesinde beklenildiği gibi hız çok belirleyici çıkmamıştır.

Jalil et al. (2019) ulaşım araçlarının gürültü ve tüm vücut titreşiminin, araçların konfor seviyelerini belirlemede en önemli iki parametre olduklarını belirtmişlerdir. Gürültüden ve titreşimden meydana gelen konforsuzluğu hem ayrı ayrı hem toplam değerlendirmişlerdir. A ve B aracı olarak isimlendirdikleri, iki araçla ve 40, 60, 90 ve 110 km/sa olan 4 farklı hızda çalışmışlardır. Titreşimin konfor değerlendirmesini ISO 2631-1 standardında belirtilen VDV yöntemine göre, gürültü değerlendirmesini ise A-ağırlıklı ses düzeyine göre yapmışlardır. Farklı hızlarda, araçların toplam rahatsızlık seviyesini belirlemek için RDI değerini kullanmışlardır. Sonuçlarında; her iki araçta da koltuk yüzeyi, koltuk arkılığı ve ayaklarda baskın eksen düşey eksen çıkmıştır. Araçtaki yolcunun gürültü ve titreşime maruz kalması, aracın çalışma hızı arttıkça artmaktadır. Toplam gürültü ve titreşim rahatsızlığı değerlendirmesinde, 90 ve 100 km/sa hızlarda B aracında A aracına kıyasla daha yüksek bir rahatsızlık tespit etmişlerdir. Hesapladıkları RDI değeri sayesinde, yüksek araç hızından B aracının, A aracına göre daha fazla etkilendiğini tespit etmişlerdir. RDI değerinin otomotivlerin gürültü ve titreşim konforsuzluklarının belirlenmesinde faydalı olması beklenmektedirler.

Gedik et al. (2019) değişken araç hızlarında, değişken ağırlıklarda ve parabolik hız tümseklerinden geçen araçların sürüş konforunu ve sürüş güvenliğini değerlendirmişlerdir. Çalışmaları arazi ve simülasyon testleri olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Arazi testlerinde parabolik olarak kabul ettikleri 7 adet hız tümseği, 2 ve 5 kişi olmak üzere iki farklı ağırlıkta ve 15, 20, 25, 30, 35 km/sa hızlarda çalışmışlardır. Çalışmada kullanılan bireylerin ortalama ağırlıkları 80 kg'dır. Çalışmalarında, sadece

düşey ivmeyi dikkate almışlardır. Önce ivme değerlerini hesaplamışlar, buradan r.m.s ivme değerlerine ulaşmışlardır. İki farklı ağırlık için, r.m.s ivmesi, düşey ivme ve araç hızı ilişkilerinin birbiriyle doğru orantılı olduğu sonucuna ulaşmışlardır. 25 km/s üzerindeki hızların hem yayalar hem sürücüler için tehlikeli olduğunu belirtmişlerdir. Simülasyon programında Ls-Dyna yazılım programı kullanmışlardır. 2 tip parabolik hız tümseği tasarlamışlardır. Simülasyon çalışmalarında; tekerlek ağırlıkları, otomobil boyutları ve sürücünün davranışı gibi küçük etkileri ihmal etmişlerdir. Maksimum düşey ivme, r.m.s ivmesi ve zirve faktörü değerlerini hesaplamışlardır. Simülasyon sonuçlarını, arazi testleri ile kıyaslamışlar ve yaklaşık olarak aynı sonuçları elde etmişlerdir. Sonuçlarına göre; her iki çalışmada da, araç hızı ve tümsek yüksekliği sürüş konforunu etkileyen en önemli parametrelerdir. Araç hızı arttıkça düşey ivme artmakta, buna paralel olarak da sürüş konforu düşmektedir. Tümsek yüksekliği arttıkça, r.m.s ivmesi artmakta, bununla beraber sürüş konforu düşmektedir. Ancak, tümseğin sadece yükseklik olarak değil, profil tipi ve uzunluk olarak ta değerlendirmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Taşıt ağırlığı arttıkça, düşey ivme azalmakta buna bağlı olarak ta sürüş konforu artmaktadır. Ayrıca, tümsek uzunluğunun en az araç dingil mesafesinden uzun olması şartıyla, az da olsa sürüş konforunu iyileştirdiği sonucuna ulaşmışlardır.

Moretti et al. (2019) motorlu taşıtların yayalar üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için kullanılan 24 yükseltilmiş yaya geçidinin uygunluğunu araştırmışlardır. Değerlendirmelerinde, araç sürücülerinin yükseltilmiş yaya geçidinden geçerken ki hızı ve tüm vücut titreşim ivmesini dikkate almışlardır. Saha verilerinin analizine ek olarak, yükseltilmiş yaya geçidi tasarlamak için geometrik kriterleri belirlemişlerdir. Çalışmalarında, iki tasarım yaklaşımı benimsemişlerdir. Birincisinde, kaldırımlarla aynı seviyede olan yükseltilmiş yaya geçitlerini seçmişlerdir. Böyle durumdaki yükseltilmiş yaya geçitlerinin, yayalar için kullanışlı, ancak trafiği sakinleştirmede yetersiz olduklarını tespit etmişlerdir. İyi bir yükseltilmiş yaya geçidinin tasarımının, geometrik ve konfor kriterlerini karşılaması gerektiğinden bahsetmişlerdir. Anketlerden elde ettikleri sonuçlara göre, yükseltilmiş yaya geçitlerinin, % 10'undan daha azının sürüş konforunu sağlamadığını vurgulamışlardır. İkinci tasarım yaklaşımlarına göre, belirledikleri yükseltilmiş yaya geçidi hem yayalara hem de trafiği sakinleştirmeye olumlu katkılar sağlamıştır. İkinci tasarımın geometrisi keskin kenarlı trapez şeklindedir. Sürücülerin üzerindeki düşey ivmelerin analizini yaparak, ankete katılan

yükseltilmiş yaya geçitlerinden % 90'ından fazlasının geometrik ve konfor kriterlerini sağladığını açıklamışlardır. Ancak, otobüs ve acil durum araçlarının geçtiği şehir içi yollarda yükseltilmiş yaya geçitlerinin kullanım açısından uygun olmadığını belirtmişlerdir. Yayaların güvenlik seviyesini iyileştirmek için kentsel yaya geçitlerinin yönetimiyle ilgili stratejik önceliklerin belirlenmesi ve tanımlanmasının gerekliliğinden bahsetmişlerdir.

Araştırmacılar titreşim değerlendirmesi yaparken taşıt hızı, hız kesicinin yüksekliği, aracın şasi uzunluğu, yol pürüzlülüğü ve koltuk sırtı açısı gibi parametrelerin konforu etkileyen en önemli değerler olduğunu gözlemlemişlerdir. Bunun yanında hız kesicilerin trafiği sakinleştirmede ve hızı azaltmada başarılı olduğunu, yoğun yollarda araç geçiş sayısını azaltarak trafiğin sakin yollara dağılmasına yardımcı olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca hız kesiciler sayesinde trafik kazalarının azaldığını belirlemişlerdir.

Yukarıda belirtilen örnek çalışmaların çoğunda en baskın ivme değerinin koltuk yüzeyindeki düşey ivme değeri olduğu anlaşılmaktadır. Bu yüzden titreşimin konfor değerlendirmesinde çoğu çalışmada sadece koltuk yüzeyindeki düşey ivme değerleri kullanılmış ve sadece aracın bir noktasından titreşim ölçümü yapılmıştır. Bu çalışmada ise her insanın hissettiği titreşim etkisinin farklı olmasından dolayı her birey için ayrı ayrı titreşim ölçümü yapılarak konfor değerlendirmesi yapılmıştır. Bu yüzden her bireye ayrı ivmeölçerler takılmıştır. Titreşim değerlendirmesi için 3 eksenli ölçüm yapılmış ve koltuk sırtından iletin ivme değerleri de ISO 2631-1 standardında belirtilen katsayılar ile koltuk yüzeyinde yapılan titreşim hesaplamasına dâhil edilmiştir. Marjanen (2010)'a göre ise koltuk sırtı ve koltuk öteleme eksenleri, toplam titreşimin %90'ını oluşturmaktadır. Marjanen (2010) çalışmasında koltuk yüzeyinde en baskın ivmenin düşey ivme, koltuk sırtında ise ileri-geri yöndeki ivmenin olduğunu belirtmiştir. Ayaklardaki öteleme eksenleri ve koltuk yüzeyindeki dönme eksenlerinde meydana gelen titreşim değerlerinin konfor değerlendirmesi için önemsenmeyecek kadar küçük olduğunu belirtmiştir. Bu yüzden hesaplamalarda koltuk yüzeyindeki öteleme eksenlerinin kullanılmasının yeterli olacağı, koltuk sırtı yanal titreşimlerin ise ISO 2631-1 standardında belirtilen çarpım faktörüyle hesaplamaya dâhil edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

ISO 2631-1 standardında ise koltuk sırtı yanal ivmelerin katkısını koltuk yüzeyindeki titreşim değerlerine dâhil etmek için çarpım faktörü olan “1,4” değerinin kullanılması gerektiği belirtilmiştir. Bu açıklamaların ışığında çalışmada, titreşimin konfor üzerindeki etkisinin tam olarak değerlendirebilmek için koltuk yüzeyindeki öteleme ivme değerlerine, koltuk sırtı yatay eksenlerden katkı sağlayacak titreşim değerleri de katsayı olarak dâhil edilerek yapılmıştır. Koltuk sırtında oluşan yatay yönlü titreşim değerlerinin katkısı ISO 2631-1’de belirtilen çarpım faktörleri kullanılarak yapılmıştır.



3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Hız kesicilerin belirlenmesi

Arazi çalışmalarında kullanmak üzere ilk önce hız kesicilerin sınıfı ve tipleri belirlenmiştir. Bunun için Türkiye’de en çok kullanılan düşey yönlü trafik sakinleştiricilerden olan hız tümseği, hız platformu ve yükseltilmiş yaya geçidi seçilmiştir. Erzurum ilinin farklı noktalarında bulunan 2 adet yükseltilmiş yaya geçidi, 3 adet hazır tip kauçuk hız tümseği ve 5 adet hız platformunun konumları Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Hız kesicilerin farklı tipte belirlenmesi sayesinde yüzey şekillerindeki farklılıkların konfor değerlendirmesi üzerinde ki etkisi araştırılabilmektedir.



Şekil 3.1 Hız kesicilerin konumları.

Yükseltilmiş yaya geçitlerinin iki tanesi Atatürk Üniversitesi yerleşkesinde bulunmaktadır. Hazır tip kauçuk tümseklerin bir tanesi Erzurum Teknik Üniversitesi yerleşkesinde ve iki tanesi Atatürk Üniversitesi yerleşkesinde bulunmaktadır. Hız platformlarının ise bir tanesi Atatürk Üniversitesi yerleşkesinde, iki tanesi Dadaşkent semtinde ve iki tanesi de Şükrüpaşa semtinde bulunmaktadır (Şekil 3.2-3.11).



Şekil 3.2 Yükseltilmiş yaya geçidi-1 (A.Ü.Ziraat Fakültesi Kavşağı).



Şekil 3.3 Yükseltilmiş yaya geçidi-2 (A.Ü. Hastanesi).



Şekil 3.4 Hız tümsek-1 (A.Ü. İlahiyat Fakültesi).



Şekil 3.5 Hız tümsek-2 (AtaÇocuk Uyg. ve Arş. Mrk.).



Şekil 3.6 Hız tümsek-3 (ETÜ Kampüsü YURTKUR).



Şekil 3.7 Hız platformu-1 (A.Ü. Rektörlük).



Şekil 3.8 Hız platformu-2 (Dadaşkent Senti Bilal Habeşi Camii).



Şekil 3.9 Hız platformu-3 (Dadaşkent Senti Güvenlik Caddesi).



Şekil 3.10 Hız platformu-4 (Şükrüpaşa Senti 4.Şehzade Sokak).



Şekil 3.11 Hız platformu-5 (Şükrüpaşa Senti 4.Şehzade Sokak).

3.1.2 Yüzey profillerinin değerlendirilmesi için kullanılan araç ve standartlar

Seçilen hız kesicilerin profil ölçümleri dünyada gerçek zamanlı anlık konum bilgilerine ulaşmamızı sağlayan CORS cihazı ile yapılmıştır. CORS, sürekli gözlem yapan GPS istasyonu anlamına gelmektedir. CORS cihazı GPS (Küresel Konumlandırma Sistemi) ağı içerisinde tek alıcı ile gerçek zamanda hareketli GPS hizmeti veren bir sistemdir. Bu cihaz sayesinde ülke genelinde 24 saat, saniyeler zaman aralığında, santimetre doğruluğunda veriler alınabilmektedir.

Hız kesicilerinin yüzeyindeki şekil değişiklikleri, hız kesicilerin yapımı esnasındaki hatalardan ve asfalt, beton veya kauçuk kaplamada zamanla meydana gelen bozulmalardan kaynaklanmıştır. Ölçümlerin CORS cihazı ile yapılmış olması hız kesicilerin 3 boyutlu yüzey şekillerinin çıkarılmasına büyük katkı sağlamıştır (Şekil 3.12). Fiziksel ölçümler ise cetvel ve metre ile yapılmıştır.



Şekil 3.12 Arazide CORS cihazı ile ölçüm yapılması.

Hız kesicilerin 3 boyutlu gerçek profillerinin çıkarılması için yapılması gereken ölçümler esnasında CORS cihazıyla birlikte AutoCad ve NetCad programları kullanılmıştır. Fiziksel ölçümler sonucu elde edilen değerleri standartlarda verilen

kriterlerle karşılaştırmak için ise Excel programından yararlanılmıştır. Hız kesicilerin en kesit profillerinin standartlara uygunluklarının değerlendirilmesi için TSE K 16, ITE/FHWA Trafik Sakinleştiricilerin Geometrik Tasarım Standartları, MUTCD EL Kitabı ve KGM'nin Karayolları Trafik İşaretleme Standartları 1 dokümanlarından faydalanılmıştır.

3.1.3 Konfor değerlendirmesi için kullanılan araç ve standartlar

3.1.3.1 Arazi çalışmaları için hazırlık

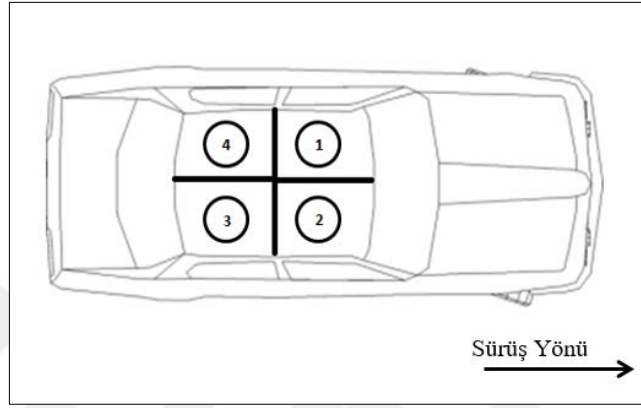
İlk olarak boş ağırlığı 1.198 kg olan Honda Civic 2013 model araç seçilmiştir. Deney çalışmasında cinsiyeti erkek olan dört kişi kullanılmıştır. Sürücü koltuğunda oturan 1 numaralı ivmeölçerin takıldığı kişi 98 kg, 2 numaralı ivmeölçerin takıldığı yolcu 82 kg, 3 numaralı ivmeölçerin takıldığı yolcu 81 kg ve 4 numaralı ivmeölçerin takıldığı yolcu ise 83 kg ağırlığındadır.

Titreşim ölçümleri yapılabilmesi için; 4 adet Sensebox 70x3 3 eksenli ivmeölçer, 1 adet Testbox veri kaydedici, Testlab network yazılımı, 1 adet dizüstü bilgisayar ve 2 adet 1 kW kesintisiz güç kaynağından yararlanılmıştır. Testlab network yazılımı ile titreşim sonucu oluşan ham ivme veriler kaydedilmiştir. İvme ölçümlerine başlamadan önce laboratuvar ortamında 1 adet Testbox veri kaydedici, 4 adet Sensebox 70x3 üç eksenli ivmeölçer ve 1 adet dizüstü bilgisayarın kalibre ayarları yapılmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13 Laboratuvar hazırlıkları.

İvme ölçümlerinde kullanılan veri kaydedici ve sisteme enerji sağlayan kesintisiz güç kaynakları arasında veri kaybı olmaması için ikisi birlikte aracın bagaj kısmına yerleştirilmiştir. İvmeölçerler 1’den 4’e kadar numaralandırılmıştır (Şekil 3.14). Numaralandırılmış ivmeölçerler araca yerleştirilmiştir. 2 numaralı ivmeölçerin takıldığı kişi aynı zamanda dizüstü bilgisayara aktarılan verilerin kaydını tutmuş ve tablolara işlemiştir. Diğer yolcular herhangi bir işle uğraşmamış doğal halleriyle seyahat etmişlerdir.



Şekil 3.14 İvmeölçerlerin konumları.

3.1.3.2 İvmeölçerlerin yerleştirildiği konum

ISO 2631-1 standardında koltukta oturan sürücü/yolcuların titreşimini ölçmek için kullanılan ivmeölçerlerin yerleştirileceği yerin titreşimin vücuda iletildiği son nokta ile vücut yüzeyi arasında olması gerektiği belirtilmiştir. ISO 2631-1 standardında bu yüzeylerin; titreşimin en fazla hissedildiği ayaklarda topuk kısmı, koltuk yüzeyinde üst bacak kısmı ve sırtta omuriliğin destek aldığı sırtın orta bölümü olduğu belirtilmiştir.

Araçtaki sürücü/yolculara iletilen ivmenin akış diyagramı; hız kesiciden araç tekerlerine, tekerlerden amortisörlere, amortisörlerden koltuk altına, koltuk altından koltuk yüzeyine ve koltuk yüzeyinden sürücü/yolculara şeklindedir. Her katmanda titreşimin belli bir miktarı yay sistemleri ve koltuğun üzerindeki esnek malzemeler tarafından sönmelenmektedir. Bu sebeplerden dolayı ivmeölçerler koltuk altı ve taşıt altı gibi yerlere değil, titreşimin sürücü/yolculara son iletildiği yer olan koltuk yüzeyiyle sürücü/yolcu arasında bir bölgeye yerleştirilmiştir. Çalışmada ayak ve sırt bölgesinde

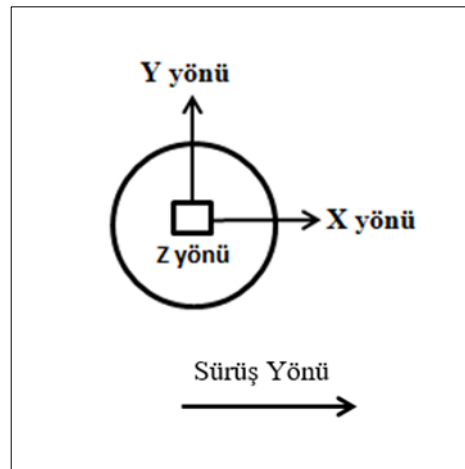
3. MATERYAL ve YÖNTEM

titreşim ölçümleri yapılmadığı için ivmeölçer sürücü/yolcuların iskiüm bölgesine (oturulduğu zaman vücut ağırlığını taşıyan kemik) yerleştirilmiştir (Şekil 3.15).



Şekil 3.15 İvmeölçerin yerleştirilmesi.

İvmeölçerlerin x yönü; sürücü/yolcuların ileri-geri ivmelerini, y yönü; yanal ivmelerini, z yönü; sürücü/yolcuların düşey ivmelerini ölçecek şekilde ayarlanmıştır. Bu nedenle ivmeölçerler kişilerin üzerine monte edilirken Şekil 3.16’de gösterildiği gibi konumlandırılmıştır.



