

**HIZ TÜMSEKLERİNİN ARAÇ VE
SÜRÜCÜLER/YOLCULAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Mohammad Mahdi HOSSAINY



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HIZ TÛMSEKLERİNİN ARAÇ VE SÛRÛCÛLER/YOLCULAR ÜZERİNDEKİ
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Mohammad Mahdi HOSSAINY

(Orcid: 0000-0002-2900-6743)

Doç. Dr. Turan ARSLAN

(Orcid: 0000-0003-1313-3091)

(Danışman)

YÛKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÛHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI


BURSA – 2019

TEZ ONAYI

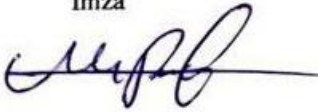
Mohammad Mahdi HOSSAINY tarafından hazırlanan “HIZ TÜMSEKLERİN ARAÇ VE SÜRÜCÜLER/YOLCULAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI” adlı tez çalışması aŗağıdaki jüri tarafından oy birliğı ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnŗaat Mühendisliğı Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiŗtir.

Danışman : Doç. Dr. Turan ARSLAN

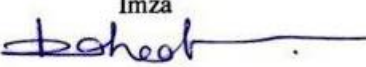
Başkan : Doç. Dr. Turan ARSLAN
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
İnŗaat Mühendisliğı Anabilim Dalı
(Orcid: 0000-0003-1313-3091)

İmza


ye : Doç. Dr. Ali DURMUŞ
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Makine Mühendisliğı Anabilim Dalı
(Orcid: 0000-0003-2487-7344)

İmza


ye : Dr. Öğr. Üyesi Bahadır YILMAZ
Bursa Teknik Üniversitesi,
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi,
İnŗaat Mühendisliğı Anabilim Dalı
(Orcid: 0000-0001-8328-5328)

İmza


Yukarıdaki sonucu onaylıyorum


Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN
Enstitü Müdürü
.../.../2019

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

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

beyan ederim.

 4/11/ 2019

Mohammad Mahdi HOSSAINY

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HIZ TÜMSEKLERİNİN ARAÇ VE SÜRÜCÜLER/YOLCULAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Mohammad Mahdi HOSSAINY

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Turan ARSLAN

Trafik sakinleştirme için en fazla tercih edilen yöntemlerin başında hız tümsekleri uygulaması gelmektedir. Dolayısıyla hız tümseği uygulamalarının mevcut standartlara uyumluluğu, belirlenen hız azaltma hedeflerine ulaştırıp ulaşmadığı ve araç/yolcu üzerindeki etkilerinin belirlenmesi gibi hususların araştırması önem kazanmaktadır. Bu çalışmada uygulanan hız tümseklerinin standartlara uygunluğu ve araç/yolcu üzerindeki yarattığı titreşimin etkileri konfor açısından değerlendirmesi amaçlanmaktadır. Çalışma kapsamında Bursa Nilüfer Bölgesinde bulunan Uludağ Üniversitesi içerisinde son yıllarda yaygın olarak kullanılan hız tümsekleri örnek alınarak, bunların Türkiye standardında (TS 6283) uygunluğunu kontrol edilmiş ve bu tümseklerin araçlar ve sürücüler/yolcular üzerindeki etkileri konfor bakımından değerlendirilmektedir.

Bu çalışma üç aşamadan oluşmaktadır. Simülasyon yöntemi ile arazideki uygulanan tümseklerin modellerini oluşturularak değişik hızda meydana gelen titreşimlerin düşey ivmeler cinsinden elde edilerek sürücü/yolcu açısından konfor seviyelerini teorik olarak belirlenmesi (ISO 2631-1 standardına göre) çalışmanın ilk aşamasında yer almaktadır. İkinci aşamasında ise arazideki gözlemlenen araçların tespit edilen geçiş hızlarına göre sürücü/yolcu hissettikleri öznel (sübjektif) konfor seviyelerinin belirlenmesini içermektedir. İlk aşamada kurulan model ile arazi gözlemlerinde tespit edilen hızlara göre belirlenmiş ivmeler vasıtasıyla elde edilen konfor seviyelerin değerleriyle ikinci aşamada gözleme dayalı olarak anket yoluyla tespit edilmiş öznel konfor değerleri arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak değerlendirmesi çalışmanın son aşamasını oluşturmaktadır. Bulunan bulgular doğrultusunda trafik sakinleştirme ulaşımda uygulanan hız tümseklerinin ne kadar etkin oldukları değerlendirmeler ve önerilen sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Hız Tümsekleri, Trafik Sakinleştirme, Trafik güvenliği
2019, ix + 88 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

INVESTIGATING THE EFFECTS OF SPEED HUMPS ON VEHICLES AND DRIVERS/PASSENGERS

Mohammad Mahdi HOSSAINY

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Doç. Dr. Turan ARSLAN

Speed humps in one of the most preferred methods for traffic calming. Therefore, it is important to investigate their application compliance with the current standards and the level of speed reduction that they aimed to provide as well as to investigate their effects on vehicles, drivers/passengers. In this study, it is aimed to evaluate the conformity of the applied speed humps with the current standards and the effects on the vehicles/passengers. Therefore, speed humps which have recently been widely applied in Bursa Uludağ University campus, Nilüfer/Bursa have been taken into consideration. These speed humps first been checked to determine the level of conformity with the turkey standard (TS 6283) and then their effects on passengers have been evaluated in terms of comfort.

This study consists of three stages. The first stage of the study constitutes modeling the humps and vehicles by means of simulation technique. In this stage, the vibrations in terms of vertical accelerations for different types of vehicles with varying speeds are determined by the model. The comfort levels that drivers/passengers experience are also defined according to ISO 2631-1 standard. The second phase involves conducting a survey that aimed to determine the subjective comfort levels of the drivers/passengers according to passing over speeds of the vehicles observed in the field. In the last stage, the statistical measure of association between the theoretical comfort values that have been obtained by the simulation models with respect to passing over speeds on humps and the subjective comfort values derived from the survey has been investigated. According to the findings, the efficiency of the speed humps currently in use on the campus has been evaluated and suggestions have been developed accordingly.

Key words: Speed Humps, Traffic Calming, Traffic Safety
2019, ix + 88 pages.

TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmanın gerekleőmesinde, alıőma konusunun belirlenmesinden başlayarak bütün alıőma süreci içinde bizzat bulunan, her aşamada bilgilerini, tecrübelerini ve değerli zamanlarını esirgemeyerek bana her fırsatta yardımcı olan değerli tez danıőmam hocam Sayın Doç. Dr. Turan ARSLAN'a saygı ve teőekkürlerimi sunarım. Değerli katkılardan ötürü jüri üyelerine teşekkür ederim.

Tezimin istatistiksel yöntemlerinin analizlerinde büyük destek olan Sayın Prof. Dr. Nuran BAYRAM ARLI 'ya teőekkürlerimi sunarım.

Tez alıőma sırasında desteklerini esirgemeyen, tezimi okuyup gereken düzeltmeleri yapmamda yardımcı olan Sayın Arő. Gör. őerife Gülsüm DEMİR, Sayın Arő. Gör. Mehmet RİZELİOğLU ve sevgili meslektaőım İnşaat Müh. Mehmet Fatih Arat'a katkılardan dolayı teőekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her anında bana maddi ve manevi yardımlarını hiçbir zaman eksik etmeyen aileme sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Mohammad Mahdi HOSSAINY

4/11/2019

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Trafik Güvenliği	3
2.2. Hız ve Trafik Güvenliği	4
2.3. Hız ve Kaza Sonucu	5
2.4. Hızın Kaza Üzerindeki Etkisi	6
2.5. Trafik Güvenliğini Artırma Yöntemleri	7
2.6. Trafik Sakinleştirme	9
2.7. Trafik Sakinleştirmenin Tarihçesi	9
2.8. Trafik Sakinleştirmeye İlgili Araştırmalar	11
2.9. Trafik Sakinleştirmeye Yönelik Önlemler	12
2.10. Trafik Hızının Kontrolüne Yönelik Önlemler	14
2.11. Düşey Trafik Sakinleştirme Önlemleri	14
2.12. Yatay Trafik Sakinleştirme Önlemleri	17
2.13. Hız Tümsekleri	21
2.14. Konforsuzluk Kriterlerinin Belirlenmesi	27
2.15. ISO 2631-1	28
2.16. Titreşimleri Konfor Açısından Değerlendirme	34
3. MATERYAL VE YÖNTEM	35
3.1. Çalışma Kapsamı	35
3.2. Kullanılan Teknik Donanımlar ve Yazılımlar	35
3.3. Hız Tümseklerinin TS 6283 Standardına Uygunlukları	36
3.4. Araçlarının Geçiş Hızlarının Belirlenmesi	38
3.5. Simülasyon Yöntemi İle İlgili Genel Bilgiler	39
3.6. Adams/Car Ortamında Yol ve Hız Tümseklerinin Modellenmesi	40
3.7. Adams/Car Ortamında Kullanılan Araç Özellikleri	41
3.8. Titreşimlerin Analizi ve Değerlendirilmesi	42
3.9. Ankette Elde Edilen Değerlerin ve Simülasyon Çıktılarının Kıyaslanması	43
3.10. Anket Çalışması	43
3.11. Kullanılan İstatistiksel Yöntemler	45
3.11.1. Cohen'in kappa testi	45
3.11.2. Logit regresyon analizi	46
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	49
4.1. Hız Tümseklerinin Uygunluklarının Araştırılması	49
4.2. Arazi ve Simülasyon Verilerin Karşılaştırılması: Modelin Uygunluğu	51
4.3. Simülasyon Yöntemi ile Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi	53