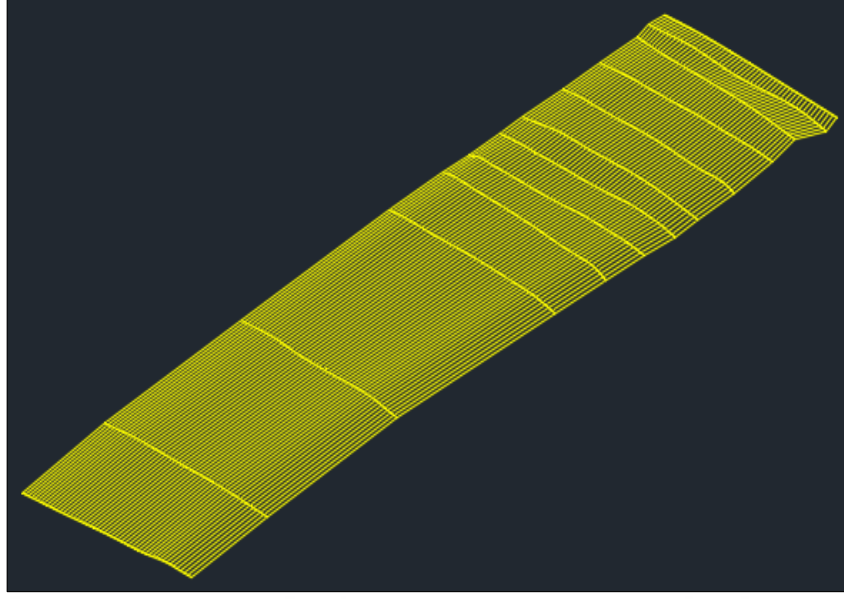
Şekil 3.16 İvmeölçerlerin eksenlerinin konumu.

Teste başlamak için kişilerle hız kesicilerin olduğu bölgeye gidilmiş ve cihazların doğruluğunu kontrol etmek için ilk önce iki adet pilot ölçüm yapılmıştır. Yapılan pilot ölçümlerde sistemin çalışabilirliği doğrulanmıştır. Deney çalışmalarında her hızda önce 4 yolcunun testi daha sonra iki yolculu testler yapılmıştır. 2 ve 4 yolcu için her hız kesicide 15, 20, 25, 30 ve 35 km/sa hızlarda ölçümler yapılmıştır. Elde edilen ham ivmelerin r.m.s. ivmesine ve frekansa dönüştürülmesi için SeismoSignal Öğrenci sürümü kullanılmıştır. Tüm vücut titreşiminin hesaplanabilmesi ve konforsuzluk sınırlarının belirlenmesi için ise ISO 2631-1 standardından faydalanılmıştır.

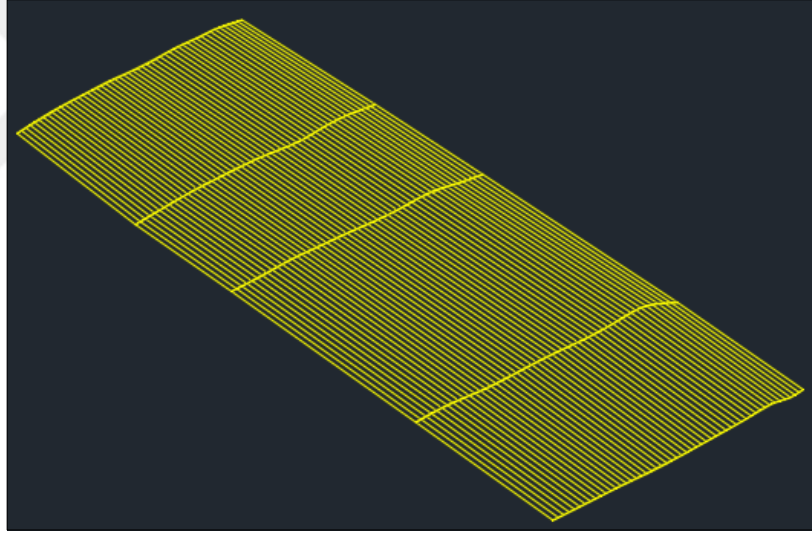
3.2 Yöntem

3.2.1 Hız kesicilerin üç boyutlu profillerinin çıkarılması

Hız kesicilerin CORS cihazı ile yapılan ölçümlerden elde edilen koordinatları NetCad programında düzenlenmiştir. NetCad programında düzenlenen sayısal veriler AutoCad programına aktarılmıştır. AutoCad programında tasarlanan hız kesicilerin 3 boyutlu çizimleri yapılmıştır (Şekil 3.17-3.26). Şekillerde de görüldüğü gibi hız kesicilerin gerçek yüzeyleri hazır tip hız tümsekleri hariç asimetrik bir geometriye sahiptir.



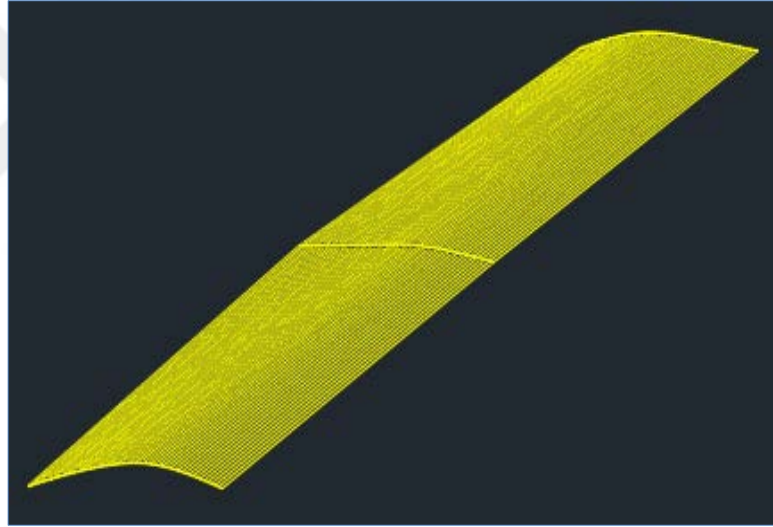
Şekil 3.17 Yükseltilmiş yaya geçidi-1 (3 Boyutlu Profili).



Şekil 3.18 Yükseltilmiş yaya geçidi-2 (3 Boyutlu Profili).



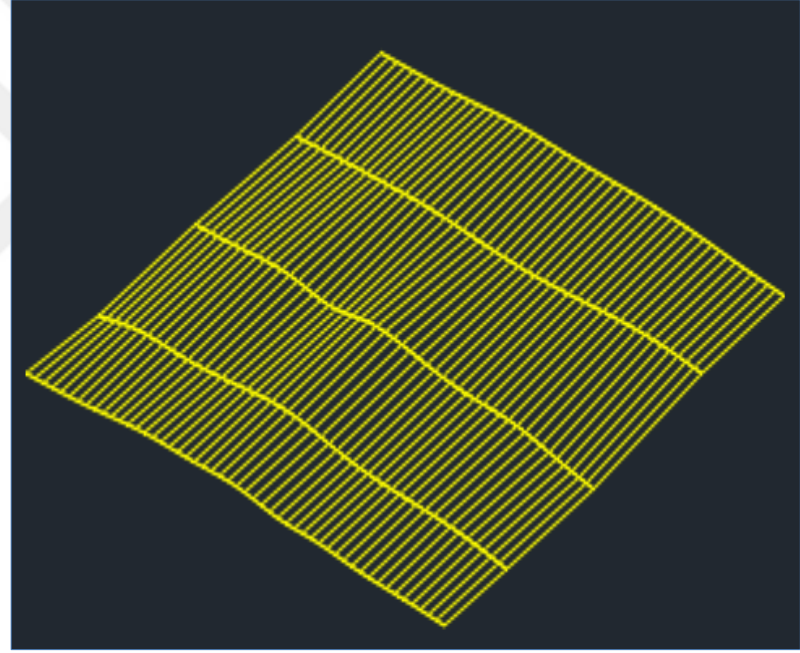
Şekil 3.19 Hazır tip kauçuk hız tümsek-1 (3 Boyutlu Profili).



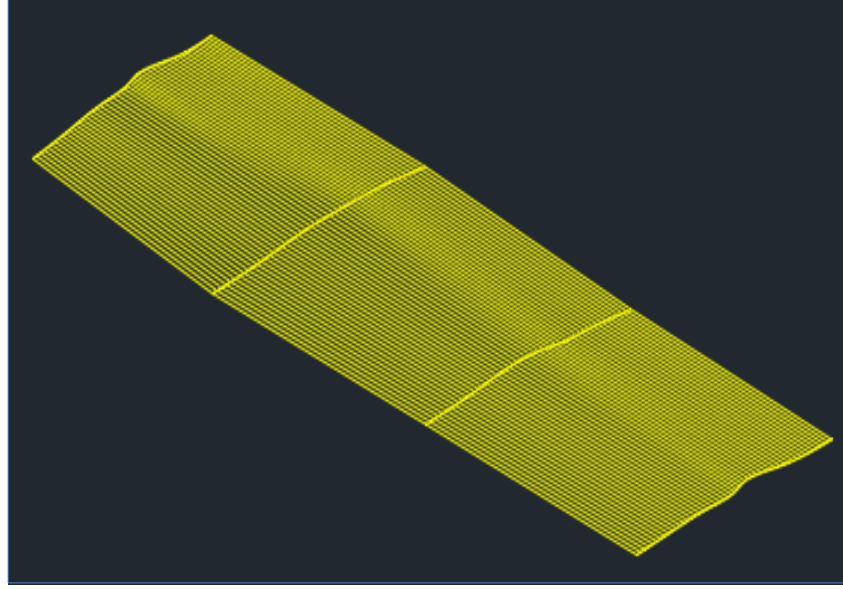
Şekil 3.20 Hazır tip kauçuk hız tümsek-2 (3 Boyutlu Profili).



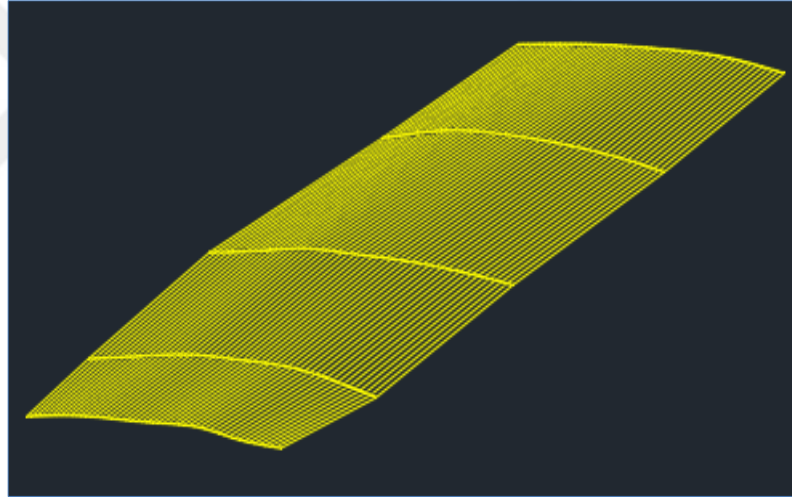
Şekil 3.21 Hazır tip kauçuk hız tümsek-3 (3 Boyutlu Profili).



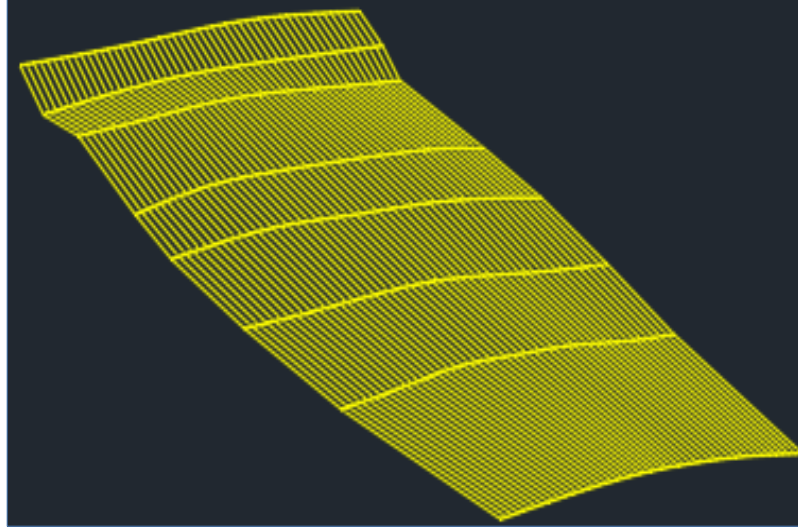
Şekil 3.22 Hız platformu-1 (3 Boyutlu Profili).



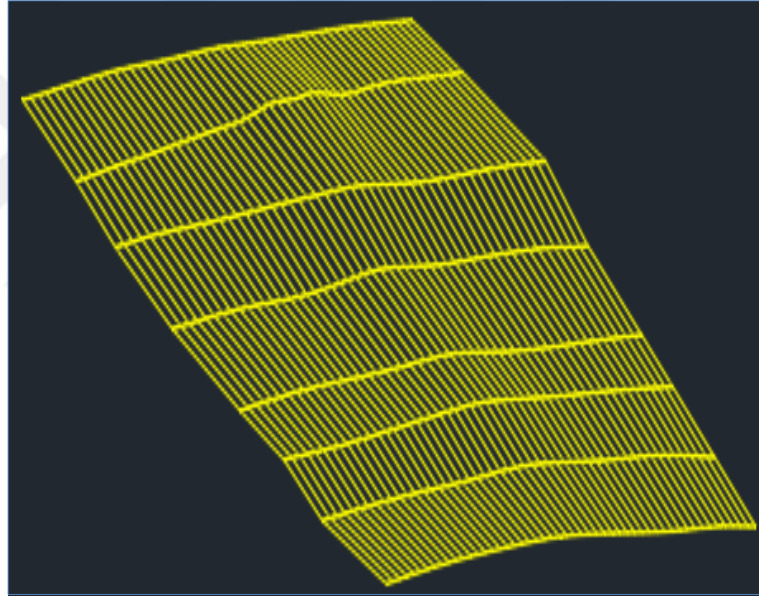
Şekil 3.23 Hız platformu-2 (3 Boyutlu Profili).



Şekil 3.24 Hız platformu-3 (3 Boyutlu Profili).



Şekil 3.25 Hız platformu-4 (3 Boyutlu Profili).



Şekil 3.26 Hız platformu-5 (3 Boyutlu Profili).

3.2.2 Hız kesicilerin standartlara uygunluklarını değerlendirme yöntemi

Çalışmada kullanılmak üzere 3 farklı tipte 10 adet hız kesici seçilmiştir. Yükseltilmiş yaya geçidi tipindeki hız kesicilerin geometrik tasarımının değerlendirilmesi Türkiye’de bununla ilgili bir tasarım standardı olmadığı için ITE/FHWA tasarım standardına göre yapılmıştır (Madde 1.6.3.1). Yükseltilmiş yaya geçitlerinin üzerinde yapılması gereken işaretlemeler için ise MUTCD el kitabı ve KGM Karayolları Trafik

İşaretleme Standartları 1 dokümanlarında belirtilen seçeneklere göre bir değerlendirme yapılmıştır (Madde 1.6.3.2).

Hazır tip hız kesicilerin geometrik tasarımı ve üzerinde yapılması gereken işaretlemelerin uygunluklarının değerlendirmesi Türkiye’de bulunan TSE K 16 standardına göre yapılmıştır. TSE K 16’ya göre kapama parçaları en az 30 cm eninde olmalıdır. Orta parçalar ise; en az $46,5\pm0,5$ eninde, en az 60 cm boyunda ve 5 cm yükseklikte olmalıdır (Madde 1.6.1.1-1.6.1.2).

Hız platformların yapısal uygunluğunun tespiti için Türkiye’de TS 6283 standardı ve ABD tarafından kabul edilen ITE/FHWA’nın tasarım standartları bulunmaktadır. Bu tasarım standartları büyük oranda benzer özellikte olduğu için ITE/FHWA tarafından belirlenen tasarım standardına göre hız platformların yapısal uygunlukları araştırılmıştır (Madde 1.6.2.3). Hız platformlarının üzerinde yapılması gereken işaretlemelerin uygunluklarının araştırılması için MUTCD el kitabında açıklanan işaretleme standartları referans alınmıştır (Madde 1.6.2.4).

3.2.3 Titreşimi değerlendirme yöntemi

3.2.3.1 Titreşim değerlendirmesinde kullanılan eksen ve çarpım faktörleri

Araç koltuklarının sırtlığındaki x ve y eksenlerinde meydana gelen titreşimler, konforu önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Koltuk sırtlığında ki yatay eksenlerdeki titreşim ölçülmezse, konforu tahmin etmek için koltuk yüzeyindeki x ve y eksenlerinin frekans ağırlıklı değerlerinin hesaplanmasında “1” yerine “1,4” çarpım faktörü kullanılmalıdır (ISO 2631-1).

Oturan bir kişinin üzerindeki titreşimin konfor açısından değerlendirmesi için koltuk yüzeyindeki 3 eksenin hesaplanması yeterli olmaktadır. Değerlendirme sonuçlarına göre en baskın eksenler koltuk yüzeyinde z eksen ve koltuk sırtlığında x eksenidir. Bu eksenler toplam titreşimin 4/5’ini oluşturmaktadır. Bu eksenlere ek olarak koltuk yüzeyi x ve y eksenleri titreşime en büyük katkı sağlayan eksenlerdir. Koltuk

yüzeyi dönme eksenleri ve ayak öteleme eksenleri titreşim değerlendirmesinde ihmal edilebilmektedir (Marjanen 2010).

ISO 2631-1 standardı ve Marjanen'in çalışması göstermektedir ki, titreşimden kaynaklanan konforun değerlendirmesi için sadece bir noktadaki bir eksenin değerlendirilmesi yeterli olmayacaktır. Bu sebepten titreşime önemli ölçüde katkı sağlayan koltuk yüzeyindeki x, y ve z eksenleri ve koltuk sırtlığından x ve y eksenlerinden iletilen ivmelerde ISO 2631-1 standardında belirttiği gibi koltuk yüzeyinde ki x ve y eksenlerinin değerlerine bir katsayı olarak yansıtılmıştır. Ayak öteleme eksenleri ve koltuk yüzeyindeki dönme eksenlerindeki titreşim değerleri çok küçük olduğundan ihmal edilmiştir. Titreşimin yolcuların üzerinde değil aracın bir noktasından ölçülmesi bize yolcuların değil aracın konfor değerlendirmesini verecektir. Ancak her yolcunun kendi vücudunda hissettiği titreşim etkisi ve buna bağlı olarak ivme büyüklükleri farklı olmaktadır. Bu sebepten dolayı her yolcu için ayrı ayrı konfor değerlendirmesi yapılması gerekmektedir.

3.2.3.2 Zirve faktörünün bulunması

Zirve faktörü, ISO 2631-1 standardında belirtilen temel değerlendirme yönteminin konfor değerlendirmesinde yeterli olup olmadığını belirlememize yardımcı olmaktadır. Zirve faktörü, ISO 2631-1'de; frekans ağırlıklandırılmış maksimum ivmenin, frekans ağırlıklandırılmış r.m.s ivmesine oranı olarak tanımlanmıştır. ISO 2631-1'e göre zirve faktörünün 9'dan küçük olması durumunda temel değerlendirme yönteminin yeterli olacağı açıklanmıştır. Yapılan arazi çalışmalarında, sürücü/yolcular için her bir yönün zirve faktörü 9'dan çok küçük çıkmıştır. Bu sonuçlara göre temel değerlendirme yöntemi kullanmamız yeterli olmuştur.

3.2.3.3 Frekans ağırlıklandırılmış r.m.s ivme değerinin bulunması

Sensebox cihazını kullanarak elde ettiğimiz ham ivmeler konfor değerlendirmesi için tek başına yeterli olmamaktadır. ISO 2631-1 standardında belirtilen konfor değerlendirmesinde kullanılacak olan tabloya ait değerler bir insanda ki o_{vTV} (toplam titreşim değeri) değerlerdir. Bu nedenden gerçek bir konfor değerlendirmesi için o_{vTV}

değerine (toplam titreşim değerine) ulaşmamız gerekmektedir. Bir sürücü/yolcunun o_{vTV} değeri (toplam titreşim değeri) sırasıyla aşağıda belirtilen işlemler uygulanarak hesaplanmıştır.

İlk olarak, sürücü/yolcunun, x, y ve z eksenlerindeki maksimum ham ivmeleri ayrı ayrı bulunmuştur. Maksimum ivmeler yatay eksenlerde W_d düşey eksenlerde W_k değerleri ile çarpılarak frekans ağırlıklandırılmış maksimum ivme bulunmuştur (Madde 1.7.4). Frekans ağırlıklandırılmış maksimum ivme, zirve faktörünün belirlenmesinde kullanılmıştır.

Daha sonra her bir yöndeki r.m.s ivmesi SeismoSignal programı kullanılarak bulunmuştur. Bulunan r.m.s ivme değerleri W_k ve W_d değerleri (Madde 1.7.4) ile çarpılarak frekans ağırlıklandırılmış r.m.s ivme değeri bulunmuştur (Denklem 1.6). Frekans ağırlıklandırma ile titreşimin hangi değerde istenmeyen etkilere neden olduğu yansıtılabilir. Ağırlıklandırma, tüm eksenler için gereklidir. Tüm vücut titreşimlerinin değerlendirilmesi için farklı frekans ağırlıklandırmalar kullanılmalıdır.

3.2.3.4 Titreşimin ISO 2631-1'e göre değerlendirmesi

Bir sürücü/yolcuda meydana gelen titreşimin değerlendirilmesi için o_{vTV} (toplam titreşim değeri) değerinin bulunması gerektiğinden bahsedilmişti, bunun için her yön için ayrı ayrı bulunan frekans ağırlıklandırılmış r.m.s ivme değerleri r.s.s (karelerin kök toplamı) yöntemi kullanılarak a_v değeri (nokta toplam titreşim değeri) bulunur (Denklem 1.7). ISO 2631-1, a_v değeri bulunurken, koltuk sırtlığından gelen ileri-geri ve yanal ivmelerinde etkisinin dâhil edilmesi gerektiğini belirttiğinden, denklem 1.7'deki k_x : 1,4, k_y : 1,4 ve k_z : 1 değerleri kullanılarak her konum için a_v değeri (noktasal toplam titreşim değeri) bulunmuştur.

Her sürücü/yolcunun koltuk yüzeyinden vücuduna yansıtılan nokta toplam titreşim değeri (a_v) bulunduktan sonra, o_{vTV} değeri (Denklem 1.8) bulunarak Çizelge 1.6'da ki tabloya göre değerlendirme yapılarak hız kesicilerin sürücü/yolcular üzerindeki konfor seviyeleri belirlenmiştir. Ancak, o_{vTV} değerinin bu çalışmada etkisi olmamıştır. Çünkü çalışmada sadece bir noktanın titreşimi değerlendirilmiş, ayaklardaki

3. MATERYAL ve YÖNTEM

öteleme eksenleri ve koltuk yüzeyindeki dönme eksenlerinin değerlerinin çok küçük olmasından dolayı hesaba katılmamıştır.



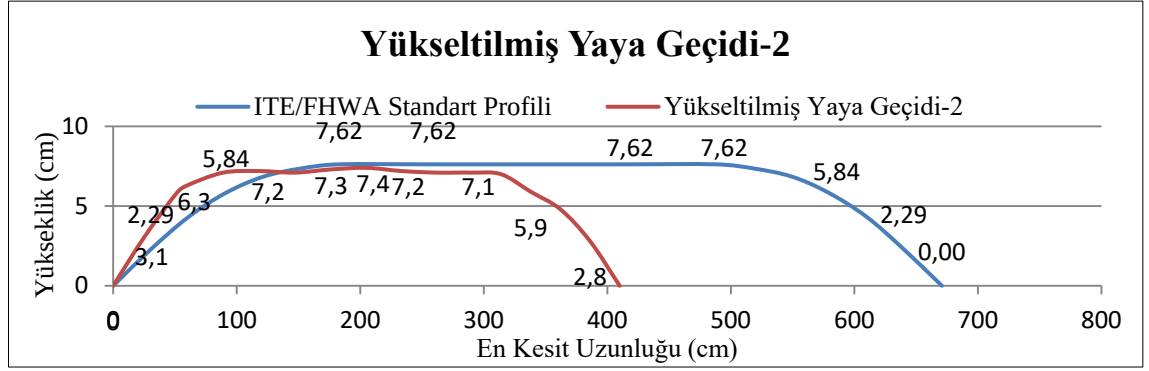
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1 Hız Kesicilerin Standartlara Uygunluklarının Değerlendirilmesi

Mevcut hız kesicilerin ISO 2631-1 standardında belirtilen kriterlerle uygunluklarını tespit edebilmek için ilk olarak; Excel programına kabul edilmiş tasarım standartları çizilmiştir. Aynı grafiklerin içerisine Şekil 4.1-4.10 arasındaki görsellerde gösterildiği gibi arazide yapılan ölçümler sonucu elde edilen sayısal değerler girilerek bir karşılaştırma yapılmış, böylece hız kesicilerin standartlara uygunlukları araştırılmıştır.

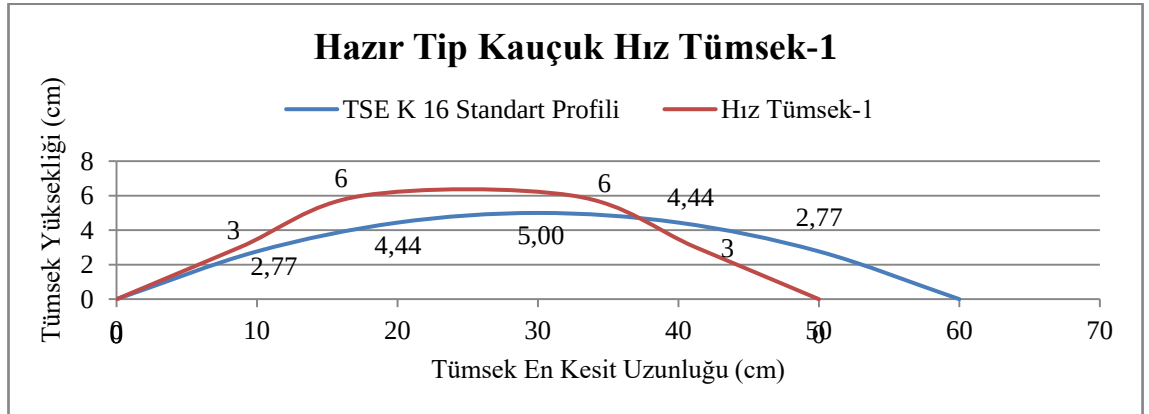
Yükseltilmiş yaya geçidi-1'in sahip olduğu en kesit profili ile ITE/FHWA standardı arasında yapılan karşılaştırmada ciddi farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Giriş ve iniş rampalarında istenen eğim olmadığı, genişliklerin ve yükseklikleri arasında farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Yükseltilmiş yaya geçidi-2'nin ise yüksekliğinin mevcut standardı yakaladığı fakat giriş ve çıkış eğimlerinin farklı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca genişliğinin standardın yaklaşık yarı değeri olduğu tespit edilmiştir. Üzerinde yapılması gereken işaretlemelerin ise standartlara uygun olarak yapılmadığı görülmüştür.

Şekil 4.1 Standart ve mevcut profilin karşılaştırılması (Yükseltilmiş yaya geçidi-1).

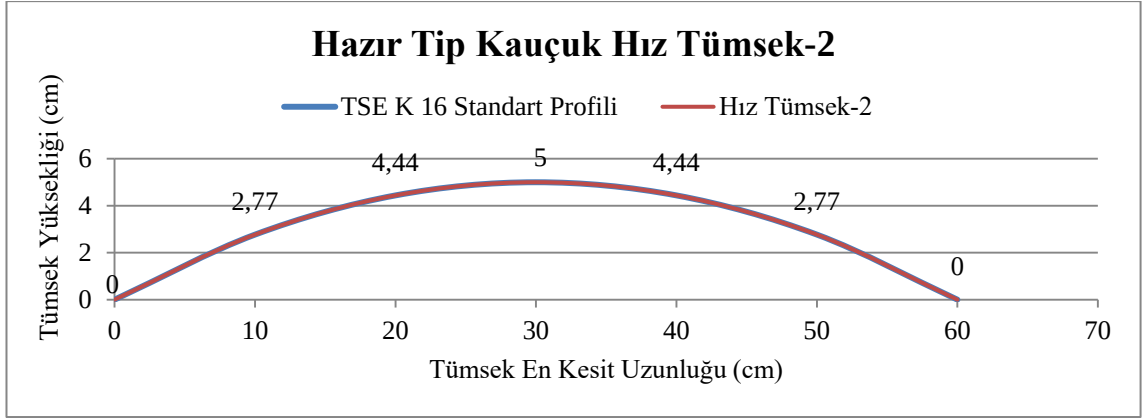


Şekil 4.2 Standart ve mevcut profilin karşılaştırılması (Yükseltilmiş yaya geçidi-2).

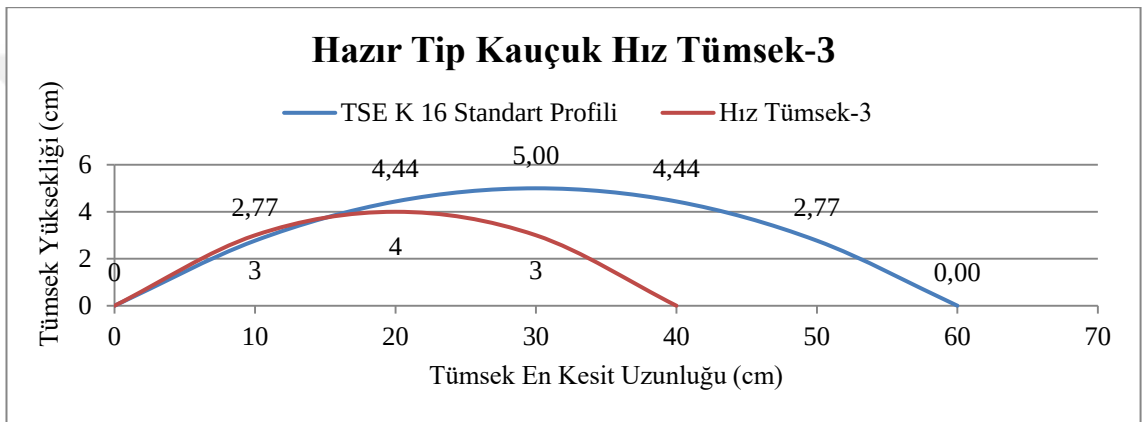
Hız tümseklerinin TSE K 16 standardına göre uygunlukları incelenmiş olup hız tümsek-1'in hem trapez kesitli geometrik yapısının hem ölçülerinin standarda belirtilen değerlere uymadığı tespit edilmiştir. Hız tümsek-3 ise geometrik olarak TSE K 16 standardında belirtilen değerleri genişlik hariç olmak üzere sağlamaktadır. Hız tümsek-2 ise hem geometrik yapısı hem üzerinde yapılması gereken işaretler açısından standardı tam olarak karşılamaktadır. Sonuç olarak hız tümsekleri arasında en kesit profili standartta belirtilen ölçüleri karşılayan tek tümseğin hız tümsek-2 olduğu görülmektedir. Üzerinde yapılması gereken işaretlemeler için sadece hız tümsek-2'nin standartları sağladığı belirlenmiştir.



Şekil 4.3 Standart ve mevcut profilin karşılaştırılması (Hız tümsek-1).

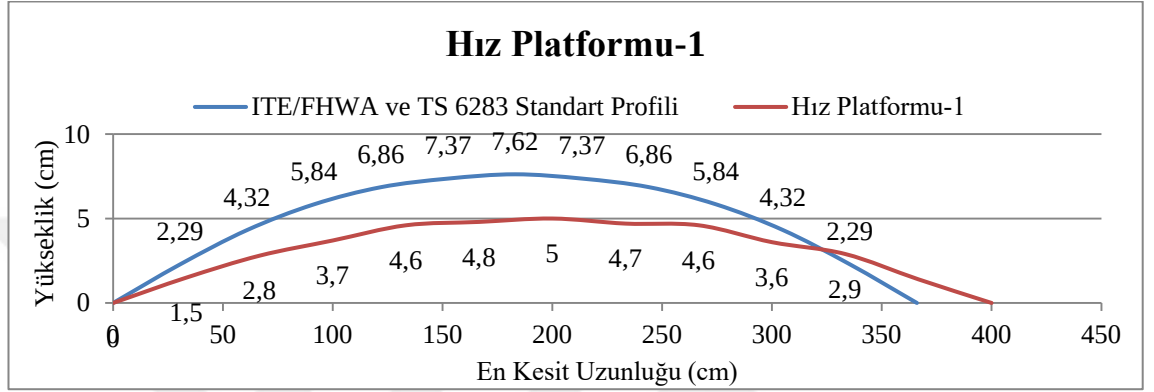


Şekil 4.4 Standart ve mevcut profilin karşılaştırılması (Hız tümsek-2).

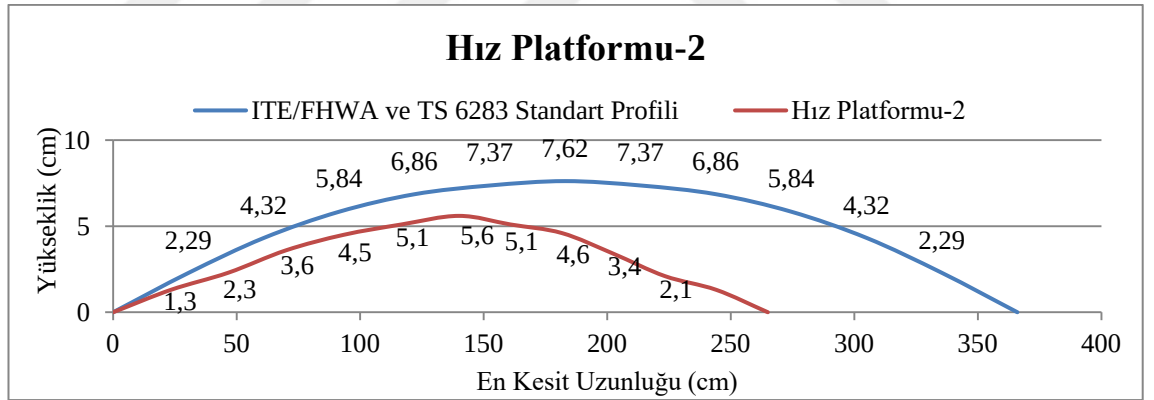


Şekil 4.5 Standart ve mevcut profilin karşılaştırılması (Hız tümsek-3).

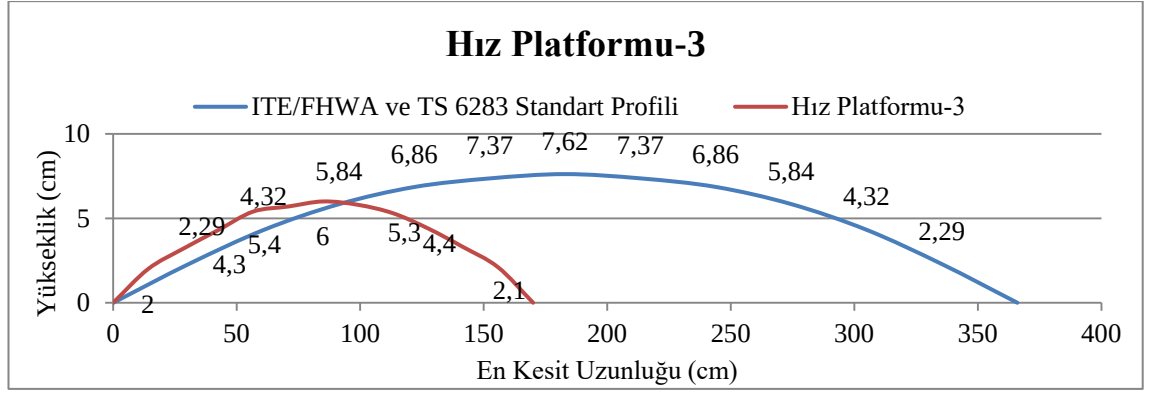
Hız platformlarının en kesit profillerinin değerlendirilmesi ITE/FHWA kriterlerine göre yapılmıştır. Araştırma sonucu hız platformlarının en kesit profillerinin kullanıma bağlı olarak zamanla değişikliğe uğradıkları değerlendirilmiştir. Hız platformlarının tamamı ne yükseklik olarak ne de genişlik olarak tasarım standardını karşılamamaktadır. Sürücüler tarafından farkedilmelerini kolaylaştırmak için üzerinde yapılması gereken işaretlemelerin ise standarda uyum sağlamadığı gözlemlenmiştir.



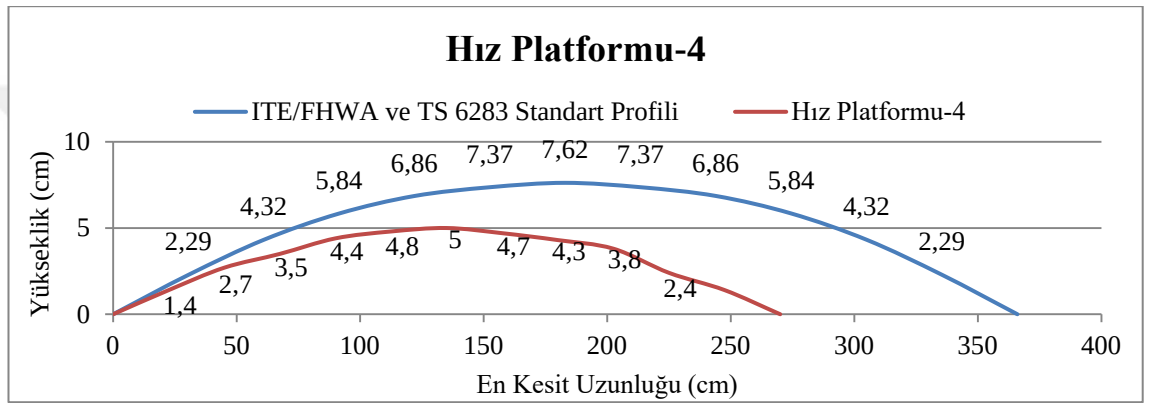
Şekil 4.6 Standart ve mevcut profilin karşılaştırılması (Hız platformu-1).



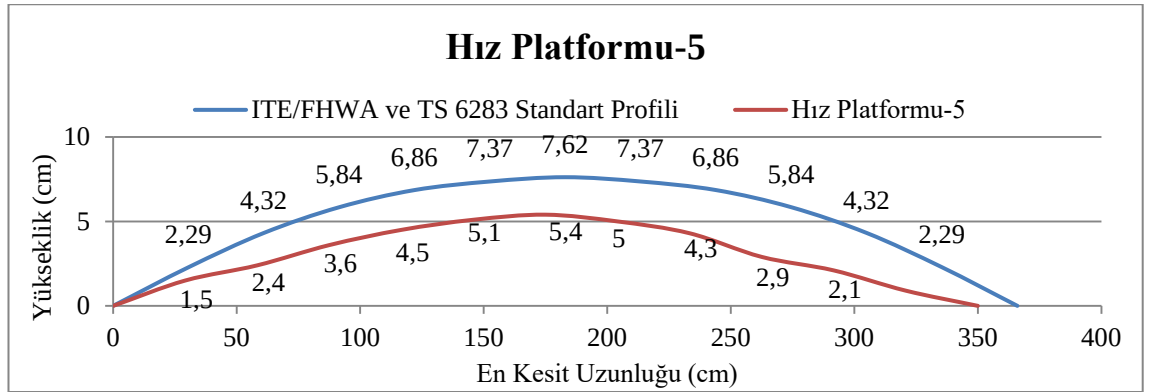
Şekil 4.7 Standart ve mevcut profilin karşılaştırılması (Hız platformu-2).



Şekil 4.8 Standart ve mevcut profilin karşılaştırılması (Hız platformu-3).