4.4. Öznel Konfor ve Hız-Cinsiyet-Yaş İlişkisi	57
4.4.1. Cinsiyetin konfor üzerindeki etkileri	58
4.4.2. Yaşın konfor üzerindeki etkileri.....	59
4.4.3. Hızın konfor seviyelerinin üzerindeki etkisi	60
4.5. Teorik Konfor-Öznel Konfor Uyumu	61
4.6. Sıralı Logit Regresyon Sonuçları	62
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	65
KAYNAK	68
EKLER	71
EK 1. Arazide ölülen tümseklerin kesit profilleri	72
EK 2. Arazi (Bilgin, 2018) ve simülasyon sonuçları	74
EK 3. Simülasyon sürecinde farklı hızlar için No 6 ve standart tümsek ivmelerinin karşılaştırıldığı grafikleri.....	76
EK 4. Simülasyon sürecinde Adams/car yazılımında oluşturulan modeller	81
EK 5. Sıralı logistik regresyon sonuçları	86
ÖZGEÇMİŞ	88

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklamalar
A	Alan
a_w	Frekans ağırlıklı ivme
H_z	Hertz
L	Uzunluk
f	Frekans
T	Ölçüm Süresi
T	Zaman
V	Hız
W	Genişlik

Kısaltmalar	Açıklamalar
ADAMS	Automated Dynamic Analysis of Mechanical Systems
BS	British Standards
BUÜ	Bursa Uludağ Üniversitesi
DVD	Vibration Dose Value
ECMT	European Conference of Ministers of Transport
EDS	Elektronik Denetleme Sistemi
EGM	Emniyet Genel Müdürlüğü
ISO	International Organization for Standardization
ITE	Institute of Transportation Engineers
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurum
TS	Türkiye Standardı
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
RMS	Root Mean Square
RMQ	Root Mean Quad
SUV	Sport Utility Vehicle
TBB	Türkiye Belediyeler Birliği
WH	Humps Width
WR	Road Width
WOH	World Health Organization

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Hızlara göre tepki verme frenleme mesafesi	5
Şekil 2.2. Bir aracın çarptığı yayanın ölümcül yaralanma olasılığı	6
Şekil 2.3. Ortalama hızdaki değişimle kazalardaki değişim ilişkisi.....	7
Şekil 2.4. Hız tümseklerin görünüş tipleri	15
Şekil 2.5. Hız kesici platformun görünüş tipleri	16
Şekil 2.6. Yükseltilmiş kavşak tipi.....	17
Şekil 2.7. Dairesel trafik ada	18
Şekil 2.8. Yön saptırıcı tipleri	19
Şekil 2.9. Yolu kenardan daraltma	19
Şekil 2.10. Yolun tümüyle kapatılması	20
Şekil 2.11. Yolun kısmen kapatılması	21
Şekil 2.12. Hız tümseklerinin tipleri	25
Şekil 2.13. TS 8283 standardına göre hız tümseğinin profili.....	25
Şekil 3.1. BUÜ Görükle Kampüsü yol ağı ve çalışma için seçilen hız tümseklerinin konumları	37
Şekil 3.2. Hız tümseklerinin profillerinin belirlenmesi için arazide yapılan ölçümler ...	38
Şekil 3.3. Bandicut Video Cutter arayüzü ile araçların tümsekten geçiş sürelerinin tespit edilmesi	39
Şekil 3.4. Çalışma bölgesi BUÜ Görükle yol ağı ve hız tümseklerinin Adams/Car ortamındaki modeli	41
Şekil 3.5. Bir otomobilin hız tümseğinden geçişi sırasında kaydedilen ivmesi.....	41
Şekil 3.6. İvme-zamana bağlı değişim ve ivme frekans dağılımı	42
Şekil 4.1. Arazide No 1 tümseğinin profili	49
Şekil 4.2. Arazide No 6 tümseğinin profili	49
Şekil 4.3. Arazide No 7 tümseğinin profili	50
Şekil 4.4. Arazide No 8 tümseğinin profili	50
Şekil 4.5. Arazi (Bilgin, 2018) ve simülasyon sonuçları: a) No 1 b) No 2 c) No 3 Tümsekleri.....	52
Şekil 4.6. Tümseklerin Hız-RMS grafikleri ve konfor aralıkları	56
Şekil 4.7. Cinsiyete göre konfor seviyeleri	59
Şekil 4.8. Yaş aralıklarına göre konfor seviyeleri.....	59
Şekil 4.9. Farklı geçiş hız aralıklarına göre öznel konfor seviyelerin dağılımı	60
EK Şekil 1.1. Hız tümsek platform-2 kesiti	72
EK Şekil 1.2. Hız tümsek platform-3 kesiti	72
EK Şekil 1.3. Hız tümsek platform-4 kesiti	72
EK Şekil 1.4. Hız tümsek platform-5 kesiti	73
EK Şekil 2.1. No 4 tümseği arazi Bilgin (2018) ve simülasyon RMS değerleri.....	74
EK Şekil 2.2. No 5 tümseği arazi Bilgin (2018) ve simülasyon RMS değerleri.....	74
EK Şekil 2.3. No 6 tümseği arazi Bilgin (2018) ve simülasyon RMS değerleri.....	75
EK Şekil 2.4. No 7 tümseği arazi Bilgin (2018) ve simülasyon RMS değerleri.....	75
EK Şekil 3.1. V=10 km/sa için ivme-zaman ve frekans dağılımı.....	76
EK Şekil 3.2. V=12 km/sa için ivme-zaman ve frekans dağılımı.....	76
EK Şekil 3.3. V=15 km/sa için ivme-zaman ve frekans dağılımı.....	76
EK Şekil 3.4. V=17 km/sa için ivme-zaman ve frekans dağılımı.....	77
EK Şekil 3.5. V=20 km/sa için ivme-zaman ve frekans dağılımı.....	77
EK Şekil 3.6. V=23 km/sa için ivme-zaman ve frekans dağılımı.....	77

EK Şekil 3.7. $V=25$ km/sa için ivme-zaman ve frekans dağılımı.....	78
EK Şekil 3.8. $V=27$ km/sa için ivme-zaman ve frekans dağılımı.....	78
EK Şekil 3.9. $V=30$ km/sa için ivme-zaman ve frekans dağılımı.....	78
EK Şekil 3.10. $V=33$ km/sa için ivme-zaman ve frekans dağılımı.....	79
EK Şekil 3.11. $V=35$ km/sa için ivme-zaman ve frekans dağılımı.....	79
EK Şekil 3.12. $V=37$ km/sa için ivme-zaman ve frekans dağılımı.....	79
EK Şekil 3.13. $V=40$ km/sa için ivme-zaman ve frekans dağılımı.....	80
EK Şekil 4.1. Adams/Car ortamında üç boyutlu noktasal olarak yol oluşturma	81
EK Şekil 4.2. Yolun x - y koordinatlarının tanımlanan.....	81
EK Şekil 4.3. Yolun alt yapısının özellikleri	82
EK Şekil 4.4. Adams/Car yazılımında hız tümseğinin boyutlarını noktasal koordinat şeklinde detalarının tanımlaması.....	82
EK Şekil 4.5. Adams ortamında hız tümseğinin modeli	83
EK Şekil 4.6. Simülasyon yöntemde kullanılan araç modeli.....	83
EK Şekil 4.7. Aracın ağırlığının belirlenmesi.....	84
EK Şekil 4.8. Belirlenen hızla modelin analiz edilmesi.....	84
EK Şekil 4.9. Test sırasında otomobile oluşturan titreşimleri (ivme zamana bağlı) ifadesi	85