Şekil 4.9 Standart ve mevcut profilin karşılaştırılması (Hız platformu-4)



Şekil 4.10 Standart ve mevcut profilin karşılaştırılması (Hız platformu-5).

Hız kesicilerin tasarımlarının uzun çalışmalar ve değerlendirmeler sonucu belirlenen standartlara uyum sağlaması önem arz etmektedir. Çünkü standartta belirtilen ölçülerden daha düşük yüksekliğe sahip olarak tasarlanan hız kesiciler, sürücüler tarafından zamanla tespit edildiği için istenen hız azalımını sağlamayacaktır. Standartlardan daha yüksek ölçülere sahip hız kesiciler ise sürücü ve yolcular üzerinde

konforsuzluk yaratacağı gibi taşıt süspansiyonuna da ciddi zararlar verebilecektir. Yapılan analizler sonucunda incelediğimiz hız kesicilerden standartlarda belirtilen kriterleri sağlayan tek hız kesicinin Hız tümsek-2 olduğu görülmüştür.

4.2 Taşıt Hızı- o_{vTV} Değeri Arasındaki İlişkinin Değerlendirmesi

Konfor değerlendirmesinde kullanılmak üzere ISO 2631-1’de belirtildiği gibi her hız kesici için farklı yolcu ve hızlarda o_{vTV} değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan o_{vTV} değerlerine ait veriler Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.5 arasında gösterilmiştir. Her hız kesicinin, yolcunun ve hızın kendi arasında değerlendirmesi yapılmak şartıyla Çizelge 4.1-4.5’deki değerler analiz edildiğinde taşıt hızı arttıkça o_{vTV} değerlerinin artmakta olduğu, buna paralel olarak ta konfor seviyesinin düşmekte olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.1 Hız kesicilerin o_{vTV} değerleri (m/s^2).

15 km/sa							
	Hız Kesici Nu.	2 Yolcu		4 Yolcu			
		1.Yolcu	2.Yolcu	1.Yolcu	2.Yolcu	3.Yolcu	4.Yolcu
Yükseltilmiş Yaya Geçidi	1	0,089	0,122	0,054	0,118	0,096	0,025
	2	0,202	0,193	0,141	0,146	0,187	0,029
Hız Tümsek	1	0,117	0,186	0,110	0,179	0,109	0,090
	2	0,071	0,074	0,035	0,073	0,053	0,041
	3	0,096	0,115	0,072	0,097	0,064	0,088
Hız Platformu	1	0,014	0,017	0,012	0,013	0,010	0,016
	2	0,089	0,093	0,055	0,072	0,035	0,041
	3	0,135	0,146	0,132	0,144	0,146	0,145
	4	0,091	0,099	0,088	0,097	0,095	0,100
	5	0,046	0,043	0,040	0,042	0,027	0,035

Çizelge 4.2 Hız kesicilerin α_{vtv} değerleri (m/s^2).

20 km/sa							
	Hız Kesici Nu.	2 Yolcu		4 Yolcu			
		1.Yolcu	2.Yolcu	1.Yolcu	2.Yolcu	3.Yolcu	4.Yolcu
Yükseltilmiş Yaya Geçidi	1	0,183	0,224	0,098	0,137	0,112	0,041
	2	0,207	0,247	0,158	0,201	0,206	0,195
Hız Tümsek	1	0,152	0,216	0,142	0,211	0,165	0,164
	2	0,087	0,091	0,056	0,090	0,056	0,054
	3	0,106	0,140	0,101	0,111	0,093	0,124
Hız Platformu	1	0,059	0,065	0,053	0,060	0,054	0,051
	2	0,135	0,174	0,127	0,140	0,138	0,140
	3	0,202	0,220	0,195	0,212	0,210	0,240
	4	0,143	0,177	0,129	0,157	0,143	0,143
	5	0,133	0,160	0,123	0,128	0,098	0,119

Çizelge 4.3 Hız kesicilerin α_{vtv} değerleri (m/s^2).

25 km/sa							
	Hız Kesici Nu.	2 Yolcu		4 Yolcu			
		1.Yolcu	2.Yolcu	1.Yolcu	2.Yolcu	3.Yolcu	4.Yolcu
Yükseltilmiş Yaya Geçidi	1	0,213	0,249	0,157	0,184	0,163	0,050
	2	0,241	0,270	0,162	0,212	0,213	0,205
Hız Tümsek	1	0,177	0,256	0,187	0,212	0,193	0,200
	2	0,120	0,124	0,096	0,123	0,099	0,089
	3	0,159	0,205	0,141	0,197	0,106	0,133
Hız Platformu	1	0,078	0,097	0,067	0,066	0,060	0,063
	2	0,190	0,203	0,131	0,148	0,152	0,147
	3	0,238	0,242	0,232	0,232	0,235	0,290
	4	0,193	0,221	0,136	0,168	0,169	0,158
	5	0,137	0,170	0,127	0,130	0,114	0,130

Çizelge 4.4 Hız kesicilerin α_{TV} değerleri (m/s^2).

30 km/sa							
	Hız Kesici Nu.	2 Yolcu		4 Yolcu			
		1.Yolcu	2.Yolcu	1.Yolcu	2.Yolcu	3.Yolcu	4.Yolcu
Yükseltilmiş Yaya Geçidi	1	0,257	0,288	0,187	0,213	0,193	0,060
	2	0,280	0,307	0,203	0,304	0,300	0,247
Hız Tümsek	1	0,221	0,329	0,186	0,255	0,197	0,186
	2	0,144	0,151	0,098	0,135	0,104	0,095
	3	0,183	0,195	0,133	0,157	0,112	0,112
Hız Platformu	1	0,091	0,098	0,082	0,076	0,080	0,087
	2	0,261	0,271	0,136	0,169	0,170	0,192
	3	0,280	0,307	0,260	0,250	0,266	0,296
	4	0,270	0,297	0,142	0,179	0,174	0,201
	5	0,143	0,173	0,135	0,166	0,138	0,167

Çizelge 4.5 Hız kesicilerin α_{TV} değerleri (m/s^2).

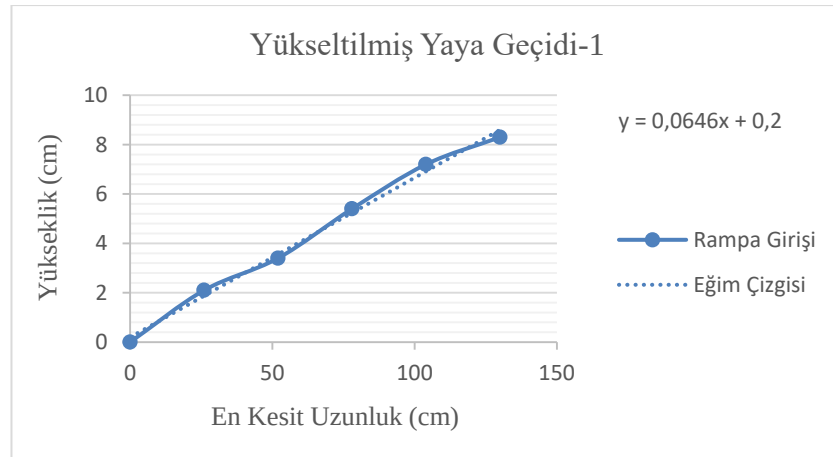
35 km/sa							
	Hız Kesici Nu.	2 Yolcu		4 Yolcu			
		1.Yolcu	2.Yolcu	1.Yolcu	2.Yolcu	3.Yolcu	4.Yolcu
Yükseltilmiş Yaya Geçidi	1	0,262	0,291	0,203	0,250	0,213	0,079
	2	0,343	0,324	0,230	0,322	0,313	0,267
Hız Tümsek	1	0,289	0,419	0,286	0,394	0,251	0,252
	2	0,227	0,257	0,202	0,140	0,137	0,182
	3	0,265	0,378	0,215	0,372	0,174	0,201
Hız Platformu	1	0,116	0,126	0,111	0,103	0,104	0,111
	2	0,269	0,288	0,146	0,171	0,175	0,205
	3	0,316	0,317	0,272	0,253	0,318	0,355
	4	0,276	0,306	0,147	0,188	0,179	0,233
	5	0,144	0,179	0,140	0,169	0,170	0,176

4.3 Hız Kesici Giriş Eğimi-Sürüş Konforunun Değerlendirilmesi

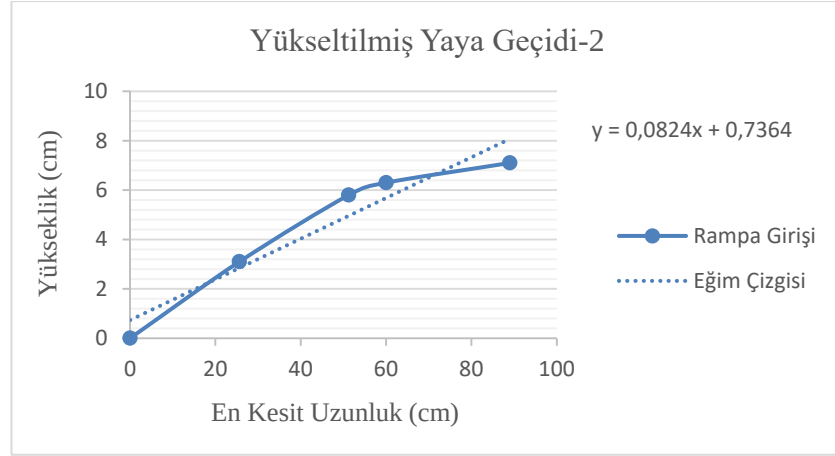
Hız kesicilerin giriş eğiminin konfor üzerindeki etkisini belirleyebilmek için ilk olarak en kesit profilleri çıkarılan hız kesicilerin giriş eğimleri bulunmuştur. Yükseltilmiş yaya geçitlerinin arasında yapılan karşılaştırma sonucu yükseltilmiş yaya geçidi-2 numaralı hız kesicinin giriş eğiminin Yükseltilmiş yaya geçidi-1 hız kesicisine göre daha yüksek olduğu görülmüştür (Şekil 4.11-4.12). Hız tümseklerinin giriş eğimlerinin büyüklükleri ise sırasıyla hız tümsek-1, hız tümsek-3 ve hız tümsek-2

şeklinde çıkmıştır (Şekil 4.13-4.15). Hız platformlarının giriş eğimlerinin büyüklükleri sırasıyla hız platformu-3, hız platformu-4, hız platformu-2, hız platformu-5 ve hız platformu-1 şeklinde olduğu bulunmuştur (Şekil 4.16-4.20).

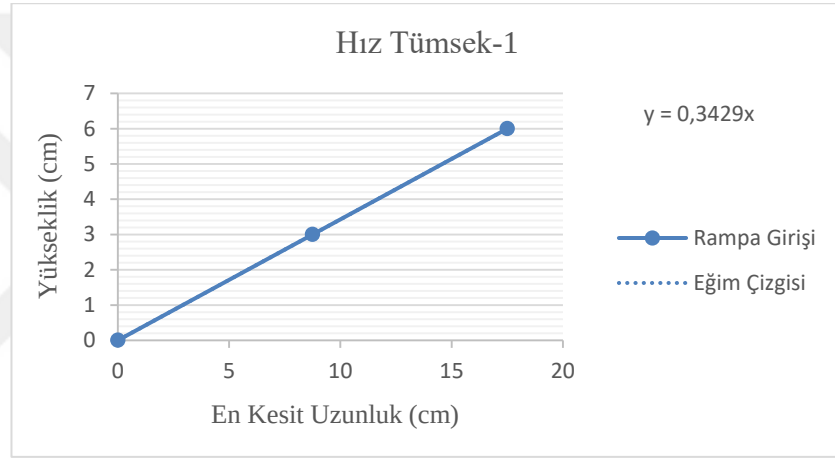
Çizelge 4.1-4.5’de ki o_{vTV} değerleri ve hız kesicilerin giriş eğimleri bilgilerinin bulunması sonucunda her hız kesici tipinin kendi arasında ve aynı hız ile yolcуда ki değerler dikkate alınarak bir kıyaslama yapılmıştır. Bu kıyaslamaya göre yükseltilmiş yaya geçidi-2’nin o_{vTV} değerlerinin yükseltilmiş yaya geçidi-1’e göre daha büyük olduğu gözlemlenmiştir. Hız tümsekleri arasında yapılan o_{vTV} büyüklükleri karşılaştırmasında ise hız tümsek-1, hız tümsek-3 ve hız tümsek-2 sıralaması belirlenmiştir. Hız tümseklerinin giriş rampa eğimlerinin standartta da belirtildiği gibi parabolik yapıda olanların da daha düşük o_{vTV} değerlerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Hız platformları arasında yapılan o_{vTV} değerleri büyüklüklerinin kıyaslamalarına göre ise hız platformu-3, hız platformu-4, hız platformu-2, hız platformu-5 ve hız platformu-1 sıralaması belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre rampa giriş eğimi arttıkça o_{vTV} değerinin arttığı gözlemlenmiştir. Artan o_{vTV} değerlerine göre ise yolcular üzerindeki konfor seviyesi düşmektedir. Ayrıca birbirine yakın yükseklik değerlerine sahip olan hız kesicilerin yüksekliklerine göre değil rampa giriş eğimlerine göre konfor değerlendirmesi yapılmasının daha doğru olacağı görülmüştür.



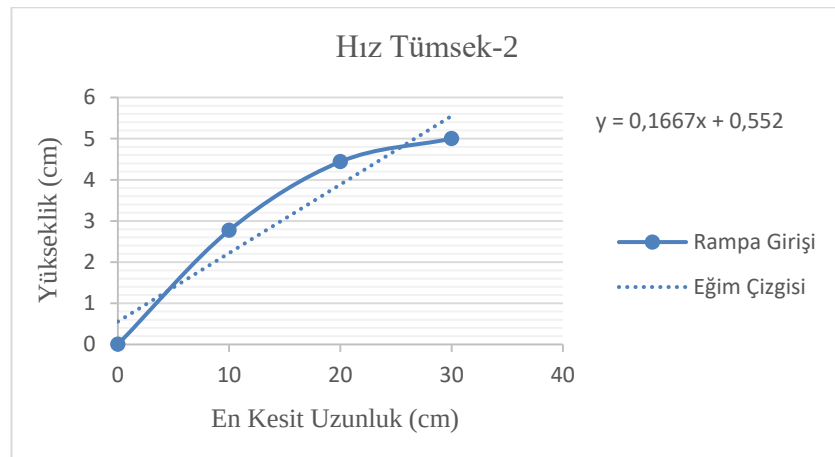
Şekil 4.11 Yükseltilmiş yaya geçidi-1 giriş rampa eğimi.



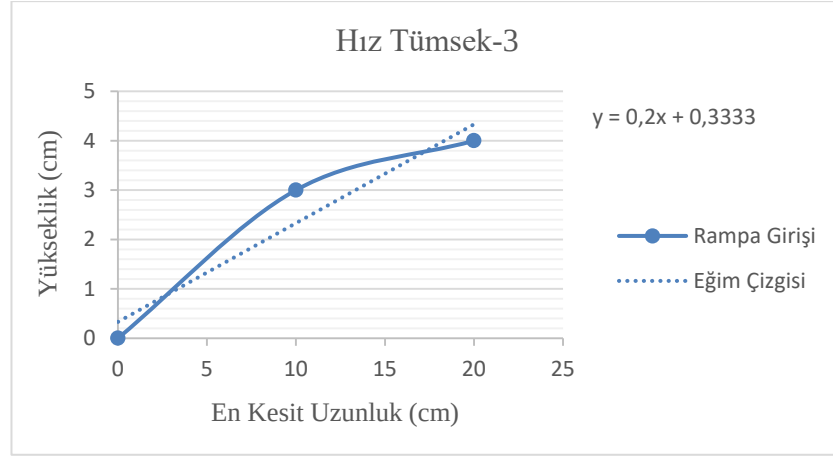
Şekil 4.12 Yükseltilmiş yaya geçidi-2 giriş rampa eğimi.



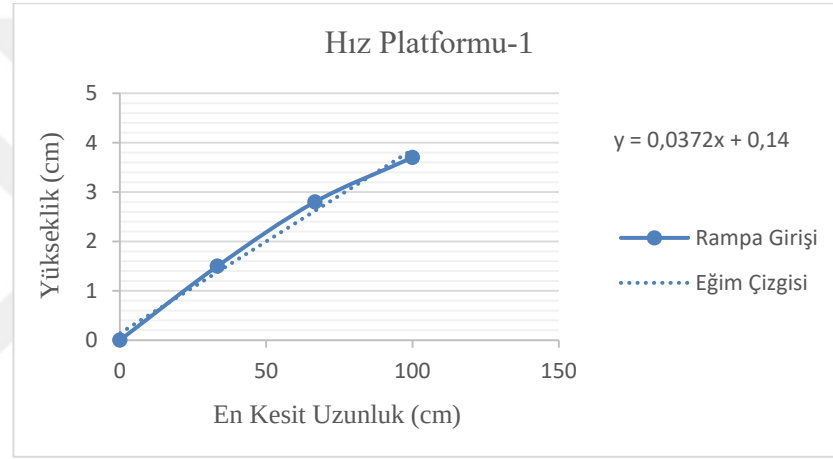
Şekil 4.13 Hız tümsek-1 giriş rampa eğimi.



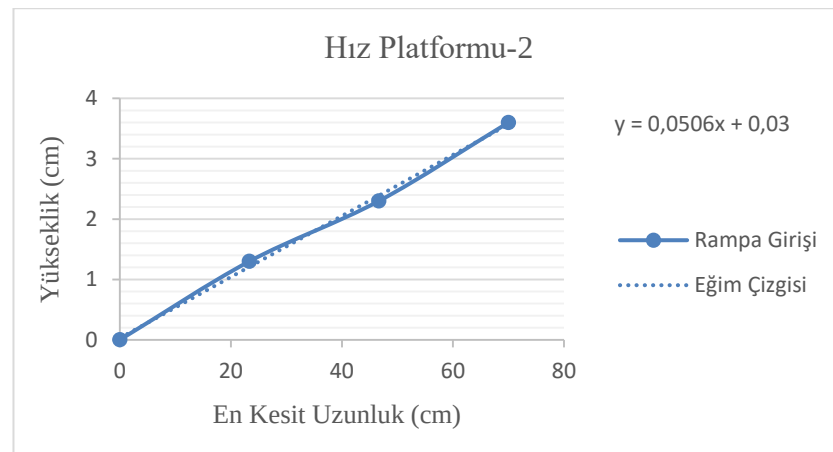
Şekil 4.14 Hız tümsek-2 giriş rampa eğimi.



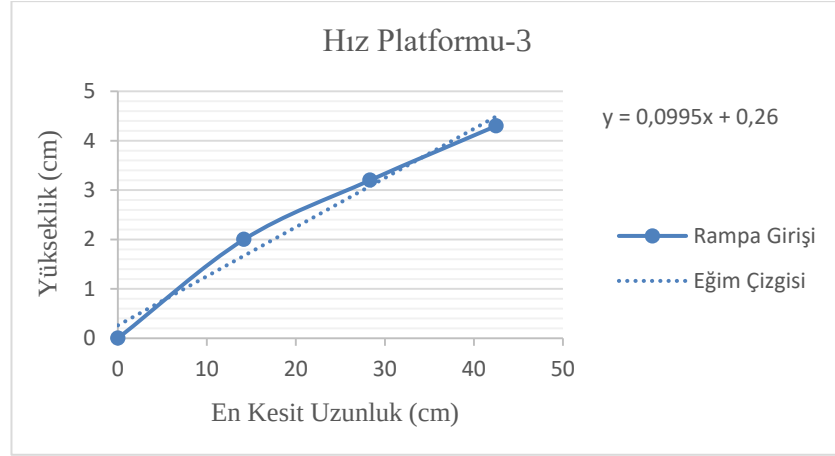
Şekil 4.15 Hız tümsek-3 giriş rampa eğimi.



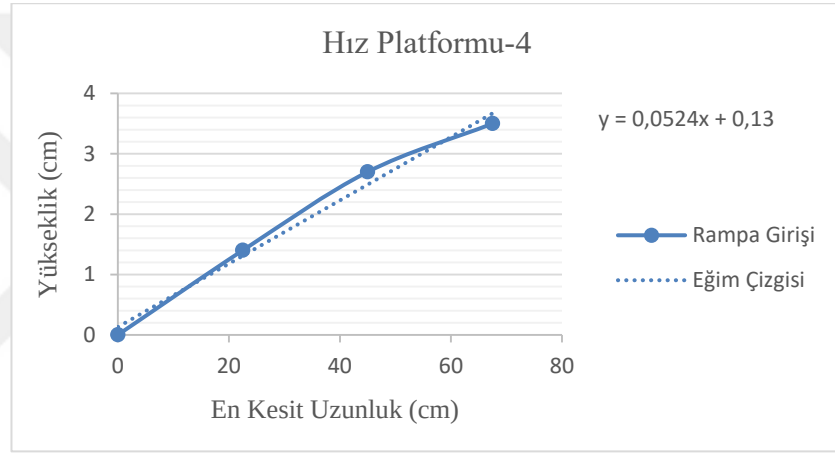
Şekil 4.16 Hız platformu-1 giriş rampa eğimi.



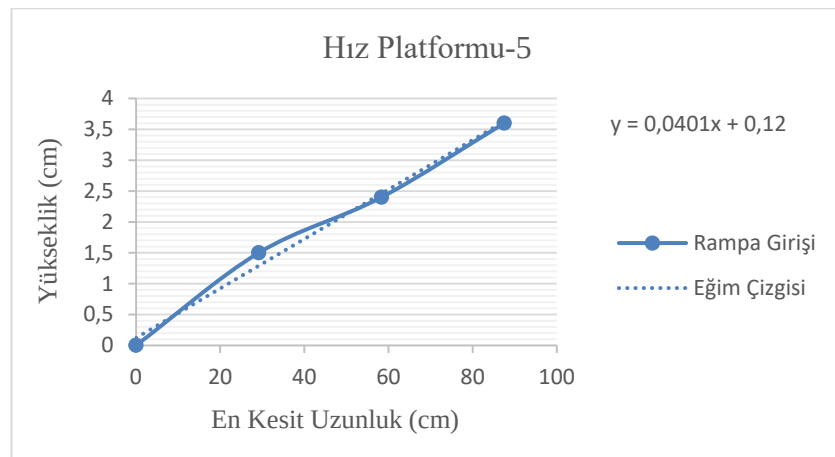
Şekil 4.17 Hız platformu-2 giriş rampa eğimi



Şekil 4.18 Hız platformu-3 giriş rampa eğimi.



Şekil 4.19 Hız platformu-4 giriş rampa eğimi.



Şekil 4.20 Hız platformu-5 giriş rampa eğimi.

4.4 Taşıt Ağırlığı-Sürüş Konforunun Değerlendirilmesi

Hız kesicilerin tamamında taşıt ağırlığıyla sürüş konforu arasındaki ilişkiyi değerlendirmek için her hızda 2 ve 4 yolculu olmak üzere iki farklı ölçüm ve hesaplama yapılmıştır. Hız kesicilerde farklı hızlarla yapılan ölçümler sonucu elde edilen frekans ağırlıklı r.m.s ivmesi kullanılarak bulunan ve Çizelge 4.1-4.5 arasındaki tablolarda verilen o_{vtv} değerlerinin hızla birlikte doğru orantılı olarak artış gösterdiği görülmüştür. 2 yolculu testlerle elde edilen o_{vtv} değerlerinin, 4 yolculu testler sonucu elde edilen değerlerden yüksek olduğu görülmüştür. Bu sonuca göre taşıt ağırlığı arttıkça konfor değerlendirmesinde kullandığımız o_{vtv} değerinin düşmekte olduğu, yani kişilerin konfor seviyesinin arttığı görülmüştür.

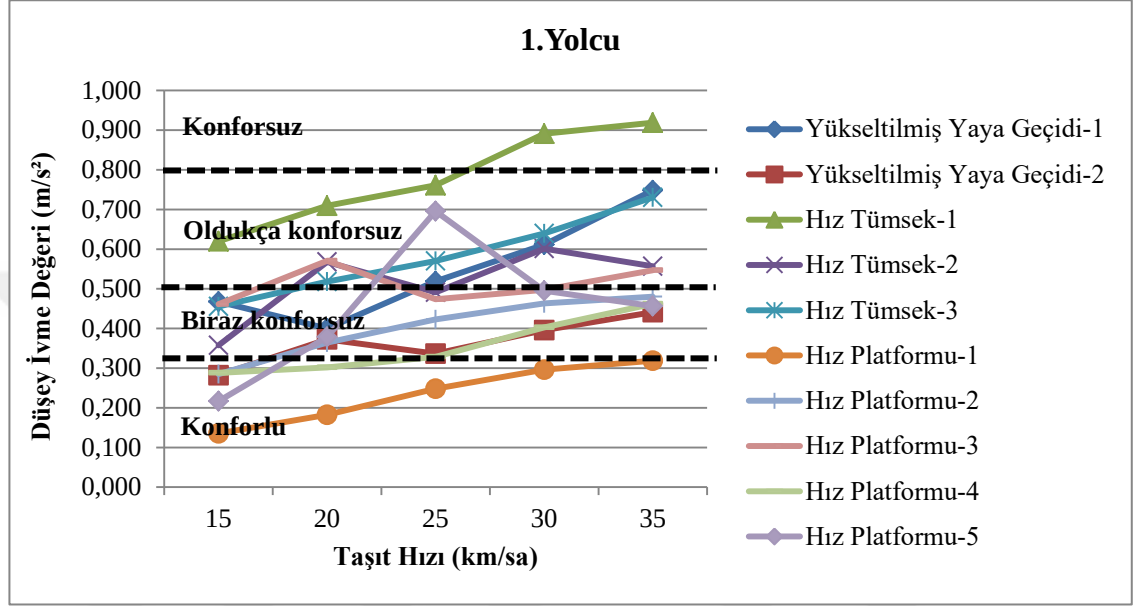
4.5 Düşey İvme Değerlerine Göre Sürüş Konforunun Değerlendirilmesi

Hız kesicilerden geçiş esnasında yolcuların maruz kaldığı titreşimlerin ISO 2631-1 standardında belirtilen sınırlar içinde kalıp kalmadığını tespit etmek için o_{vtv} değerine ulaşmak gerekmektedir. Ancak bu alanda yapılan çalışmaların çoğunda tek eksenli ivme ölçümleriyle birlikte en baskın değerin çıktığı düşey ivme değerleri dikkate alınarak konfor değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde, düşey ivme değeri ve o_{vtv} değeri dikkate alınarak yapılan değerlendirmelerin aralarındaki farkın ilerleyen bölümlerde bir karşılaştırmasının yapılabilmesi için düşey ivme değerleri ile konfor değerlendirmesi yapılmıştır.

4.5.1 2 yolculu testler için düşey ivme değeri- sürüş konforu değerlendirilmesi

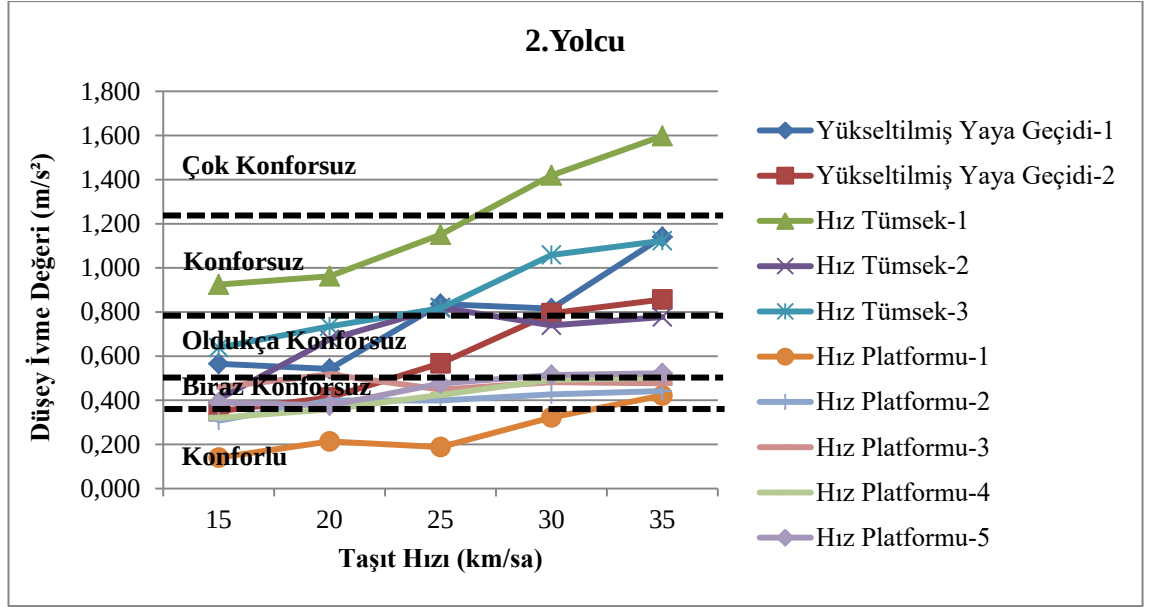
2 yolculu testler sonucu 1.yolcu için oluşan düşey ivme değerlerine göre belirlenen konfor seviyeleri Şekil 4.21’de gösterilmiştir. 15 km/sa hızda Yükseltilmiş yaya geçidi-2, Hız platformu-1, Hız platformu-2, Hız platformu-4, Hız platformu-5; 20 km/sa hızda Hız platformu-1, Hız platformu-4; 25 ve 30 km/sa hızda Hız platformu-1 numaralı hız kesicilerin konfor seviyesi “konforlu” çıkmıştır. Ancak Hız tümsek-1’in 30 ve 35 km/sa hızlarda konfor seviyesi “konforsuz” çıkmıştır. Diğer hız kesicilerin farklı yolcu ve hızlarda konfor seviyesi ise “Biraz konforsuz” ve “Oldukça konforsuz” kategorisinde çıkmıştır. Sonuç olarak Hız tümsek-1, 2 yolculu testlerin tamamında

1.Yolcu için en konforsuz hız kesici olmuştur. 2 yolculu testlerde 1.yolcu için 10 farklı hız kesici ve 5 farklı hızda toplam 50 adet düşey ivme değeri bulunmuş ve değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucu 50 adet değer 41 adedi konforsuz çıkmıştır. Bu değer 2 yolculu testlerden 1.yolcu için yapılan testlerin %82'sini oluşturmaktadır.



Şekil 4.21 2 yolcu düşey ivme-konfor ilişkisi (1.Yolcu).

2 yolculu testlerde 2.yolcu için oluşan düşey ivme değerlerine göre belirlenen konfor seviyeleri Şekil 4.22’de gösterilmiştir. 15 km/sa hızda Hız platformu-1, Hız platformu-2, Hız platformu-4 ve 20, 25, 30 km/sa hızlarda ise Hız platformu-1’in konfor seviyesi “konforlu” çıkmıştır. Ancak Hız tümsek-1’in 25, 30, 35 km/sa hızlardaki konfor seviyesi “çok konforsuz” çıkmıştır. Hız tümsek-1’in 15 ve 20 km/sa hızlarda; Yükseltilmiş yaya geçidi-1 ve Hız tümsek-3’ün 30 ve 35 km/sa hızlarda; Yükseltilmiş yaya geçidi-2’nin 35 km/sa hızdaki konfor seviyesi ise “konforsuz” çıkmıştır. Diğer hız kesicilerin konfor seviyesi “Biraz konforsuz” ve “Oldukça konforsuz” kategorisinde çıkmıştır. Sonuç olarak Hız tümsek-1, 2 yolculu testlerin tamamında 2.yolcu için en konforsuz hız kesici olmuştur. 2 yolculu testlerde 2.yolcu için 10 farklı hız kesici ve 5 farklı hızda toplam 50 adet düşey ivme değeri bulunmuş ve değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucu 50 adet değer 44 adedi konforsuz çıkmıştır. Bu değer 2 yolculu testlerden 2.yolcu için yapılan testlerin %88’ini oluşturmaktadır.



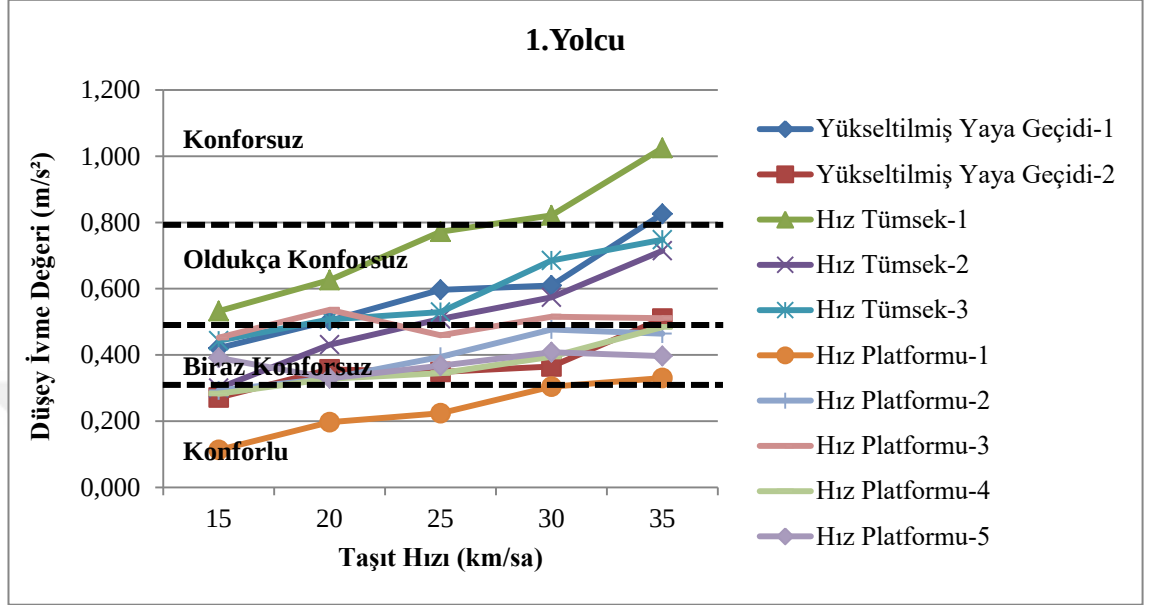
Şekil 4.22 2 yolcu düşey ivme-konfor ilişkisi (2.Yolcu).

2 yolculu testlerde düşey ivme değerleri dikkate alınarak yapılan değerlendirmelere genel bir bakış yapılmak istenirse, 15 km/sa hızda Yükseltilmiş yaya geçidi-2 hariç diğer her hız ve yolcularda yükseltilmiş yaya geçidi tipindeki hız kesiciler konforsuz seviyede çıkmıştır. Hız tümseklerinin tamamı her hız ve yolcudaki konforsuz seviyede çıkmıştır. Hız platformu-1 hariç diğer hız platformlarının genelinin ise konforsuz seviyede çıktığı görülmüştür. 2 yolculu testlerde 1. ve 2.yolcu için 10 farklı hız kesici ve 5 farklı hızda toplam 100 adet düşey ivme değeri bulunmuş ve değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucu 100 adet değer 85 adedi konforsuz çıkmıştır. Bu değer 2 yolculu testlerin tamamının %85'ini oluşturmaktadır.

4.5.2 4 yolculu testler için düşey ivme değeri- sürüş konforu değerlendirilmesi

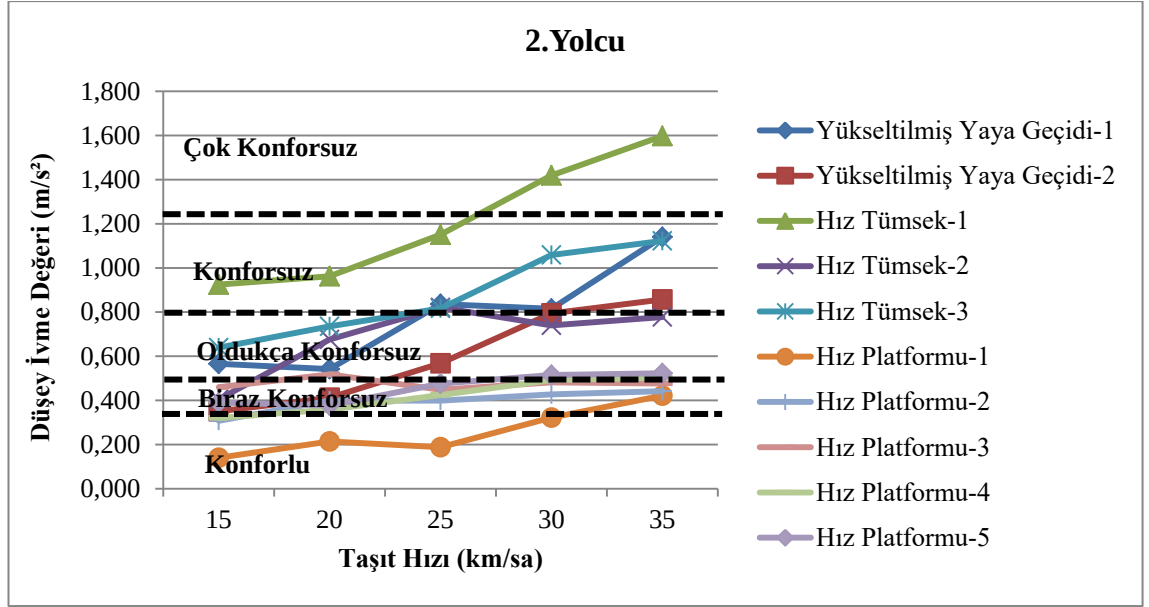
4 yolculu testlerde 1.yolcu için yapılan değerlendirmeler sonucu belirlenen konfor seviyeleri Şekil 4.23'de verilmiştir. 15 km/sa hızda Yükseltilmiş yaya geçidi-1, Hız tümsek-2, Hız platformu-1, Hız platformu-2 ve Hız platformu-4'ün; 20, 25 ve 30 km/sa hızda ise Hız platformu-1'in konfor seviyeleri "konforlu" çıkmıştır. Ancak 30 ve 35 km/sa hızda Hız tümsek-1 ve 35 km/sa hızda Yükseltilmiş yaya geçidi-1'in konfor seviyesi "konforsuz" çıkmıştır. Diğer hız kesicilerin konfor seviyesi ise "Biraz konforsuz" ve "Oldukça konforsuz" kategorisinde çıkmıştır. 4 yolculu testlerde 1.yolcu için 10 farklı hız kesici ve 5 farklı hızda toplam 50 adet düşey ivme değeri bulunmuş ve

değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucu 50 adet değer 42 adedi konforsuz çıkmıştır. Bu değer 4 yolculu testlerden 1.yolcu için yapılan testlerin %84'ünü oluşturmaktadır.