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Türkiye’de meydana gelen trafik kaza istatistikleri.....	4
Çizelge 2.2. Trafik kazalarına (ölümlü-yaralanmalı) neden olan kusurlar	4
Çizelge 2.3. Trafik sakinleştirme önlemlerinin sınıflandırılması.....	13
Çizelge 2.4. Trafik sakinleştirme uygulamaların hız ve hacim üzerindeki etkileri	14
Çizelge 2.5. Farklı eksenler için önerilen frekans ağırlıkları faktörleri	29
Çizelge 2.6. Farklı eksenler için ek frekans ağırlıkları faktörleri	29
Çizelge 2.7. 1/3 Oktav bandında faktör ağırlıkları.....	30
Çizelge 2.8.1/3 Oktav bandında ek frekans ağırlıkları.....	31
Çizelge 2.9. Frekans ağırlıklı ivmeye göre konfor seviyelerinin sınır değerleri.....	34
Çizelge 2.10. Konfor seviyelerinin alt ve üst limit değerleri	34
Çizelge 3.1. Tümseklerin sürücü/yolcu üzerindeki etkilerini konfor bakımından araştırmak için hazırlanan anket.....	44
Çizelge 3.2. Teorik ve öznel konfor uyum tablosu	45
Çizelge 3.3. Kappa kat sayılarının yorumlaması	46
Çizelge 4.1. Bilgin’in (2018) arazi testleri sonuçları ile simülasyon yöntemlerinin karşılaştırılması	51
Çizelge 4.2. Farklı hızlar için standart tümseğinin (TS 6283) simülasyon çıktıları	53
Çizelge 4.3. Farklı hızlar için No 1 tümseğinin simülasyon çıktıları.....	54
Çizelge 4.4. Farklı hızlar için No 6 tümseğinin simülasyon çıktıları.....	54
Çizelge 4.5. Farklı hızlar için No 7 tümseğinin simülasyon çıktıları.....	55
Çizelge 4.6. Farklı hızlar için No 8 tümseğinin simülasyon çıktıları.....	55
Çizelge 4.7. Ankete ilişkin veriler.....	58
Çizelge 4.8. Teorik ve öznel konfor çapraz tablosu.....	61
Çizelge 4.9. SPSS analizi ile elde edilen kappa değeri	61
Çizelge 4.10. Generalized linear models SPSS sonuçları	63
EK Çizelge 5. Anket sonuca ve bağımlı değişken kategorilerine ait betimleyici bilgiler	86

1. GİRİŞ

Kentleşme ile beraber artan yaşam standartları taşıt kullanımı artırmış ve buna paralel olarak kentlerde genel trafik problemleri de ortaya çıkmıştır. Doğal olarak yayalara ve motorsuz taşıtlara hizmet eden yollarda da motorlu taşıtların kullanımı trafik güvenliği sorununu doğurmuştur. Özellikle kentsel yol ağı içerisinde bulunan çocukların oyun oynadığı, insanların yürüyebildiği, bisiklet sürebildiği, dinlenebildiği ve kamusal sosyalleşme mekânları olarak görülen sokaklar ve yollar gün geçtikçe trafik güvenliği sorunu yüzünden bu işlevini kaybederek yerini daha çok motorlu araç trafiğine bırakmıştır.

Diğer yandan kentlerde hem sosyal aktivite açısından hem de güvenlik ve çevre kirliliği açısından büyük sorunlar ile mücadele edilmektedir. Bu nedenle bu sorunların önüne geçebilmek için Kanada, Amerika ve bazı gelişmiş Avrupa ülkeleri birçok önlem geliştirmişlerdir (Ewing, 1999). Bu önlemler arasında en önemlisi yollarda hız tümseği gibi çeşitli fiziksel değişiklikler yapılarak araçların akışının denetlenmesidir. Hız tümsekleri; yolun platform genişliği boyunca belirli genişlik ve yükseklikte yapılan fiziksel engeldir (Kaygısız, 2012). Sürücüler bu tümseklerin üzerinden geçerken maruz kaldıkları titreşim etkilerini en aza indirmek ve daha konforlu seyahat yapmak için doğal olarak araçlarının hızlarını düşürmek zorunda kalırlar. Böylece, araçların hızları düşürülünce hem yolun güvenliği sağlanmış olur hem de rahatsız eden sarsıntı ve titreşimlerden kaçınılmış olunur. Yani araçlar hızlarını azaltarak diğer yol kullanıcıları için daha güvenli ve kullanışlı bir ortam sağlamaktadır. Türkiye’de ise Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) ve belediyeler tarafından bu yöntem yaygın olarak uygulanmaktadır. Diğer bir deyişle yaya trafiğinin fazla olduğu yerlerde trafik sakinleştirmeye yönelik hız tümseklerinin kullanılması en uygun ve etkin yöntemdir.

Hız ile trafik kazası sonuçları arasında doğrudan bir ilişki vardır. Çünkü hız arttıkça aracın kontrol edilmesi de o oranda güçleşir. Özellikle hız sınırı uygulamasının zorunlu olduğu dönemeçler, kalabalık sokaklar ve eğimli yol kesimlerinde yüksek hız doğrudan doğruya kazaya sebep olabilmektedir. Yüksek hızda kullanılan bir araç, durmasını gerektiren bir engelle karşılaştığında; daha fazla fren mesafesine ihtiyaç duymaktadır. Bunun bir nedeni de sürücünün durmak için gerekli tepkiyi verme süresi (intikal reaksiyon süresi) boyunca

mevcut mesafenin önemli bir kısmı yine hız nedeniyle yutulmasıdır. Bu nedenle yol üzerinde bir engelle karşılaşan araç, ne kadar hızlı ise gerekli mesafede durması o kadar zorlaşmakta, bu da kaza riskini arttırmaktadır. Örneğin, Güney Afrika, Belçika, Finlandiya, Fransa, İngiltere, ABD ve Yeni Zelanda gibi ülkelerde yapılan hız tümsekleri uygulamaları yollarda meydana gelen kazaları %8-40 arasında azaltmıştır (EGM, 2011).

Bu çalışmada özellikle Bursa Nilüfer bölgesinde bulunan ve son yıllarda Uludağ Üniversitesi içerisinde yaygın olarak kullanılan Türkiye standartları referans alınarak yapılan hız tümsekleri incelenmiştir. Bu tümsekler örnek alınarak öncelikle bunların standartlara uyup uymadığı kontrol edilmiştir. Aynı zamanda, bu hız tümseklerinin taşıt ve sürücüler üzerindeki etkileri benzetim (simülasyon) yöntemi ile modellenmiştir. Ayrıca yapılan anket çalışması ile sürücülerin öznel konfor derecelendirmeleri elde edilmiştir. Teorik elde edilen konfor değerleri ve öznel konfor değerleri arasındaki ilişkiler istatistiksel yöntemler kullanılarak değerlendirilmiştir.

Bu doğrultuda ilk olarak Uludağ Üniversitesi içerisinde belirlenen hız tümseklerinin profilleri tespit edilmiş ve bu profillerin TS 6283 standardında tanımlanan geometrik özelliklere uygunluğu kontrol edilmiştir. Ardından bu tümsek profillerinin Adams/Car yazılımında modelleri oluşturulmuştur. Yazılımda bulunan hazır araç modellerinin özellikleri (taşıtların ağırlığı, amortisör sönüm oranı ve yay katsayısı) gerçek araç özellikleri değerlerine uygun olacak şekilde değiştirilmiştir. Benzetim modeli içinde bu araçların farklı hızlarda tümsekten geçişleri sağlanmıştır. Böylece geçiş sırasında meydana gelen titreşimler ivme cinsinden kaydedilmiştir. Bu ivmelerin sürücü/yolcu üzerindeki etkileri teorik olarak ISO 2631-1 standardında tanımlanan konfor seviyelerine göre tespit edilmiştir. Ayrıca arazide gözlemlenen araç hızlarına göre ve anket yoluyla (yüz yüze görüşmeler neticesinde) sürücülerin/yolcuların öznel olarak konfor düzeyleri belirlenmiştir. Aynı zamanda her iki yöntem ile elde edilen konfor değerlerinin birbiriyle ilişkisi istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Ayrıca anket verileri kullanılarak; hızın, yaşın ve cinsiyetin (bağımsız değişken kabul edilerek) öznel konfor (bağımlı değişken) üzerindeki lineer ilişkisi sıralı logit regresyon yöntemiyle araştırılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Trafik Güvenliği

Ülkemizdeki ulaşım hizmetlerinin çoğu karayolu ulaşımı ile gerçekleştiğinden karayollarının uygun tasarlanması ve güvenli işletilmesi büyük önem arz etmektedir. Aksi takdirde çok sayıda ciddi trafik sorunları meydana gelecek ve bunun sonucunda da ölümlü ve yaralanmalı kazalar meydana gelecektir. Ülkemizde her yıl binlerce insan trafik kazalarında hayatını kaybetmekte ve on binlercesi de yaralanmaktadır. Trafik kazaları sonucunda yok olan ve parçalanan aileler ile yaşamının geri kalan bölümünü engelli olarak devam etmek zorunda kalanlar da olayın sosyal boyutunu ortaya koymaktadır. Ayrıca yaralıların tedavi süreçleri ve masrafları ile kaza sonucunda meydana gelen maddi zararları ülke ekonomisini olumsuz yönde etkilenmektedir. Trafik kazalarını birçok faktör tetiklemektedir. Sürücü davranışları, araç, karayolu karakteristikleri, çevresel faktörler ve trafik karakteristikleri, trafik kazalarının meydana gelme olasılıklarında ve kazaların şiddetlerinde rol oynayan temel faktörlerdir.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2018) tarafından hazırlanmış raporda trafik kazalarında her yıl yaklaşık 1,35 milyon insan hayatını kaybetmektedir. Raporda dünya çapında trafik kazalarında hayatını kaybeden insanların çoğunun savunmasız yol kullanıcıları olduğu açıklanmıştır. Yine ölümlü kazaların %26'sını yayalar, %28'ini iki ve üç tekerlekli motorlu taşıt kullanıcılar, %29'sını araç içindeki yolcular ve %17'sini de tanımlanmayan yol kullanıcıları teşkil etmektedir.

TÜİK ve EGM'nin (2018) birlikte açıkladığı trafik kaza raporuna göre Türkiye'de 2018 yılında 186 bin 122 adet ölümlü-yaralanmalı trafik kazası meydana gelmiştir (Çizelge 2.1). Bu kazaların sonucunda 3 bin 373 kişi hayatını kaybetmiş (bu rakamlar kaza yerinde ve 30 gün içinde ölenleri içermektedir) ve 310 bin 109 kişi yaralanmıştır. Ölümlü ve yaralanmalı trafik kazasına sebep olan toplam 213 bin 325 olay incelendiğinde, kusurların %88,9'unun sürücü, %8,38'inin yaya, %1,42'inin taşıt, %0,6'sinin yol ve %0,73'ünün yolcu kaynaklı olduğu görülmüştür (Çizelge 2.2). Bu rakamlara bakıldığında sürücülerden kaynaklanan kazalar ilk sırada yer almaktadır.

Çizelge 2.1.Türkiye’de meydana gelen trafik kaza istatistikleri (TÜİK, 2018)

Trafik Kazaları	Trafik kazaları ve sonuçlarının türlerine göre dağılımı		
	2018 Yıllık		
	Yerleşim Yeri	Yerleşim Yeri Dışı	Toplam
Toplam kaza sayısı	336 556	91 518	428 074
Ölümlü kaza sayısı	914	1 798	2 712
Yaralanmalı kaza sayısı	137 567	46 143	183 710
Maddi hasarlı kaza sayısı	198 075	43 577	241 652
Ölü sayısı	1 051	2 322	3 373
Yaralı sayısı	205 079	105 030	310 109

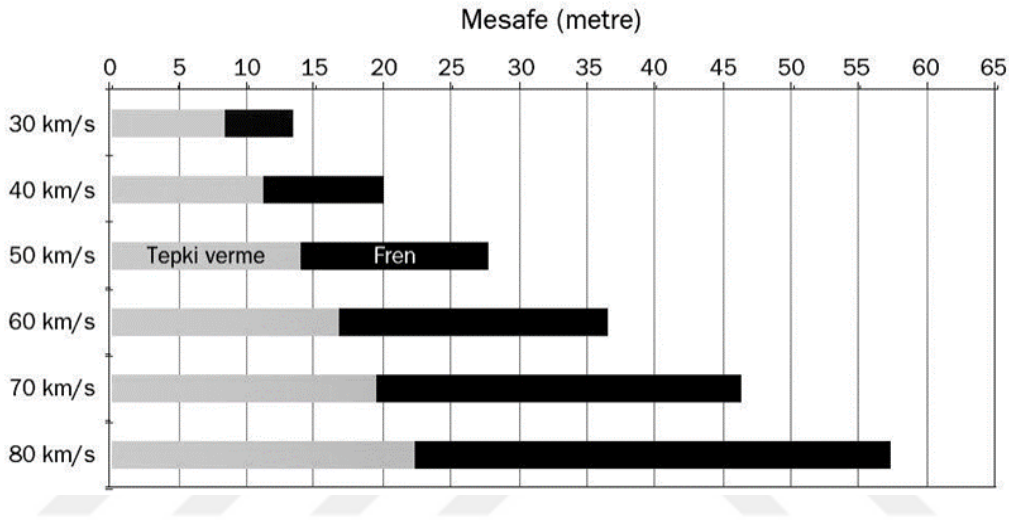
Çizelge 2.2. Trafik kazalarına (ölümlü-yaralanmalı) neden olan kusurlar (TÜİK, 2018)

Trafik kazalarına (ölümlü-yaralanmalı) neden olan kusurlar		
Kusur unsurları	Yıl (2018)	Yüzde oranı (%)
Sürücü	192 081	88,87
Yaya	18 103	8,38
Araç	3 071	1,42
Yol	1 300	0,60
Yolcu	1 571	0,73
Toplam	216 126	100,00

2.2. Hız ve Trafik Güvenliği

Trafik kazalarında hız önemli bir faktör olarak bilinmektedir. Hız hem kaza olasılığını hem de kaza şiddetini doğrudan etkilemektedir. Hız arttıkça aracın kontrol edilebilmesi de o oranda güçleşir. Hızlı giden araçlar diğer çevresel koşullarla beraber ağır trafik kazalarına sebep olurlar. Özellikle hız sınırına uymayan dönemeçler, eğimli yol kesimleri ve yüksek hızlar doğrudan doğruya kaza nedeni olabilmektedir. Ayrıca yüksek hızla giden bir taşıt, durmasını gerektiren herhangi bir engelle karşılaştığında bir yandan daha fazla mesafeye ihtiyaç duymakta, diğer yandan da sürücünün durmak için gerekli reaksiyon süresi içinde taşıtın kat edeceği mesafe arttığından mevcut mesafenin bir kısmı yeniden hız nedeniyle yutulmaktadır. Bu sebeple bir tehlike ile karşılaşan bir aracın hızı ne kadar yüksek ise doğru noktada durması da o kadar zorlaşmakta ve kaza olasılığını da artırmaktadır (EGM, 2011).

Araçlar yüksek hızda kullanıldığında, sürücülerin intikal-reaksiyon süresi daha düşük olur. Fren yapılması gereken durumlarda aracın hızına göre durma mesafesindeki değişimi Şekil 2.1’de gösterilmiştir (WHO, 2008). Örneğin, 50 km/sa hızla giden bir aracın normal şartlar altında durması için gereken mesafe yaklaşık 28 metre iken (bunun yaklaşık 14 metresi intikal reaksiyon süresince kaybettiği değerli mesafedir), 40 km/sa hızla giden bir araç yaklaşık 20 metre kadar bir mesafe kat edecektir. Yani daha az bir sürede duracaktır.

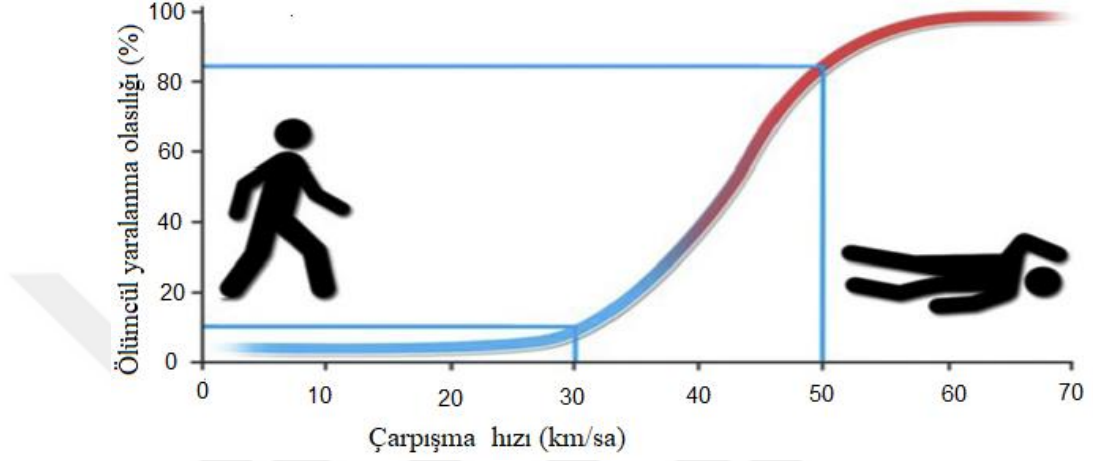


Şekil 2.1. Hızlara göre tepki verme frenleme mesafesi (WHO,2008)

2.3. Hız ve Kaza Sonucu

Hızın trafik kaza sayısı ve şiddeti üzerinde doğrudan etkisi vardır. Özellikle araçların yayalara, bisikletlilere, motosikletlilere ve diğer savunmasız yol kullanıcılarına çarpması halinde şiddetli ve ölümcül yaralanmalar meydana gelebilir. Bunun sebebi: yayaların bisikletlilerin ve savunmasız yol kullanıcılarının çoğu zaman korunmasız veya motosikletliler gibi kısıtlı korunma halinde olmalarıdır. Ayrıca bir araç yüksek hızda bir araca çarptığı zaman yüksek oranda mekanik enerji transfer etmektedir. Kaza anında bu enerjinin transfer edildiği araç, araç içinde bulunan yolcular veya diğer yol kullanıcılarına aktararak ölümcül yaralanma ve ciddi hasar meydana gelmektedir. Dolayısıyla kaza olasılığı ve kaza şiddeti araç hızlarına bağlı olarak değişmektedir. Şekil 2.2’de bir aracın yayaya çarpması halinde ortaya çıkan ölümcül zarar görme ihtimali gösterilmektedir. Örneğin saatte 80 km hızla seyreden bir araçta bulunan bir kişinin ölme olasılığı, saatte 30 km hızla giden bir araçta bulunan bir kişiye göre 20 kat daha fazladır. Çarpma sırasında