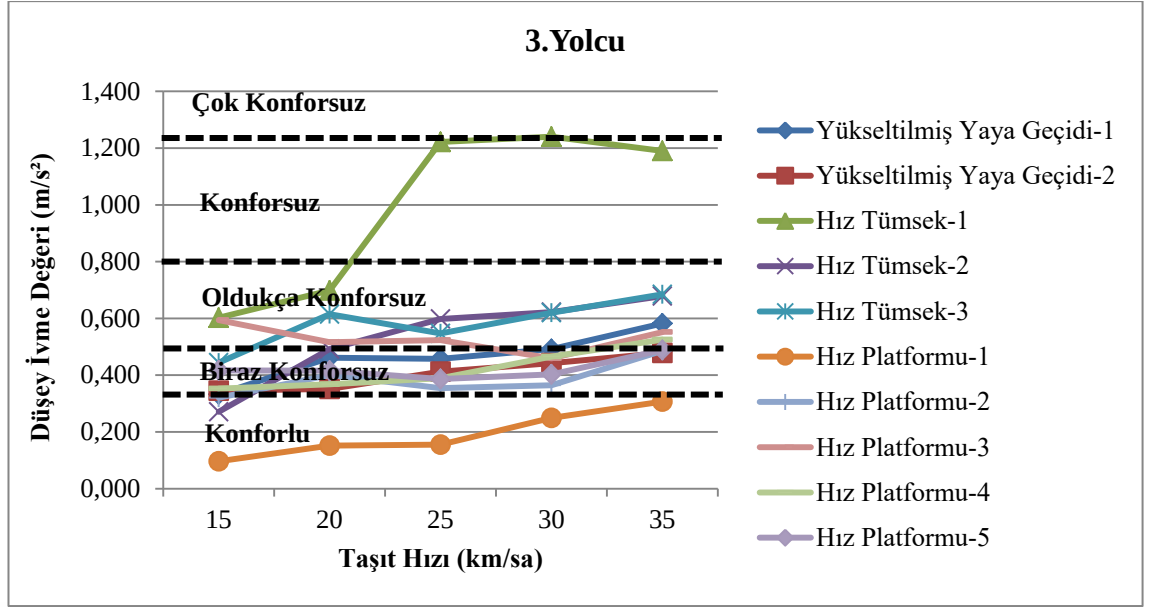
Şekil 4.23 4 yolcu düşey ivme-konfor ilişkisi (1.Yolcu).

4 yolculu testlerde 2.yolcu için yapılan değerlendirmeler sonucu belirlenen konfor seviyeleri Şekil 4.24'de gösterilmiştir. Hız platformu-1'in 15, 20 ve 25 km/sa hızlardaki konfor seviyesi ve 15 km/sa hızda Hız platformu-2'in konfor seviyesi "konforlu" çıkmıştır. 15 ve 20 km/sa hızda Hız tümsek-1'in; 25 km/sa hızda Yükseltilmiş yaya geçidi, Hız tümsek-1, Hız tümsek-2 ve Hız tümsek-3'ün; 30 km/sa hızda Yükseltilmiş yaya geçidi-1 ve Hız tümsek-3'ün; 35 km/sa hızda Yükseltilmiş yaya geçidi-1, Yükseltilmiş yaya geçidi-2 ve Hız tümsek-3'ün konfor seviyeleri ise "konforsuz" çıkmıştır. Buna ilave olarak 30 ve 35 km/sa hızda Hız tümsek-1'in konfor seviyesi "çok konforsuz" çıkmıştır. Diğer hız kesicilerin konfor seviyesi "Biraz konforsuz" ve "Oldukça konforsuz" kategorisinde çıkmıştır. 4 yolculu testlerde 2.yolcu için 10 farklı hız kesici ve 5 farklı hızda toplam 50 adet düşey ivme değeri bulunmuş ve değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucu 50 adet değer 46 adedi konforsuz çıkmıştır. Bu değer 4 yolculu testlerden 2.yolcu için yapılan testlerin %92'sini oluşturmaktadır.



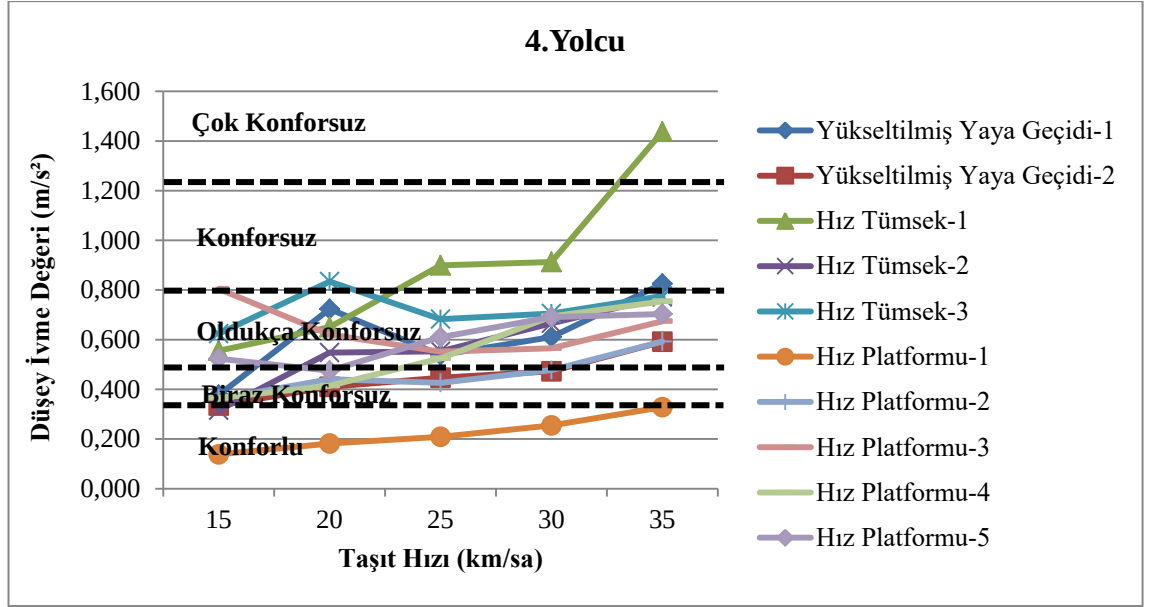
Şekil 4.24 4 yolcu düşey ivme-konfor ilişkisi (2.Yolcu).

4 Yolculu testlerde 3.yolcu için belirlenen konfor seviyeleri Şekil 4.25’de gösterilmiştir. 15, 20, 25, 30, 35 km/sa hızlarda Hız platformu-1’in ve 15 km/sa hızda Hız tümsek-2’nin konfor seviyeleri “konforlu” çıkmıştır. Ancak 25, 30, 35 km/sa hızlarda Hız tümsek-1’in konfor seviyesi “konforsuz” çıkmıştır. Diğer hız kesicilerin konfor seviyesi “Biraz konforsuz” ve “Oldukça konforsuz” kategorisinde çıkmıştır. 4 yolculu testlerde 3.yolcu için 10 farklı hız kesici ve 5 farklı hızda toplam 50 adet düşey ivme değeri bulunmuş ve değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucu 50 adet değer 44 adedi konforsuz çıkmıştır. Bu değer 4 yolculu testlerden 3.yolcu için yapılan testlerin %88’ini oluşturmaktadır.



Şekil 4.25 4 yolcu düşey ivme-konfor ilişkisi (3.Yolcu).

4 yolculu testlerde 4.yolcu için yapılan değerlendirmeler sonucu elde edilen konfor seviyeleri Şekil 4.26’da verilmiştir. 15, 20, 25 km/sa hızlarda Hız platformu-1 ve 30 km/sa hızda Hız platformu-2’nin konfor seviyeleri “konforlu” çıkmıştır. Ancak 15 km/sa hızda Hız platformu-3, 25 km/sa hızda Hız tümsek-1, 30 km/sa hızda hız tümsek-1 ve 35 km/sa hızda Yükseltilmiş yaya geçidi-1’in konfor seviyeleri “konforsuz” çıkmıştır. 35 km/sa hızda ise Hız tümsek-1’in konfor seviyesi “çok konforsuz” kategorisinde çıkmıştır. Diğer hız kesicilerin konfor seviyesi ise “Biraz konforsuz” ve “Oldukça konforsuz” kategorisinde çıkmıştır. 4 yolculu testlerde 4.yolcu için 10 farklı hız kesici ve 5 farklı hızda toplam 50 adet düşey ivme değeri bulunmuş ve değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucu 50 adet değerin 46 adedi konforsuz çıkmıştır. Bu değer 4 yolculu testlerden 4.yolcu için yapılan testlerin %92’sini oluşturmaktadır.



Şekil 4.26 4 yolcu düşey ivme-konfor ilişkisi (4.Yolcu).

4 yolculu testlerde düşey ivme değerleri dikkate alınarak yapılan genel konfor değerlendirmelerine göre yükseltilmiş yaya geçitlerinin, hız tümseklerinin ve Hız platformu-1 hariç diğer hız platformlarının çoğunluğu konforsuz seviyede çıkmıştır. Konforsuz çıkan hız kesicilerin seviyesi ise “biraz konforsuz, oldukça konforsuz, konforsuz, çok fazla konforsuz” kategorisinde kalmıştır. “Çok fazla konforsuz” seviyesinde hiçbir hız kesiciye rastlanmamıştır. 4 yolculu testlerde 1., 2., 3. ve 4.yolcu için 10 farklı hız kesici ve 5 farklı hızda toplam 200 adet düşey ivme değeri bulunmuş ve değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucu 200 adet değer 178 adedi konforsuz çıkmıştır. Bu değer 4 yolculu testlerin tamamının %89’unu oluşturmaktadır.

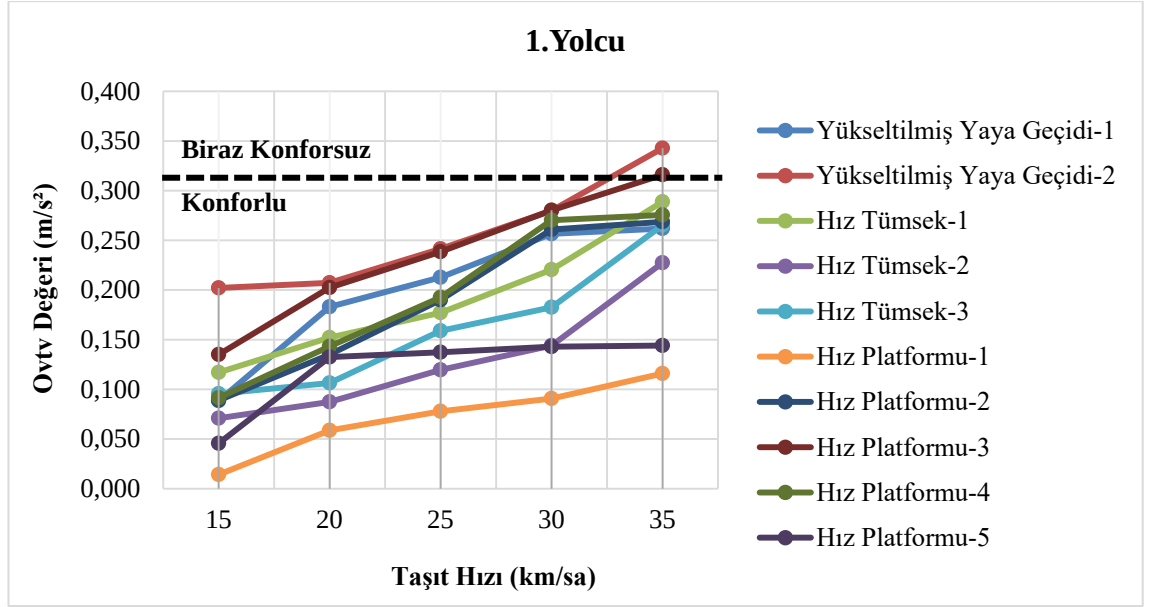
2 ve 4 yolculu testlerde elde edilen düşey ivme değerleri dikkate alınarak yapılan konfor değerlendirmelerine göre düşey ivme değeri arttıkça konforsuzluk seviyesinin arttığı görülmüştür. 2 yolculu testlerde 1.ve 2.yolcu, 4 yolculu testlerde ise 1., 2., 3. ve 4.yolcu için 10 farklı hız kesici ve 5 farklı hızda toplam 300 adet düşey ivme değeri bulunmuş ve değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucu 300 adet değer 263 adedi konforsuz çıkmıştır. Bu değer düşey ivme değerleri dikkat alınarak yapılan tüm konfor değerlendirmelerin %87,67’sini oluşturmaktadır.

4.6 o_{vtv} Değerlerine Göre Sürüş Konforunun Değerlendirilmesi

ISO 2631-1 standardına göre yolcuların hız kesiciler üzerinden geçerken maruz kaldıkları titreşimin konfor değerlendirilmesi yapılırken o_{vtv} değerlerinin dikkate alınması gerektiğini daha önceki bölümlerde belirtmiştik. o_{vtv} değerlerine ulaşmak için 3 eksenli ölçüm yapılmış ve koltuk sırtından iletilen titreşimlerin etkisi de bir katsayı (1,4) olarak yansıtılmıştır. Bu hesaplamalar sonucu her hız kesici, yolcu ve hız için ayrı ayrı o_{vtv} değerleri ve konfor seviyeleri belirlenmiştir. Bu bölümde konfor değerlendirilmesi yolcuların gerçek konfor seviyelerini belirlememizde bize yardımcı olacaktır.

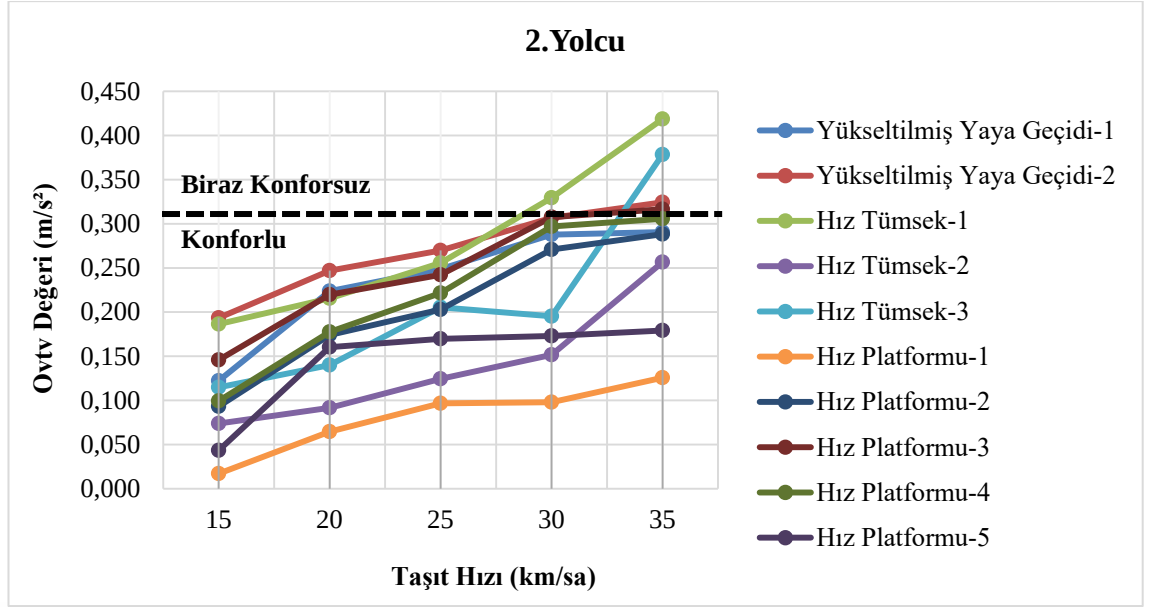
4.6.1 2 yolculu testler için o_{vtv} değeri- sürüş konforu değerlendirilmesi

2 yolculu testlerden 1.yolcu için yapılan değerlendirmeler sonucu elde edilen o_{vtv} değerlerine göre belirlenen konfor seviyelerine ilişkin veriler Şekil 4.27’de gösterilmiştir. 35 km/sa hızda Yükseltilmiş yaya geçidi-2 ve Hız platformu-3 hız kesicilerinin konfor değerlendirilmesi sonuçlarına göre “Biraz konforsuz” kategorisinde kaldıkları belirlenmiştir. Diğer hız kesicilerin tamamı farklı hızlarda ve yolcularda “konforlu” seviyesinde çıkmıştır. 2 yolculu testlerde 1.yolcu için 10 farklı hız kesici ve 5 farklı hızda toplam 50 adet o_{vtv} değeri bulunmuş ve değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucu 50 adet değerin 2 adedi konforsuz çıkmıştır. Bu değer 2 yolculu testlerden 1.yolcu için yapılan testlerin %4’ünü oluşturmaktadır.



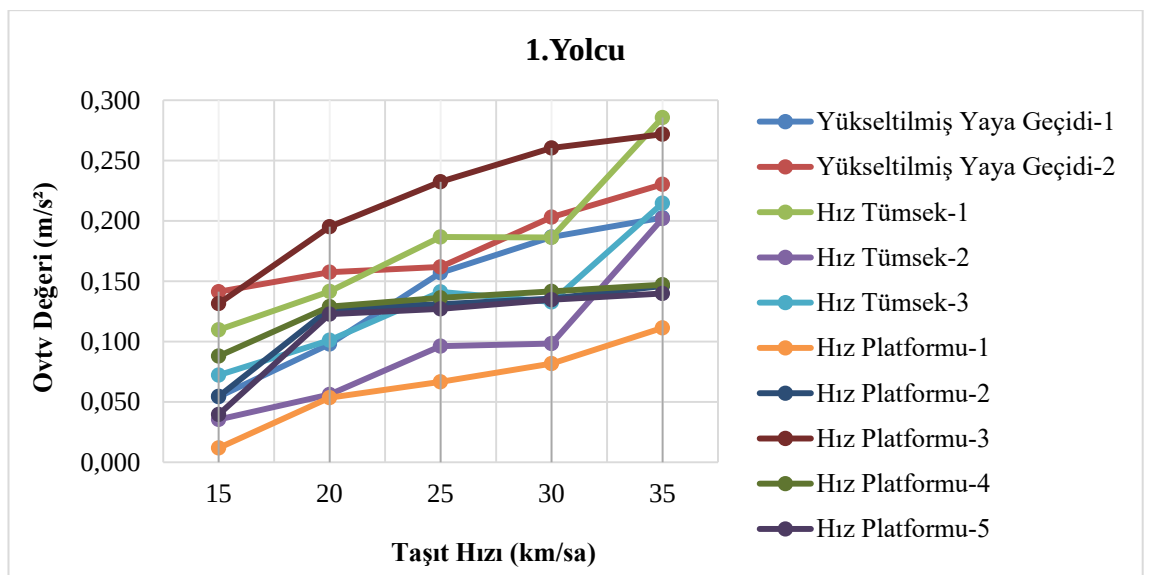
Şekil 4.27 2 yolcu o_{vtv} -konfor ilişkisi (1.Yolcu).

2 yolculu testlerde 2.yolcu için yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen o_{vtv} değerlerine göre belirlenen konfor seviyelerine ilişkin veriler Şekil 4.28’de verilmiştir. 30 km/sa hızda Hız tümsek-1; 35 km/sa hızda Yükseltilmiş yaya geçidi-2, Hız tümsek-1, Hız tümsek-3 ve Hız platformu-3 hız kesicileri “Biraz konforsuz” kategorisinde çıkmıştır. Diğer hız kesicilerin farklı hızlarda ki konfor değerlendirmelerinin tamamı “konforlu” kategorisinde çıkmıştır. 2 yolculu testlerde 2.yolcu için 10 farklı hız kesici ve 5 farklı hızda toplam 50 adet o_{vtv} değeri bulunmuş ve değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler sonucu 50 adet değer 5 adedi konforsuz çıkmıştır. Bu değer 2 yolculu testlerden 2.yolcu için yapılan testlerin %10’unu oluşturmaktadır.