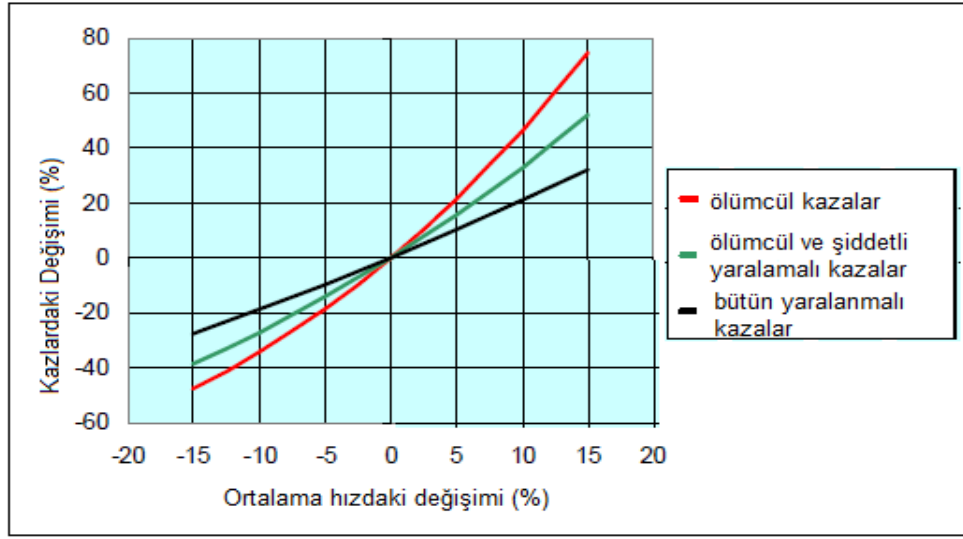
yayalar, bisikletliler ve diğer savunmasız yol kullanıcıları çok şiddetli yaralanmalara maruz kalmaktadırlar. Yayaların 30 km/sa veya daha hızla seyreden bir araçla çarpışması halinde, hayatta kalma olasılığı %90 iken, aracın hızı 45 km/sa olması durumunda hayatta kalma olasılığı %50'ye kadar azalmaktadır. Saatte 80 km/sa giden bir aracın çarpması halinde ise yayanın hayatta kalma olasılığı hemen hemen yok gibidir (EGM, 2011).



Şekil 2.2. Bir aracın çarptığı yayanın ölümcül yaralanma olasılığı (EGM, 2011)

2.4. Hızın Kaza Üzerindeki Etkisi

Tüm dünyada, özellikle yüksek gelir gurubundaki ülkelerde yapılmış pek çok araştırmada hız ve kaza olasılığı arasındaki ilişki incelenmiştir. Araştırmalarda; kaza olasılığı, kaza sırasında oluşan yaralanma ve ölüm sayısı, kaza şiddeti ve hasar miktarlarının hıza bağlı olarak yükselip, azaldığını göstermektedir. Bu araştırmalardan biri Kuvvet Modelidir (Powers model). Şekil 2.3'te gösterildiği gibi ortalama hız değişimine bağlı olarak kazaların, ölümcül ve şiddetli yaralanmalar üzerindeki etkilerine ilişkin tahminler yapılmaktadır. Örneğin ortalama hızın %5 artması halinde, yaralanmalı kazalar yaklaşık %10, ölümcül kazalar ise %20 seviyesinde arttığı görülmektedir (Nilsson, 2004).



Şekil 2.3. Ortalama hızdaki değişimle kazalardaki değişim ilişkisi (Nilsson, 2004)

Kuvvet modelinde görüldüğü gibi, hızın birkaç km/sa düşürülmesiyle kaza riskinin azalmasının yanı sıra yaralanmalı ve ölümçül kaza sonuçları da büyük oranda azalmaktadır.

2.5. Trafik Güvenliğini Artırma Yöntemleri

Standartları yüksek ve düzgün yollarda yüksek hızlarda araç kullanımı trafik kültürümüzün doğal bir sonucudur. Özellikle motorlu taşıtların yayalar ve motorsuz taşıtlar ile etkileşimde olduğu sokalar ve yollarda ciddi trafik güvenliği problemleri ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla trafik kazalarının sonucunda her yıl çok sayıda insan sakatlanmakta veya hayatını kaybetmektedir. Bu kazaların çoğu, sürücü hatalarından kaynaklanmaktadır.

TÜİK (2018) trafik kazaları raporuna bakıldığında; ölümlü ve yaralanmalı trafik kazasına neden olan kusurların %88,87'si sürücü hatalarından kaynaklanmaktadır. Bu kusurlar bir takım aktif ve pasif güvenlik tedbirleri ile önlenabilir veya kaza şiddeti azaltılabilirler. Sürücüler trafikte en korunmasız halde bulunan yayalar veya diğer savunmasız yol kullanıcılarını göz önüne alarak tehlikeyi bertaraf etmeye çalışmalıdırlar. Kısacası sürücüler hem trafik kazalarına yol açan araç kullanımı (yüksek hız ve agresif sürüş) hem de kazaların önlenmesinde önemli rol oynamaktadırlar.

Çoğu ülkeler araçların hızlarının güvenli ve etkili bir şekilde kontrol edilmesine yönelik birtakım önlemler ele almıştır. Bu önlemler; yasal hız limiti düzenlemesi veya yeni bir hız sınırı uygulaması olarak görülmekte ve büyük oranda karayolu trafik kazalarını azaltmaktadır. Yapılan çalışmalarda trafik hızının saatte 1 km düşürülmesiyle, kaza sayısı %2 ile %3 oranda düştüğü görülmüştür. Yani yasal hız limiti düşürülmesi yâda yeni bir hız limiti belirlenmesi suretiyle trafik kazaları büyük oranda azaltabilirler. Bu doğrultuda aşağıdaki ülkeler hız limitini düşürerek trafik kazaları önemli oranda azaltmıştır (ECMT, 1998).

- 1990 yılında İsveç'te yasal hız limitinin 110 km/sa'tan 90 km/sa'ta düşürülmesiyle, işletme hızı ortalaması saatte 14 km azalırken kaza oranı da %21 azalmıştır.
- 1991 yılında İngiltere'de yasal hız sınırının 100 km/sa'tan 90 km/sa'ta düşürülmesiyle işletme hızı ortalaması saatte 4 km azalırken kaza oranı da %14 azalmıştır.

Ayrıca diğer çalışmalarda Afrika, Belçika, Finlandiya, Fransa, İngiltere, ABD ve Yeni Zelanda gibi ülkelerde hız limiti değiştirilmesiyle trafik kazaları %8 ile 40 arasında azaldığı gözlenmiştir (WHO, 2008).

Bu doğrultuda birçok ülkede yapılan deneysel çalışmalara dayanarak hız sınırı uygulamasının getirilmesi ve bu uygulamanın devamlı olarak denetim altında tutulması ve takip edilmesi trafik kazalarını geçici olarak azaltacaktır. Bunun için bu uygulamanın başarıya ulaşabilmesi için sürücüler sürekli kontrol altında tutulması gerekmektedir. Sürücülerin trafikteki davranışlarını düzenli olarak kurallara uymalarını ve hız limiti sınırlarını aşmamalarını sağlamak için yol levhaları ile uyarılarda bulunmak veya hızlarını denetleyerek ceza kesmek gibi önlemler belirli bir sürede olumlu sonuçlar verecektir. Fakat taşıt hızlarının sürekli düşük olmasını isteyen sokaklar ve yollarda sadece bu tür tedbirler yeterli olmayacaktır. Bunun yanında sürücülerin hızlarını kendi istekleriyle yapmadan veya cezalandırma baskısı olmadan, hızlarını belirli bir düzeyde tutmalarını sağlamak amacıyla yollarda çeşitli fiziksel değişiklik yaparak araçların akışını denetleyerek ve hızlarını belirli seviyeye düşürmesini öngören trafik sakinleştirme yöntemleri uygulanmaktadır.

2.6. Trafik Sakinleştirme

Trafik sakinleştirme; trafik hızını azaltmak ve daha güvenli bir trafik ortamı oluşturmak amacıyla şehir planlayıcılar ve trafik mühendisleri tarafından geliştirilen tekniklerdir. Bu yöntemlerin uygulanmasıyla; yayalar ve bisikletliler için güvenli ve kullanışlı bir ortam sağlanmaktadır. Aynı zamanda trafik sakinleştirmenin gürültü ve hava kirliliğine karşı olumlu etkileri de bulunmaktadır. Trafik sakinleştirme hedeflerinin yöntem ve sonuçlarının araştırmacılar ve uzmanlar tarafından farklı tanımları ve yorumları yapılmıştır. Genel olarak trafik sakinleştirmenin trafikteki hız ve yoğunluğunu azaltıp farklı türde yaya ve yol kullanıcıları arasında daha güvenli biçimde etkileşim sağlamak, trafik güvenliğini artırmak ve kazaların sayısını ve şiddetini azaltmak amacıyla bir dizi yöntem olduğu söylenebilir. Trafik sakinleştirmesi ITE tarafından tanımlan “motorlu araçların kullanımının olumsuz etkilerini azaltacak, sürücü davranışlarını değiştiren ve motorsuz yol kullanıcıları için koşulları iyileştiren fiziksel önlemlerin birleşimi” olarak açıklanmıştır (Lockwood, 1997).

Trafik sakinleştirme hedefleri dört ana başlık altında toplanmaktadır (Pharaoh & Russeil, 1991):

- Yol güvenliği sağlanmak
- Yaya hareketliliğini iyileştirmek ve trafiğin olumsuz etkileşimini azaltmak
- Yayalar ve motorsuz araç kullanıcıların aktivitelerini artırmak
- Çevre kirliliğini azaltmak

Bu hedeflere ulaşmak ancak trafik hızının düşürülmesiyle sağlanmaktadır. Sürücülerini belirlenen hız sınırını geçmemesi veya araçlarını daha düşük hızda sürmeleri için psikolojik olarak teşvik edilmeli veya trafik sakinleştirici önlemler alınarak sokakların ve yolların güvenliği arttırılmalıdır.

2.7. Trafik Sakinleştirmenin Tarihçesi

Trafik sakinleştirme, esas olarak sürücünün agresif davranışlarını azaltmak, yayalar ve diğer savunmasız yol kullanıcılarına daha güvenli ve elverişli bir ortam sağlanmaktadır. Trafik sakinleştirme fikri 20. yüzyılın ikinci yarısında yaygınlaşmaya başlamıştır. Özellikle ikinci dünya savaşından sonra gelişmiş ülkelerde araçların kullanımı hızlı

şekilde artmıştır. Ekonomik gelişme ile birlikte tüm yollar tekrar düzenlendi ve trafiğe uygun olacak şekilde çalışmalar yapıldı ve trafiğinin tıkanması gibi sorunlarla karşılaşılması için zaman içerisinde yollar genişletildi. Fakat bu durum yaya yollarının zamanla daraltılmasına neden olmuştur. Aynı zamanda genişleyen yolların getirdiği artan trafik hızı nedeniyle daha önceden karşılaşılmayan trafik güvenliği sorunu ortaya çıkmıştır. Bu sorunların çözülmesi ve bertaraf edilmesi için trafik akışlarının kısıtlanmasına gerek duyulmuştur. Böylece trafik sakinleştirme düşüncesi ortaya çıkmıştır.

Trafik sakinleştirme fikri araçların icatları kadar eskidir. 1928'de İngiliz lordu olan Robert Gascoyne-Cecil "Karayolu Taşıtları Düzenlenmesinde" araçların hızlarının azaltılması için yol üzerinde hız tümsekleri veya konulacak benzer aletlerin kullanımını önermiştir (Hass-Klau, 1990). Colin Buchanan (1963) yayınladığı "Şehirlerde Trafik" adlı raporda Lord Cecil'in fikirlerini geliştirmiştir. Raporda trafik sakinleştirmeye yönelik uygulama başlaması fikrini savunmuş ve yolların çevresel kapasite kavramını geliştirilmiştir.

Modern trafik sakinleştirmenin ilk uygulaması 1960'lı yıllarda Hollanda'nın Delft bölgesinde gerçekleşmiştir. Trafiğin hızlanmasından dolayı gelen şikâyetler sonucunda ilk trafik sakinleştirme uygulaması bir cadde üzerinde fiziksel engellerin yerleşmesiyle trafik akımlarının düzenlenmesi ve azaltılması için kullanılmıştır. Bu cadde "yaşam avlu (woonerven)" olarak adlandırılmıştır. Bu tasarım başarılı olmakla beraber diğer kentlerde de hızlı biçimde kullanılmaya başlanmıştır. Aynı zamanda bu uygulama diğer ülkelerde de aktif rol oynamaya başlamıştır. Bu doğrultuda Almanya'da Trafik sakinleştirme projeleri 1970' yıllarından başlayarak ve 1980' yıllarına kadar çok sayıda trafik sakinleştirme uygulamaları şeklinde gerçekleşmiştir. O dönemde trafik sakinleştirme yerel sokaklar ve trafik hızı 30 km/sa olan yollarda daha sonra trafik hızı yüksek olan yollarda uygulanmaya başlamıştır. Ayrıca, İsveç, Danimarka, İngiltere, Fransa, Japonya, İsrail, Avusturya ve İsviçre'de woonerven türü tasarımlara ve uygulamalara geçmek için standartlar geliştirilmiştir. Woonerven 1990'a kadar Hollanda ve Almanya'da 3500, Japonya'da 300'den fazla yerde kullanıma geçmiştir (Ewing, 1999).

2.8. Trafik Sakinleştirmeye İlgili Araştırmalar

Literatürde trafik sakinleştirmeye yönelik birçok yayınlar ve araştırmalar bulunmaktadır. Herrstedt (1992) “Trafik sakinleştiricinin tasarımı – bir hız yönetiminin metodu” başlıklı bir yayında trafiğin güvenliğini arttırmak, güvensizlik duygusunu azaltmak ve daha iyi bir ortam sağlamak amacıyla deneysel çalışma yapmıştır. Bu çalışma Danimarka’da karayolları müdürlüğü tarafından üç şehirde gerçekleştirilmiştir. Çalışma sürecinde trafikten kaynaklanan sorunların giderilmesi için “yol üzerinde çevresel olarak uyum sağlanması” adı ile yeni bir hız yönetimi düzenlenmiştir. Ayrıca yerel mekânlarda çeşitli trafik sakinleştirme yöntemleri kullanılarak yayalar ve bisikletlilere öncelik verilerek araçların hızları yavaşlatılmıştır. Çalışmanın değerlendirmesinde trafik hızı, kazalar, yayalar ve bisikletliler, araçların gecikmesi, sağa sola giden araçlar, bakkallar, hava ve ses kirliliği, enerji tüketimi, maliyetler ve kullanıcıların görüşleri de yer almıştır.

Elvik (2001) “Bölgedeki kentsel trafik sakinleştirici düzenleri; güvenlik etkilerinin meta analizi” başlıklı çalışmada, bölgedeki kentsel trafik sakinleştirici düzenleri trafik güvenliği üzerindeki etkilerini 33 farklı çalışmanın değerlendirmesi ile birlikte meta-analizlerini gerçekleştirmiştir. Çalışmanın sonucunda trafik sakinleştirici uygulaması ile sokaklarda yaralanmalı kazaların %15, ortalama yaralanmalı kazaların %15 ve kaza sayısının %25 azaldığı gösterilmiştir. Ayrıca ana yollar için kaza sayısının %10 azaldığı gözlenmiştir.

Polloni (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, Port Land’da konut fiyatları esas alınarak trafik sakinleştirmenin kentsel yerleşim sokaklarının üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmada coğrafi konumu dikkate alınan Port Land bölgesinde kurulan 1187 trafik sakinleştirme uygulaması yıllar boyunca gözlenerek konut fiyatının değişimi istatistiksel yöntem ile incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda trafik sakinleştirme yöntemlerinin uygulanmasıyla trafik hızının %16 azaldığı görülürken konut fiyatlarının değerinin %1 yükseldiği gözlenmiştir.

2.9. Trafiği Sakinleştirmeye Yönelik Önlemler

Trafik sakinleştirme önlemleri hem trafik hızının düşürülmesini sağlamak hem de ortamı diğer kullanıcılara yaşanabilir ve güvenli hale getirmek için tasarlanmış çok farklı önlemlerden oluşmaktadır. Araştırmalarda trafik sakinleştirme önlemleri farklı sınıflandırılmıştır. Virginia eyaletinde (2006) “kentsel alanlarda trafik sakinleştirme kılavuzu” başlıklı bir araştırmada trafik sakinleştirme önlemleri fiziksel olmayan önlemler ve fiziksel önlemler olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Fiziksel olmayan önlemler; sürüşleri fiziksel olarak sınırlamayan düşük maliyetli önlemler olarak tanımlanmaktadır. Yasal hız sınırı, halk eğitimi, ek trafik güvenliği teşkilatı ve yaya işaretleri gibi önlemler bu önlem yöntemlerine örnek olarak gösterilebilir. Fiziksel önlemler ise karayollarında veya yol şeritlerinde dikey veya yatay değişikliklerle sürücülerini hızlarını düşürmeye zorlayan yöntemlerdir.

Vanderschuren ve Jobanputra (2009) tarafından yapılan bir çalışmada ise trafik sakinleştirme; temel hedeflerine göre trafiğin hacim kontrolü ve hız kontrolü olarak ayrılmaktadır. Hacim kontrolü önlemleri genelde trafik sorunlarının giderilmesi amacıyla yolların belirli kısımlarının kapatılması ve dolayısıyla trafik akımlarının daha geniş kapasiteye sahip olan yollara yönlendirilmesi yöntemidir. Hız kontrolü önlemleri ise yüksek hızdan dolayı ortaya çıkan sorunların giderilmesi ve trafik hızının kontrol edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Genelde bu iki yöntemin farkı isimleri kadar net değildir, çünkü hız kontrol önlemleri aynı zamanda araçların rotalarını değiştirerek trafik akımları da yönlendirir. Trafik sakinleştirme önlemlerinin sınıflandırılması daha kapsamlı olarak Çizelge 2.3'te göstermektedir.