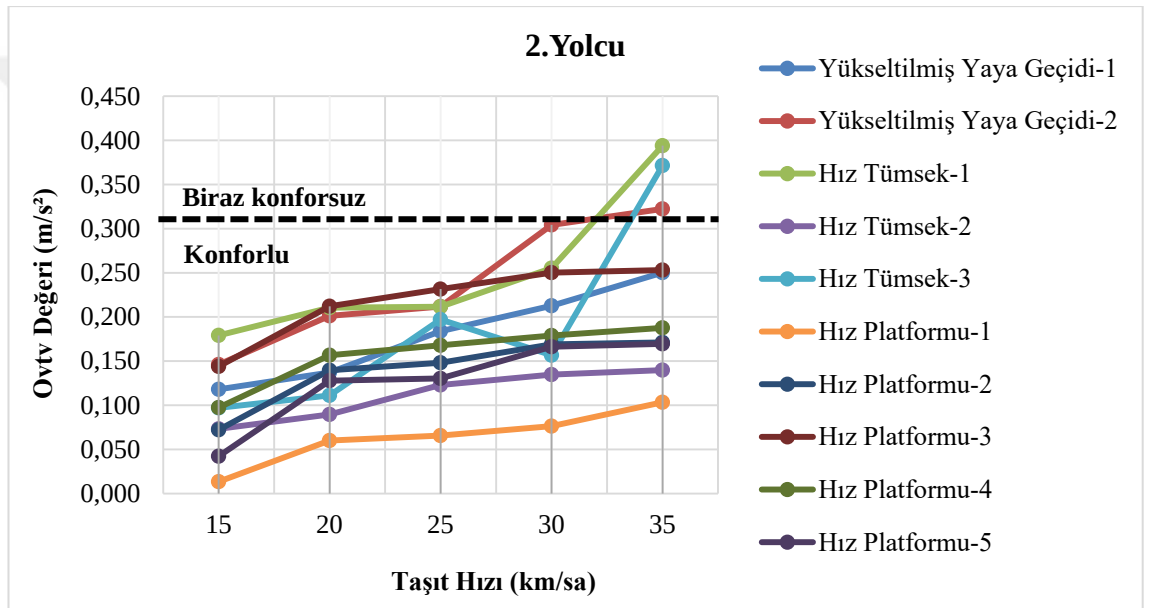
Şekil 4.28 2 yolcu o_{vtv} -konfor ilişkisi (2.Yolcu).

4.6.2 4 yolculu testler için o_{vtv} değeri- sürüş konforu değerlendirilmesi

4 yolculu testlerle yapılan arazi ölçümleri sonucunda 1.yolcu için elde edilen o_{vtv} değerlerine göre belirlenen konfor seviyelerine ait veriler Şekil 4.29’ da verilmiştir. 1.yolcunun tüm hız kesicilerde ve farklı hızlardaki konfor seviyesinin tamamı “konforlu” çıkmıştır. Diğer bir ifadeyle 1.yolcu için konforsuz kategoride kalan hız kesici bulunmamaktadır.

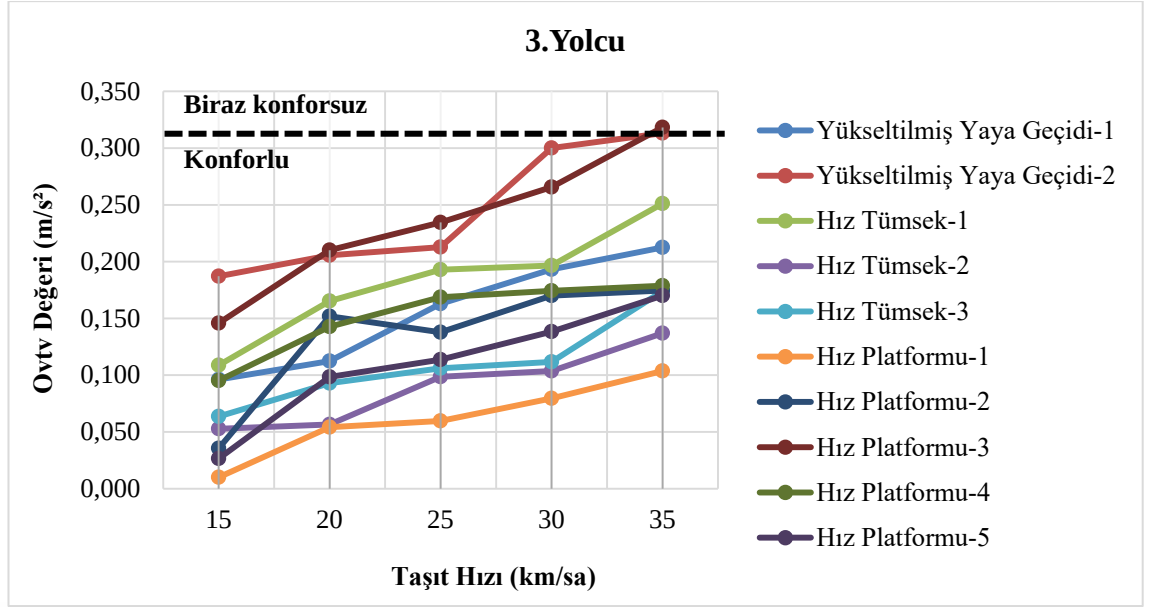
Şekil 4.29 4 yolcu o_{vtv} -konfor ilişkisi (1.Yolcu).

4 yolculu testlerde 2.yolcu için yapılan değerlendirmeler sonucu elde edilen o_{vtv} değeri verilerine göre belirlenen konfor seviyelerine ilişkin sonuçlar Şekil 4.30'da verilmiştir. 35 km/sa hızda Yükseltilmiş yaya geçidi-2, Hız tümsek-1 ve Hız tümsek-3' de konfor seviyesi "Biraz konforsuz" kategorisinde çıkmıştır. Diğer hız kesicilerde ve farklı hızlardaki konfor seviyeleri ise "konforlu" çıkmıştır. 4 yolculu testlerde 2.yolcu için 10 farklı hız kesici ve 5 farklı hızda toplam 50 adet o_{vtv} değeri bulunmuş ve değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucu 50 adet değer 3 adedi konforsuz çıkmıştır. Bu değer 4 yolculu testlerden 2.yolcu için yapılan testlerin %6'sını oluşturmaktadır.



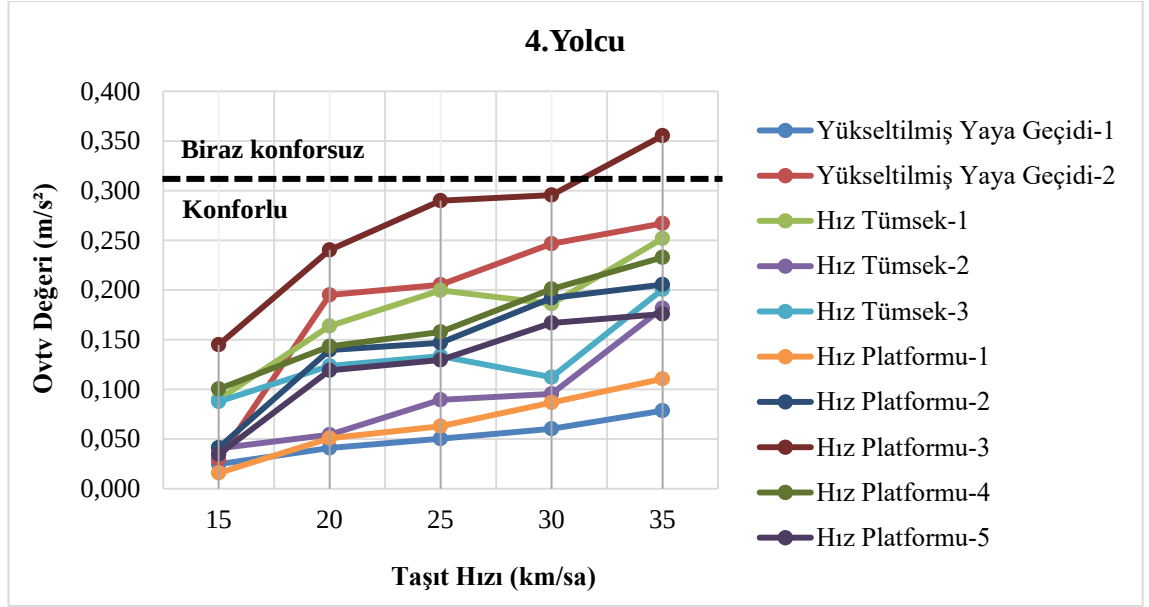
Şekil 4.30 4 yolcu o_{vtv} -konfor ilişkisi (2.Yolcu).

4 yolculu testlerde 3.yolcu için yapılan değerlendirmeler sonucu elde edilen o_{vtv} değerine göre belirlenen konfor seviyelerine ilişkin veriler Şekil 4.31'de verilmiştir. 35 km/sa hızdaki Hız platformu-3'de ki konfor seviyesi "Biraz konforsuz" çıkmıştır. Diğer hız kesicilerde ve farklı hızlardaki konfor seviyeleri ise "konforlu" seviyesinde çıkmıştır. 4 yolculu testlerde 3.yolcu için 10 farklı hız kesici ve 5 farklı hızda toplam 50 adet o_{vtv} değeri bulunmuş ve değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucu 50 adet değer 1 adedi konforsuz çıkmıştır. Bu değer 4 yolculu testlerden 3.yolcu için yapılan testlerin %2'sini oluşturmaktadır.



Şekil 4.31 4 yolcu o_{vTV} -konfor ilişkisi (3.Yolcu).

4 yolculu testlerde 4.yolcu için elde edilen o_{vTV} değerlerine göre belirlenen konfor seviyelerine ilişkin veriler Şekil 4.32’de verilmiştir. 35 km/sa hızda Hız platformu-3’ de ki konfor seviyesi “Biraz konforsuz” çıkmıştır. Diğer hız kesiciler ve farklı hızlardaki konfor seviyeleri ise “konforlu” çıkmıştır. 4 yolculu testlerde 4.yolcu için 10 farklı hız kesici ve 5 farklı hızda toplam 50 adet o_{vTV} değeri bulunmuş ve değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucu 50 adet değer 1 adedi konforsuz çıkmıştır. Bu değer 4 yolculu testlerden 4.yolcu için yapılan testlerin %2’sini oluşturmaktadır.



Şekil 4.32 4 yolcu o_{vtv} -konfor ilişkisi (4.Yolcu).

2 ve 4 yolculu testler sonucu elde edilen o_{vtv} değerlerine göre yapılan değerlendirme sonucu konforsuz hız kesicilerin tamamına yakınının hızının 35 km/sa olduğu görülmüştür. Ayrıca, konforsuz çıkan hız kesicilerin hepsi “biraz konforsuz” kategorisinde çıkmıştır. Diğer konforsuzluk seviyelerinde bulunan bir değere rastlanmamıştır. 2 ve 4 yolculu testlerde elde edilen o_{vtv} değerleri dikkate alınarak yapılan konfor değerlendirmelerine göre o_{vtv} değeri arttıkça konforsuzluk seviyesinin arttığı görülmüştür. 2 yolculu testlerde 1.ve 2.yolcu, 4 yolculu testlerde ise 1., 2., 3. ve 4.yolcu için 10 farklı hız kesici ve 5 farklı hızda toplam 300 adet o_{vtv} değeri bulunmuş ve değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucu 300 adet değer 12 adedi konforsuz çıkmıştır. Bu değer o_{vtv} değerleri dikkat alınarak yapılan tüm konfor değerlendirmelerin % 4’ünü oluşturmaktadır. Yükseltilmiş yaya geçidi-2, hız tümsek-1, hız tümsek-3 ve hız platformu-3, o_{vtv} değerlerine göre yapılan değerlendirmede konforsuz çıkan hız kesicilerdir.

4.7 Düşey İvme ve o_{vtv} Değerlerine Göre Sürüş Konforunun Karşılaştırılması

Düşey ivme değerleri ile yapılan değerlendirmelere göre 2 yolculu testlerin % 85’i, 4 yolculu testlerin % 89’u ve toplam hız kesicilerin % 87,67’sinin konfor seviyesi konforsuz çıkmıştır. Bu durumun sebebi yüksek ivme değerlerinden kaynaklanmaktadır. Oysaki titreşimden kaynaklanan ivmenin bir kısmı vücudumuz tarafından sönmölenmektedir. Bu sebepten dolayı ISO 2631-1 standardında değerlendirme

yapılırken farklı kişi ve durumlar için frekans ağırlıklandırma yapılması gerektiği belirtilmiştir. Frekans ağırlıklandırmaya göre yapılan değerlendirmelerde ise 2 yolculu testlerin % 7'si, 4 yolculu testlerin % 2,5'i ve toplam hız kesicilerin % 4'ünün konfor seviyesinin konforsuz olduğu görülmüştür.

Diğer bir ifadeyle bir hız kesici için toplam 30 adet konfor değeri bulunmaktadır. 10 adet hız kesicimiz olduğu için bu değer toplamda 300 adet konfor değeri demektir. Düşey ivmeler dikkate alınarak yapılan değerlendirmelere göre 37 adet değer konfor seviyesi konforlu çıkmıştır. Bu toplam değer % 12,33'ünü oluşturmaktadır. O_{vTV} değeri dikkate alınarak yapılan değerlendirmelere göre ise 300 adet konfor değerinden 288 adedi konforlu çıkmıştır. Bu ise toplam değer % 96'sını oluşturmaktadır. Bu sonuçlara göre O_{vTV} değerleri dikkate alınarak yapılan değerlendirmeler sonucu konforlu kategorisinde çıkan değerlerin sayısının, düşey ivme değeri dikkate alınarak belirlenen ve konforlu seviyesinde çıkan değerlerin sayısından yaklaşık olarak 8 kat fazla olduğu görülmüştür.

ISO 2631-1 standardında belirtildiği gibi titreşim her birey üzerinde farklı etkilere ve konforsuzluklara sebep olmaktadır. Bu sebepten dolayı sadece düşey ivme değerleri kullanılarak yapılacak konfor değerlendirmeleri gerçeği yansıtmayacaktır. Sonuçlarda bize düşey ivme değerlerine göre konforsuz çıkan birçok hız kesicinin, O_{vTV} değeri dikkate alınarak yapılan değerlendirmeler sonucu konforlu çıktığını göstermiştir. Bu sonuç ham düşey ivme değerleri dikkate alınarak yapılacak konfor değerlendirmelerinin doğru sonuçlar vermeyeceğini göstermiştir.

5. SONUÇLAR

Arazi çalışmalarında hız kesicilerin CORS cihazı ile yapılan ölçümleri sonucu elde edilen 3 boyutlu yüzey şekillerinin hız tümsek-2 hariç standartta belirtilenlerden çok farklı olduğu tasarım standartlarında belirtilen kriterlere uyulmadığı görülmüştür. Bunun asıl sebebinin yapım esnasında tasarım standartlarına uyulmamasının olduğu düşünülmektedir. Aynı zamanda hız kesicilerin sürücüler tarafından farkedilmelerini sağlamak için üzerinde yapılması gereken işaretlemelerin, hız tümsek-2 hariç yapılmadığı veya eksik olduğu gözlemlenmiştir. Bu eksikliklerin hız kesicilerin yapım amacı olan taşıt hızlarını azaltarak yaya güvenliğini artırmak konusunda olumsuz etkilere sebep olabileceği öngörülmektedir. Hız tümsek-2 hariç diğer hız kesicilerin tasarımı yeniden gözden geçirilip tasarım standartlarına uygun olarak tasarlanmasının uygun olacağı düşünülmektedir. Ayrıca sürücüler tarafından farkedilmelerini kolaylaştırmak için üzerinde yapılması gereken işaretlemelerinde standartlara uygun olarak yapılması gerektiği tespit edilmiştir.

Hız kesicilerin en kesit profillerinin çıkarılarak standartta belirtilen en kesit profillerle yapılan karşılaştırma sonucu sadece hız tümsek-2'nin kriterleri sağladığı görülmüştür. Çıkarılan en kesit profiller sayesinde hız kesicilerin giriş rampa eğimleri tespit edilmiştir. Yükseltilmiş yaya geçidi-2'nin giriş rampa eğiminin yükseltilmiş yaya geçidi-1'den fazla olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca yükseltilmiş yaya geçidi-2'in konfor değerlendirmesinde kullandığımız o_{vTV} değeri yükseltilmiş yaya geçidi-1'e göre daha yüksek çıkmıştır. Hız tümsekleri giriş rampa eğimleri büyüklükleri sırasıyla hız tümsek-1, hız tümsek-3 ve hız tümsek-2 şeklindedir. Bununla birlikte hız tümsek-1'in hız tümsek-2 ve hız tümsek-3'e göre daha konforsuz olduğu görülmüştür. Hız tümsek-2 ve hız tümsek-3 arasında yapılan karşılaştırmaya göre daha yüksek o_{vTV} değerlerine sahip hız tümsek-3 daha konforsuz çıkmıştır. Hız platformları arasında yapılan giriş rampa eğimi büyüklüklerinin sırasıyla hız platformu-3, hız platformu-4, hız platformu-2, hız platformu-5 ve hız platformu-1 olduğu tespit edilmiştir. Yapılan inceleme sonucunda hız platformları arasında da yüksek giriş rampa eğimine sahip olanların daha yüksek o_{vTV} değerine sahip olduğu yani daha konforsuz olduğu gözlemlenmiştir. Kısaca giriş rampa eğimi arttıkça o_{vTV} değerinin arttığı buna paralel olarak konforsuzluğun arttığı görülmüştür.

Taşıt ağırlığının konfor üzerinde yarattığı değişikliği belirlemek için çalışmalar 2 ve 4 yolcu olacak şekilde yapılmıştır. Hız kesicilerin tamamında 2 yolculu deneylerde elde edilen o_{vTV} değerlerinin 4 yolculu o_{vTV} değerlerine göre yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu durum taşıt ağırlığının arttıkça o_{vTV} değerinin düştüğünü göstermektedir. Sonuç olarak taşıt ağırlığı arttıkça yolcular üzerinde konfor seviyesinin arttığı sonucuna varılmıştır.

Taşıt hızının konfor seviyesi üzerinde ki etkisini araştırmak için 15, 20, 25, 30 ve 35 km/sa hızlarda 2 ve 4 yolcu için ayrı ayrı testler yapılmıştır. Hız kesicilerin tamamında taşıt hızı attıkça o_{vTV} değeri artmıştır. Bu sonuca göre taşıtların hızı arttıkça konfor seviyesi azalmıştır.

3 eksenli titreşim ölçümleri sonucu yapılan hesaplamalarda bir bireyin x yönünde ki ivme değerlerinin bazı durumlarda z (düşey) yönündeki ivme değerlerini geçtiği görülmüştür. Bu durum sadece z yönünde değil diğer yönlerde de ölçüm yapılmasının gerektiğini bunun titreşim değerlendirmesinin güvenilirliğini ve doğruluğunu artıracaklarını göstermiştir. Bu zamana kadar yapılan çalışmaların çoğunda ham düşey ivme ve r.m.s değerleri dikkate alınarak titreşim değerlendirmesi yapılmıştır. Oysaki standartta bulunan değerlendirme tablosundaki değerler frekans ağırlıklandırma ile bulunan o_{vTV} değerleridir. o_{vTV} değerlerinin hesaplanması için ise 3 eksenli ölçüm yapılması gerekmektedir. Bu amaçla aralarındaki farkı göstermek için ham düşey ivme değerleri ile o_{vTV} değerlerine göre elde edilen sonuçları karşılaştırabilmek için ham düşey ivme değerlerine göre de bir değerlendirme yapılmıştır. Sonuçta farklı hız ve farklı yolcu sayısındaki deneylerde sürücü/yolcuların düşey ivme değerlerinin % 87,67'sinin konforsuz kategorisinde çıktığı görülmüştür. ISO 2631-1 standardında belirtildiği şekilde o_{vTV} değerleri kullanılarak yapılan değerlendirmelere göre ise değerlerin % 4'ünün konforsuz çıktığı görülmüştür. Bu sonuca göre sadece düşey ivme değeri kullanılarak yapılacak konfor değerlendirmelerinin gerçeği yansıtmayacağı görülmüştür. İlave olarak o_{vTV} değerlerine göre hız kesicilerin % 96'sının konforlu seviyede çıkmış olması hız kesicilerin uygulanabilir olduğunu göstermeyebilir. Çünkü bazı durumlarda sürücüler titreşimi hissetmeyeceğinden hız kesicilerin taşıt hızını azaltma etkisi düşebilir. Bunun için tasarım standartlarında belirtilen kriterler dikkat alınarak en optimum tasarımın yapılmasının uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Aladdin, M.F., Jalil, N.A.A., Guan, N.Y., Rezali, K.A.M., Adam, S.A. 2019. Evaluation of Human Discomfort from Combined Noise and Whole-Body Vibration in Passenger Vehicle. International Journal of Automotive and Mechanical Engineering, 16 (2), 6808-6824.
- Anonim, 2002. Web Sitesi: <https://www.sandiego.gov/sites/default/files/legacy/planning/documents/pdf/trans/intro.pdf>, Eriřim Tarihi: 13.02.2021.
- Anonim, 2009a. Web Sitesi: <https://austroads.com.au/publications/traffic-management/agtm10-09>, Eriřim Tarihi: 14.03.2021.
- Anonim, 2009b. Web Sitesi: https://mutcd.fhwa.dot.gov/pdfs/2009r1r2/pdf_index.htm, Eriřim Tarihi: 14.03.2021.
- Anonim, 2010. Web Sitesi: <https://www.calgary.ca/ca/city-clerks/council-policy-library/alphabetical.html>, Eriřim Tarihi: 11.01.2021.
- Anonim, 2012a. Web Sitesi: https://deldot.gov/Publications/manuals/traffic_calming/pdfs/Delaware_TrafficCalmingDesignManual.pdf, Eriřim Tarihi: 11.02.2021.
- Anonim, 2012b. Web Sitesi: <https://www.dot.state.pa.us/public/pubsforms/Publications/PUB%20383.pdf>, Eriřim Tarihi: 12.02.2021.
- Anonim, 2019. Web Sitesi: <https://pub-london.escribemeetings.com/filestream.ashx?DocumentId=62620>, Eriřim Tarihi: 13.04.2021.
- Anonim, 2020. Web Sitesi: <https://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Trafik/IsaretlerElKitabi/KarayoluTrafikIsaretlemeStandartlari1.pdf>, Eriřim Tarihi: 16.05.2021.
- Anonim, 2021a. Web Sitesi: <http://www.trafik.gov.tr/istatistikler37>, Eriřim Tarihi: 11.01.2021.
- Anonim, 2021b. Web Sitesi: <https://egm.gov.tr/trafikte-hiz-ve-kaza-riski>, Eriřim Tarihi: 07.02.2021.
- Anonim, 2021c. Web Sitesi: <https://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Trafik/TrafikKazalariOzeti2020.pdf>, Eriřim Tarihi: 11.01.2021.
- Anonim, 2021d. Web Sitesi: https://safety.fhwa.dot.gov/speedmgt/traffic_calm.cfm, Eriřim Tarihi: 17.04.2021.