Çizelge 2.3. Trafik sakinleştirme önlemlerinin sınıflandırılması
(Aydın ve Günay, 2016)

Hız Kontrolü	Düşey değişiklikler	Hız tümsekleri, hız kesici platformlar, yükseltilmiş yaya geçitleri, yükseltilmiş kavşaklar
	Yatay değişiklikler	Yolun daraltması, kıvrımlar, dairesel trafik adaları, dönel kavşaklar, kaldırım genişletme, yol kenarından daraltma, yol ortasında ada koyarak daraltma
	Yatay ve düşey Ve diğer uyarıcılar	Gürültü sarsıntı şeritleri, enine çizgileme, yol yüzeyinde pürüzlü malzeme kullanımı, EDS, yol yüzey kaplamalarının boyanması ve işaretlemesi, bölge girişleri (giriş kapıları), sokak düzenleme ve aydınlatma, düşey işaretlemeler (hız sınırı, yol ver vb.)
Hacim Kontrolü	Yön Değiştiriciler	Yolun tümüyle kapatılması, yolun kısmen kapatılması, yayalaştırma, köşegen yol ayırıcılar, orta ayırıcılar (refüjler), zorunlu kıvrılama, düzenlenmiş T kavşaklar. Zorunlu sağa/sola donuş adaları

Bu önlemlerin her biri yol durumlarına ve şartlarına göre uygun bir şekilde uygulanmalıdır. Bu önlemlerle trafik hızı veya trafik hacmi veya her ikisi aynı anda azaltılabilir. Trafik sakinleştirme önlemlerinin uygulandığı yollarda bunların trafik hızı ve trafik hacmi üzerindeki etkileri Çizelge 2.4'ta gösterilmiştir (Litman, 1999).

Çizelge 2.4. Trafik sakinleştirme uygulamalarının hız ve hacim üzerindeki etkileri (Litman, 1999)

Trafik sakinleştirme türü	Uygulanan yollar		Etkileri	
	Ana yol	Tali Yol	Hacim	Hız
Hız tümsekleri	-	✓	Mümkün	Evet
Hız kesici platformlar	-	✓	Mümkün	Evet
Yükseltmiş yaya geçitleri	✓	✓	Mümkün	Evet
Yükseltmiş kavşaklar	Dikkatle	✓	Mümkün	Evet
Küçük trafik daireleri	-	✓	Mümkün	Evet
Hız yastığı	Dikkatle	✓	Mümkün	Evet
Yolun daraltması		✓	Evet	Evet
Dairesel trafik adaları	✓	✓	Mümkün	Evet
Dönel kavşaklar	✓	✓	Evet	Mümkün
Kaldırım genişletme	✓	✓	Evet	Hayır
Yol kenarından daraltma	-	✓	Evet	Evet
Yol ortasında ada koyarak daraltma	✓	✓	Hayır	Evet
Yol yüzeyinde pürüzlü malzeme kullanımı	-	✓	Evet	Evet
Hız limiti	✓	✓	Evet	Evet
Hız uyarıcı uygulaması	✓	✓	Hayır	Evet
Uyarı işaretleri ve ağ geçitleri	✓	✓	Hayır	Evet
Araç kısıtlamalar	✓	✓	Evet	Hayır
Bisiklet Yolları	✓	✓	Hayır	Mümkün
Yol Kapatılma	-	✓	Evet	Evet
Yolun kısmen kapatılma	✓	✓	Evet	Evet

2.10. Trafik Hızının Kontrolüne Yönelik Önlemler

Hız kontrolü önlemleri, düşey önlemler ve yatay önlemlere olarak sınıflandırılabilir. Bu önlemlerin uygulanmasıyla trafik hızları yavaşlatılır ve böylelikle yayalar ve diğer savunmasız yol kullanıcıları açısından güvenli bir ortam yaratılmaktadır. Hız kontrolü önlemleri, düşey ve yatay önlemler kapsamında birçok farklı yöntemleri içermektedir

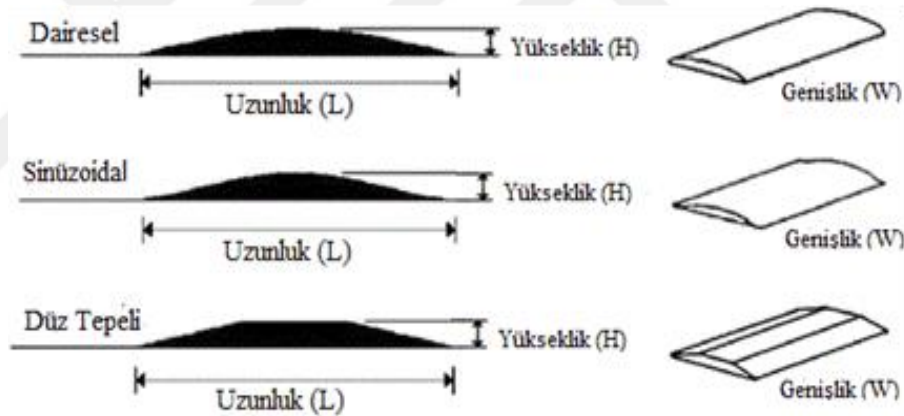
2.11. Düşey Trafik Sakinleştirme Önlemleri

Düşey trafik sakinleştirici önlemleri, yolun genişliğinde belirli boyutta fiziksel bir engel olarak yapılmaktadır. Araçlar bu engel üzerinden geçtiği zaman; sürücüler rahatsız edici titreşimlere maruz kalmamak için doğal olarak hızlarını düşürürler. Trafik hızı azaldığı zaman trafik güvenliği de doğal olarak artmaktadır. Bu yöntem acil durum araçlarının

kullanıldığı yollarda veya transit olan güzergâhlarda tercih edilmemektedir. Ülkemizde bu önlemlerin KGM tarafından belirlenen standartlara uygun olarak yapılması gerekmektedir. Bu önlemlere örnek olarak; düşey trafik sakinleştirme önlemleri; hız tümsekleri, hız kesici platformlar, yükseltilmiş yaya geçitleri ve yükseltilmiş kavşaklar, gösterilebilir. Bu önlemler arasında yerleşim bölgelerinde en çok uygulananı hız tümsekleridir.

Hız tümsekleri

Hız tümsekleri trafik hızlarını azaltmak ve sınırlamak için belirli boyutlarda tasarlanmış yollarda bir tepe oluşturacak şekilde yükseltilmiş engellerdir. Bunlar birkaç metre uzunluğunda, yaklaşık on santimetre yüksekliğinde ve farklı tip yüzey profillerinde (dairese, parabolik, düz tepeli vb.) uygulanmaktadır (Şekil 2.4). Hız tümsekleri ile ilgili detaylı bilgilere ve yapılan araştırmalara bir sonraki bölümde değinilmiştir.



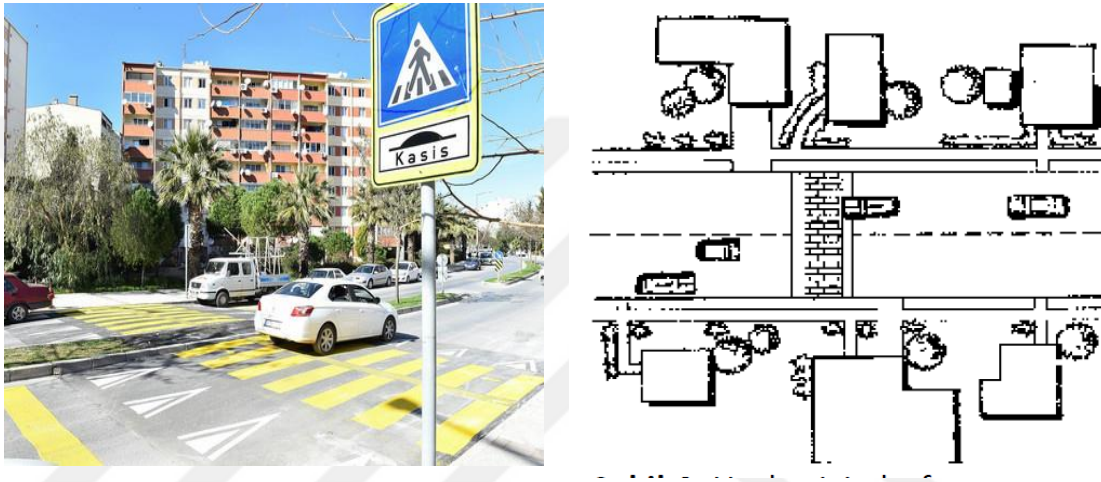
Şekil 2.4. Hız tümseklerinin görünüş tipleri (Kaygısız, 2012)

Hız kesici platformlar ve yükseltilmiş yaya geçitleri

Hız kesici platformlar, tümseklerden daha uzundur ve orta bölgesinde yayaların kullanabilmesi için düz bir platformdan oluşmaktadır. Orta bölümünü (düz kısımdan) yayalar karşıya geçmek için kullanıldığından yükseltilmiş yaya geçidi olarak da isimlendirilir. Yaya geçidi olarak kullanılması halinde, yayaların bir kaldırımdan diğer kaldırıma geçişleri yükseklik farkı olmaksızın sağlanmış olur. Genelde sürücüler

tarafından platformların net bir şekilde görülmesi için parke taşı, arnavut kaldırımı vb. malzemelerden yapılmaktadır (TBB, 2012).