- Bellefleur, O., Gagnon, F. 2011. Urban Traffic Calming And Health. National Collaborating Centre for Healthy Public Policy, 159, Canada.
- Berthod, C. 2011. Traffic Calming Speed Humps and Speed Cushions, 2011 Annual Conference of the Transportation Association of Canada, Annual Conference, 17, Edmonton.
- Bilgin, E. 2018. Kent İçi Yollarda Hız Kesici Platform Ve Tümsek Profillerinin Sürüş Konforu Üzerindeki Etkilerinin Arazi Testleri, Nümerik Ve Analitik Modeller Vasıtasıyla Belirlenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı Ulaştırma Mühendisliği Programı, 486, İstanbul.
- BS 6841:1987: Guide to measurement and evaluation of human exposure to whole-body mechanical vibration and repeated shock.
- Daniel, B.S. 2012. The influence of width of road humps on operating speed, Talent Management Symposium, 1-4.
- Els, P.S. 2005. The applicability of ride comfort standards to off-road vehicles. Journal of Terramechanics, 42 (1), 47-64.
- Ewing, R.H. 1999. Traffic Calming: State of the Practice ITE/FHWA. Institute of Transportation Engineers, 237, Washington, DC.
- García, A., Moreno, A.T., Romero, M.A. 2012. A New Traffic-Calming Device: Speed Kidney. ITE Journal, 82, 12, 28-33.
- Gedik, A., Bilgin, E., Lav, A.H., Artan, R. 2019. An investigation into the effect of parabolic speed hump profiles on ride comfort and driving safety under variable vehicle speeds: A campus experience. Sustainable Cities and Society, 45, 413-421.
- Gupta, A. 2014. Study On Speed Profile Across Speed Bumps. Thesis, National Institute of Technology Rourkela, Department of Civil Engineering, 43, Rourkela.
- Hossainy, M.M. 2019. Hız Tümseklerinin Araç Ve Sürücüler/Yolcular Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması. Yüksek lisans tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 103, Bursa.
- İlgaz, A., Saltan, M. 2017. Determination of the Effects of Speed Bumps on Driver Speeds Via Mobile Cameras and A Survey Application. Cumhuriyet Science Journal, 38 (4), 822-833.
- ISO 2631-1:1997: Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 1: General requirements.

- Jasiūnienė, V., Pociūtė, G., Vaitkus, A., Ratkeviciūtė, K., Pakalnis, A. Analysis And Evaluation Of Trapezoidal Speed Humps And Their Impact On The Driver. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 13 (2), 104-109.
- Khorshid, E., Alkalby, F., Kamal, H. 2007. Measurement of whole-body vibration exposure from speed control humps. *Journal of Sound and Vibration*, 304, 640-659.
- Khademi, A., Mirzapour, S.A., Hosseini, S.S., Yusof, N.M. 2014. The Best Location for Speed Bump Installation Using Taguchi and Classical Design of Experiments. *Quality Engineering*, 26 (4), 392-403.
- Kırbaş, U., Karaşahin, M. 2018. Comparison of Speed Control Bumps and Humps according to Whole-Body Vibration Exposure. *Journal of Transportation Engineering*, 144 (9), 1-9.
- Kırbaş, U., Karaşahin, M. 2018. Investigation of ride comfort limits on urban asphalt concrete pavements. *International Journal of Pavement Engineering*, 19 (10), 949-955.
- Kordani, A.A., Molan, A.M., Monajjem, S., Sadeghvaziri, E. 2014. Simulation Modeling of Dynamic Response of Vehicles to Different Types of Speed Control Humps, Second Transportation & Development Congress 2014, 2014-6-8 to 2014-6-11, American Society of Civil Engineers, Orlando Florida, United States.
- Kumar, V., Saran, H., Guruguntla, V. 2013. Study of Vibration Dose Value and Discomfort due to Whole Body Vibration Exposure for a Two Wheeler Drive, Proceedings of the 1st International and 16th National Conference on Machines and Mechanisms (iNaCoMM2013), Dec 18-20, Mechanical and Industrial Engineering Department Indian Institute of Technology, 947-952, Roorkee, Uttarakhand, India.
- Leslie, W.B. 2000. Traffic Calming Programs & Emergency Response: A Competition of Two Public Goods. Yüksek Lisans Tezi, Teksas Üniversitesi, Enstitü Fakültesi, 276, Austin.
- Lockwood, I.M. 1997. Ite Traffic Calming Definition. *ITE Journal*, 67 (7), 22-24.
- Marjanen, Y. 2010. Validation and improvement of the ISO 2631-1 (1997) standard method for evaluating discomfort from whole-body vibration in a multi-axis environment. PhD, Loughborough University, 311, Leicestershire.
- Moretti, L., Loprencipe, G., Pantuso, A., Banfi, E. 2019. Raised Pedestrian Crossings: Analysis of Their Characteristics on a Road Network and Geometric Sizing Proposal. *Applied Sciences*, 9 (14), 1-23.
- Nahvi, H., Nor, M., Fouladi, M.H., Abdullah, S. 2006. Evaluating automobile road vibrations using BS 6841 and ISO 2631 comfort criteria, 1st Regional Conference on Vehicle Engineering & Technology, 3-5 July 2006, Noise &

Vibrations Research Group, Dept. of Mechanical and Materials Engineering
Faculty of Eng., University Kebangsaan Malaysia, 1-8, Bangi, Selangor,
Malaysia.

- Nahvi, H., Nor, M., Fouladi, M.H. 2009. Evaluation of Whole-Body Vibration and Ride Comfort in a Passenger Car. *International Journal of Acoustics and Vibrations*, 14 (3), 143-149.
- Nassiri, P., Mohammadi, I.A., Beheshti, M.H., A'azam, K. 2014. Root Mean Square Acceleration (RMS), Crest Factor and Hand- Arm Vibration Dose Value In Tiller Users. *International Journal of Occupational Hygiene*, 6 (4), 156-164.
- Paddan, G.S. and Griffin, M.J. 2002. Evaluation of whole-body vibration in vehicles. *Journal of Sound and Vibration*, 253 (1), 195-213.
- Paddan, G.S., Arrowsmith, C.I., Rimell, A.N., King, S.K., Mansfield, N.J., Holmes, S.R. 2012. The influence of seat backrest angle on perceived discomfort during exposure to vertical whole-body vibration. *Ergonomics*, 55 (8), 923-936.
- Park, S.J., Subramaniyam, M. 2013. Evaluating Methods of Vibration Exposure and Ride Comfort in Car. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 32 (4), 1-7.
- Parkhill, M., Eng., P., Sooklall, R., Sc, M.A., Bahar, G., Eng., P. 2007. Updated Guidelines for the Design and Application of Speed Humps, ITE 2007 Annual Meeting and Exhibit, 2007-8-5 to 2007-8-8, Institute of Transportation Engineers (ITE), 13p, Pittsburgh PA, United States.
- Pau, M., Angius, S. 2001. Do speed bumps really decrease traffic speed? An Italian experience. *Accident Analysis and Prevention*, 33 (5), 585-597.
- Pešić, D., Antić, B., Vujanić, M., Lipovac, K. 2013. The influence of speed bumps heights to the decrease of the vehicle speed – Belgrade experience. *Safety Science*, 57, 303-312.
- Plewa, K.M., Eger, T.R., Oliver, M.R., Dickey, J.P. 2012. Comparison between ISO 2631–1 Comfort Prediction Equations and Self-Reported Comfort Values during Occupational Exposure to Whole-Body Vehicular Vibration. *Journal Of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, 31 (1), 43-53.
- Ponnaluri, R.V., P.E., Groce, P.W. 2005. Operational Effectiveness of Speed Humps in Traffic Calming. *Institute of Transportation Engineers. ITE Journal*, 75 (7), 26-30.
- Pratelli, A., Pratali, R., Rossi, M. 2011. Raised Crosswalks Efficacy On The Lowering Of Vehicle Speeds. *Urban Transport XVII*, 116 (12), 541-552.
- Rao, M.J., Sivapirakasam, S.P., Arora, G. 2018. Whole body vibration analysis for children in midi school bus, 2nd International conference on Advances in Mechanical Engineering (ICAME 2018), 22-24 March, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 402, Kattankulathur, India.

Song, L., Feng, G., Guoyan, X., Nenggen, D. 2014. The Best Speed Limit Range For Road Hump. *Applied Mechanics and Materials*, 490-491, 891-896.

Ullah, A., Hussain, S., Wasim, A., Jahanzaib, M. 2016. Usage and impacts of speed humps on vehicles: A review. *Journal of Advanced Review on Scientific Research*, 28 (1), 1-17.

TS 6283: Yol sathı hız kontrol elemanları-Tümsekler (kasisler).

TS 7249: Şehir içi yolları-Boyutlandırma ve tasarım esasları.

TSE K 16: Tümsekler (kasisler) hız kesici ve yükseltilmiş yaya geçidi.

Zainuddin, N.I., Adnan, M.A., Diah, J.M., Sulaiman, N. 2012. The optimization of speed hump design: A case study in Malaysia residential streets, 2012 IEEE Colloquium on Humanities, December 3-4, Science and Engineering (CHUSER), 368-373, Kota Kinabalu, Malaysia.

Zhao, X., Kremb, M., Schindler, C. 2013. Assessment of wheel loader vibration on the riding comfort according to ISO standards. *Vehicle System Dynamics*, 51 (10), 1548–1567.

Zhao, X., Schindler, C. 2014. Evaluation of whole-body vibration exposure experienced by operators of a compact wheel loader according to ISO 2631-1:1997 and ISO 2631-5:2004. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 44 (6), 840-850.

EKLER

EK-1

a_{vtv} Değerleri (m/s^2)

	Hız Kesici Nu.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Taşıt Hızı	Yolcu Sayısı	Yolcu Nu.	a _{vtv} değeri (m/s²)									
15 km/sa	2 Yolcu	1	0,089	0,202	0,117	0,071	0,096	0,014	0,089	0,135	0,091	0,046
		2	0,122	0,193	0,186	0,074	0,115	0,017	0,093	0,146	0,099	0,043
	4 Yolcu	1	0,054	0,141	0,110	0,035	0,072	0,012	0,055	0,132	0,088	0,040
		2	0,118	0,146	0,179	0,073	0,097	0,013	0,072	0,144	0,097	0,042
		3	0,096	0,187	0,109	0,053	0,064	0,010	0,035	0,146	0,095	0,027
		4	0,025	0,029	0,090	0,041	0,088	0,016	0,041	0,145	0,100	0,035
20 km/sa	2 Yolcu	1	0,183	0,207	0,152	0,087	0,106	0,059	0,135	0,202	0,143	0,133
		2	0,224	0,247	0,216	0,091	0,140	0,065	0,174	0,220	0,177	0,160
	4 Yolcu	1	0,098	0,158	0,142	0,056	0,101	0,055	0,127	0,195	0,129	0,123
		2	0,137	0,201	0,088	0,090	0,111	0,060	0,140	0,212	0,157	0,128
		3	0,112	0,206	0,165	0,056	0,093	0,054	0,138	0,210	0,143	0,098
		4	0,041	0,195	0,164	0,054	0,124	0,051	0,140	0,240	0,143	0,119
25 km/sa	2 Yolcu	1	0,213	0,241	0,177	0,120	0,159	0,078	0,190	0,238	0,193	0,137
		2	0,249	0,270	0,256	0,124	0,205	0,097	0,203	0,242	0,221	0,170
	4 Yolcu	1	0,157	0,162	0,187	0,096	0,141	0,067	0,131	0,232	0,136	0,127
		2	0,184	0,212	0,212	0,123	0,197	0,066	0,148	0,232	0,168	0,130
		3	0,163	0,213	0,193	0,099	0,106	0,060	0,152	0,235	0,169	0,114
		4	0,050	0,205	0,200	0,089	0,133	0,063	0,147	0,290	0,158	0,130
30 km/sa	2 Yolcu	1	0,257	0,280	0,221	0,144	0,183	0,091	0,261	0,280	0,270	0,143
		2	0,288	0,307	0,329	0,151	0,195	0,098	0,271	0,307	0,297	0,173
	4 Yolcu	1	0,187	0,203	0,186	0,098	0,133	0,082	0,136	0,260	0,142	0,135
		2	0,213	0,304	0,255	0,135	0,157	0,076	0,169	0,250	0,172	0,166
		3	0,193	0,300	0,197	0,104	0,112	0,080	0,170	0,266	0,174	0,138
		4	0,060	0,247	0,186	0,095	0,112	0,087	0,192	0,296	0,201	0,167
35 km/sa	2 Yolcu	1	0,262	0,343	0,289	0,227	0,265	0,116	0,269	0,316	0,276	0,144
		2	0,291	0,324	0,419	0,257	0,378	0,126	0,288	0,317	0,306	0,179
	4 Yolcu	1	0,203	0,230	0,286	0,202	0,215	0,111	0,146	0,272	0,147	0,140
		2	0,250	0,322	0,394	0,140	0,372	0,103	0,171	0,253	0,173	0,169
		3	0,213	0,313	0,251	0,137	0,174	0,104	0,175	0,318	0,179	0,170
		4	0,079	0,267	0,252	0,182	0,201	0,107	0,205	0,355	0,233	0,176

Düşey İvme Değerleri (m/s²)

15 km/sa							
	Hız Kesici	2 Yolcu		4 Yolcu			
		1.Yolcu	2.Yolcu	1.Yolcu	2.Yolcu	3.Yolcu	4.Yolcu
Yükseltilmiş Yaya Geçidi	1	0,468	0,545	0,420	0,565	0,333	0,377
	2	0,282	0,376	0,271	0,350	0,345	0,335
Hız Tümsek	1	0,620	0,911	0,532	0,924	0,602	0,556
	2	0,358	0,367	0,300	0,405	0,271	0,316
	3	0,456	0,600	0,443	0,639	0,444	0,624
Hız Platformu	1	0,136	0,137	0,113	0,140	0,097	0,138
	2	0,285	0,301	0,292	0,308	0,320	0,362
	3	0,461	0,481	0,452	0,460	0,594	0,804
	4	0,288	0,314	0,283	0,321	0,352	0,365
	5	0,217	0,366	0,391	0,390	0,417	0,523
20 km/sa							
	Hız Kesici	2 Yolcu		4 Yolcu			
		1.Yolcu	2.Yolcu	1.Yolcu	2.Yolcu	3.Yolcu	4.Yolcu
Yükseltilmiş Yaya Geçidi	1	0,400	0,538	0,503	0,542	0,462	0,723
	2	0,372	0,456	0,356	0,412	0,351	0,410
Hız Tümsek	1	0,709	1,201	0,626	0,962	0,698	0,651
	2	0,568	0,471	0,431	0,676	0,492	0,548
	3	0,518	0,753	0,507	0,735	0,615	0,834
Hız Platformu	1	0,182	0,258	0,197	0,214	0,152	0,182
	2	0,364	0,541	0,329	0,399	0,400	0,441
	3	0,570	0,493	0,536	0,518	0,516	0,621
	4	0,302	0,369	0,328	0,359	0,368	0,415
	5	0,378	0,582	0,329	0,377	0,416	0,475

EK-3

25 km/sa							
	Hız Kesici	2 Yolcu		4 Yolcu			
		1.Yolcu	2.Yolcu	1.Yolcu	2.Yolcu	3.Yolcu	4.Yolcu
Yükseltilmiş Yaya Geçidi	1	0,519	0,627	0,596	0,836	0,458	0,538
	2	0,336	0,522	0,349	0,568	0,412	0,447
Hız Tümsek	1	0,761	1,325	0,772	1,151	1,222	0,899
	2	0,491	0,666	0,509	0,821	0,598	0,553
	3	0,570	0,774	0,530	0,817	0,547	0,683
Hız Platformu	1	0,248	0,263	0,224	0,188	0,155	0,209
	2	0,423	0,469	0,394	0,399	0,354	0,426
	3	0,474	0,423	0,459	0,448	0,523	0,552
	4	0,328	0,395	0,345	0,425	0,389	0,524
	5	0,696	0,536	0,368	0,476	0,386	0,610
30 km/sa							
	Hız Kesici	2 Yolcu		4 Yolcu			
		1.Yolcu	2.Yolcu	1.Yolcu	2.Yolcu	3.Yolcu	4.Yolcu
Yükseltilmiş Yaya Geçidi	1	0,611	0,815	0,610	0,815	0,492	0,610
	2	0,396	0,650	0,365	0,794	0,442	0,472
Hız Tümsek	1	0,891	1,468	0,821	1,419	1,240	0,913
	2	0,601	0,697	0,574	0,739	0,622	0,666
	3	0,640	0,998	0,685	1,059	0,620	0,705
Hız Platformu	1	0,296	0,307	0,304	0,322	0,249	0,254
	2	0,463	0,412	0,477	0,427	0,364	0,478
	3	0,497	0,488	0,515	0,482	0,459	0,565
	4	0,403	0,438	0,395	0,492	0,466	0,694
	5	0,495	0,500	0,408	0,515	0,403	0,691
35 km/sa							
	Hız Kesici	2 Yolcu		4 Yolcu			
		1.Yolcu	2.Yolcu	1.Yolcu	2.Yolcu	3.Yolcu	4.Yolcu
Yükseltilmiş Yaya Geçidi	1	0,748	1,041	0,826	1,140	0,582	0,825
	2	0,441	0,825	0,509	0,857	0,478	0,592
Hız Tümsek	1	0,919	1,594	1,025	1,597	1,190	1,437
	2	0,557	0,683	0,715	0,777	0,679	0,771
	3	0,730	0,930	0,748	1,123	0,685	0,776
Hız Platformu	1	0,319	0,376	0,330	0,422	0,307	0,328
	2	0,480	0,595	0,464	0,442	0,486	0,592
	3	0,547	0,562	0,511	0,477	0,552	0,674
	4	0,462	0,497	0,484	0,503	0,525	0,754
	5	0,456	0,548	0,396	0,523	0,489	0,703