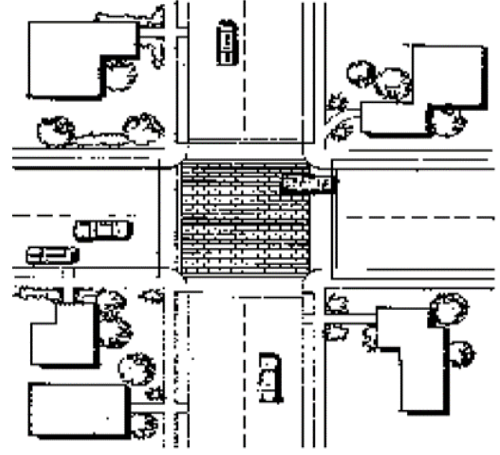
Hız kesici platformları genelde 3,1 m'lik platform genişliğinde ve 7,5-10 cm yüksekliğinde olup 6,7 m uzunluğundadır ve 1,8 m'lik çıkış ve iniş rampası vardır (Şekil 2.5). Bu önlemler tümseğe göre daha düz ve uzun olduğundan ağır taşıtlar için uygundur. Ancak estetik açıdan ve bununla birlikte hava ve gürültü kirliliği yarattığından dezavantajlı sayılabilir (Kaygısız, 2012).



Şekil 2.5. Hız kesici platformun görünüş tipleri (Kaygısız, 2012)

Yükseltilmiş Kavşaklar

Yükseltilmiş kavşaklarının girişleri rampalarla yükseltmiştir ve görünüşünün güzelleştirilmesi için parke taş, arnavut kaldırımı gibi çeşitli malzemelerden yapılmaktadır (Şekil 2.6). Genelde yolların birbirini kestiği yerlerde kaldırım yüksekliği kadar veya biraz daha yüksek olacak şekilde yapılmaktadır. Bu yöntem yaya etkileşiminin yoğun olduğu kavşaklarda tercih edilir. Avantajları; yayalar ve araçlar için güvenliği artırması, iyi tasarlanırsa estetik olması ve iki caddede aynı zamanda trafik sakinleştirmesini sağlamaktadır. Dezavantajları, tümseklere ve hız kesici platformlara kıyaslanınca trafik hızının azaltılmasında daha az etkin olması, kavşakların drenaj borularını kapatması ve kullanılan malzemeye göre göreceli olarak maliyetinin yüksek olmasıdır (TBB, 2012)



Şekil 2.6. Yükseltilmiş kavşak tipi (TBB, 2012)

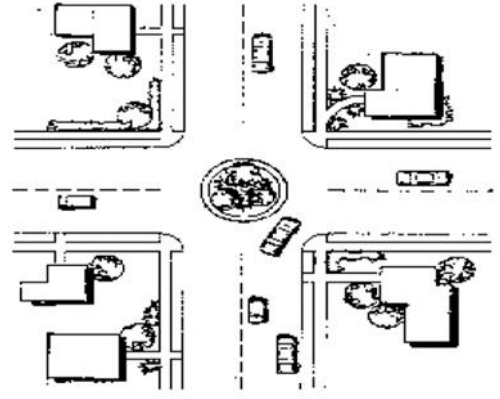
2.12. Yatay Trafik Sakinleştirme Önlemleri

Yatay trafik sakinleştirici önlemler, araçların hareket yönlerini belirli bir derecede saptırılarak ve yol genişliklerini daraltarak araçları daha yavaş hareket etmeye zorlamaktadır (Hass-Klau & Nold, 1994). Bu yöntem sürücülerin bir yol boyunca görüş mesafesini kısıtlayarak araçların düşük hızla gitmesini sağlar. Yön saptırıcılar, yolu kenarlarından daraltma, dönel kavşaklar ve yola orta ada koyarak daraltma gibi yöntemler yatay trafik sakinleştirme yöntemlerine örnek gösterilebilir.

Aydın ve Günay (2016) tarafından yapılan bir literatür çalışmasında ülkemizde düşey trafik sakinleştirme yerine yatay trafik sakinleştirici önlemlerin kullanılmasının daha uygun olacağı belirtilmiştir.

Dairesel trafik adaları

Kavşak ortasında bulunan, etrafından trafiğin dolandığı adalardır. Bu yöntem yerleşim bölgelerinde ağır taşıtların girmediği yerlerde trafik yoğunluğunu, hacmini ve güvenlik problemlerini kavşaklarda etkin bir şekilde azaltmaktadır. Ancak ağır taşıtların kavşağa girmesiyle beraber dönüşlerinde zorluklar çıkacaktır. Bundan dolayı dönüş şeridi, yaya geçitleri ve yol kenar parkları için düzeltme yapılması bu yöntemin dezavantajlarıdır (Vanderschuren ve Jobanputra, 2009).

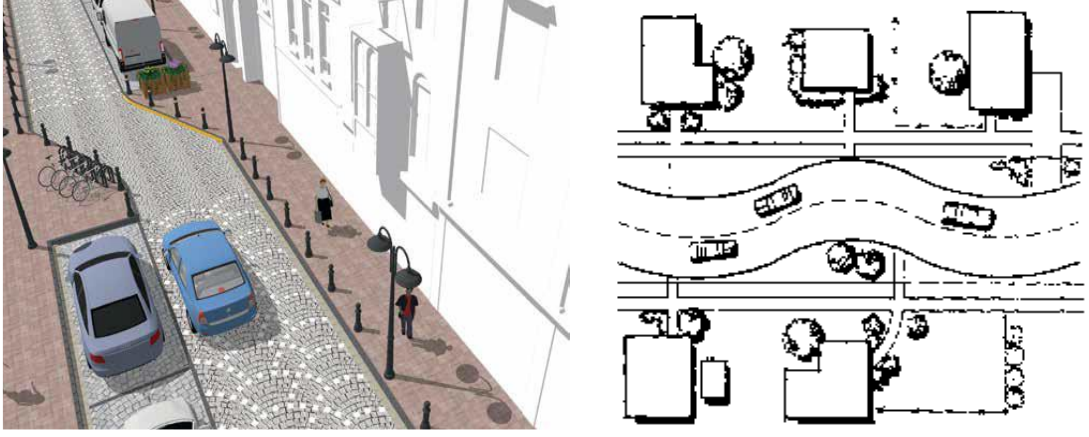


Şekil 2.7. Dairesel trafik ada (Kaygısız ; TBB, 2012)

TBB (2012) tarafından yapılan bir çalışmada dairesel trafik adaları üzerinde toplam 45 noktadan ölçülmesi sonucunda ortalama trafik hızının %11 azaldığı (55 km/sa'tan 48 km/sa'tan düştüğü) gözlenmiştir.

Yön saptırıcılar

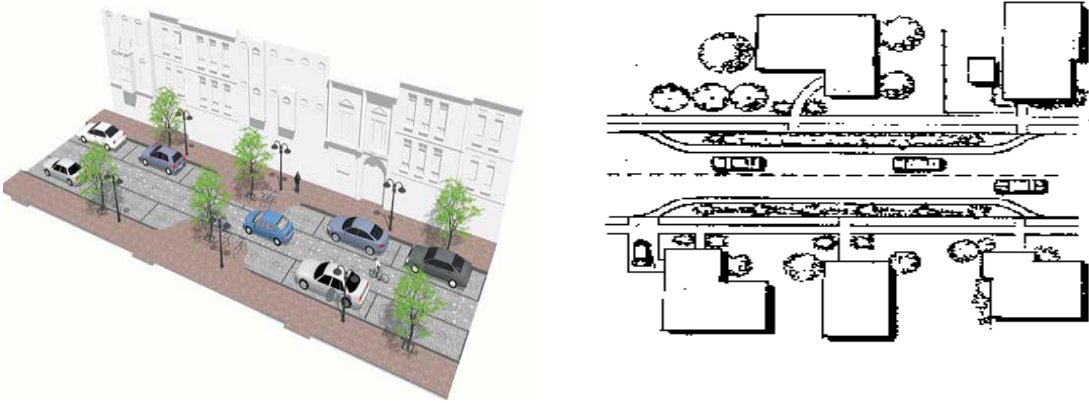
Yön saptırıcılar kullanılarak düz giden bir yolun, "S" eğrileri şeklinde düzenlenmesiyle düz gitmesi engellenir ve bu yöntemle trafik yavaşlatılır. Bu yöntem yol kenarlarında çapraz veya paralel park yerleri oluşturacak şekilde yolun tek veya her iki taraftan daraltılmasını sağlar. Yani zikzak bir tasarımla sürücülerini sağ-sol yapmaya zorlayarak hızı azaltır (Şekil 2.8). Tümseklerin estetik ve gürültü açısından kullanılmasının istenmediği ve diğer trafik sakinleştirme yöntemlerinin uygulanamadığı yol kesimleri için uygundur. Ayrıca, trafik çok yoğun olmadığı zaman ağır taşıtların (itfaiye gibi) geçişini zorlaştırmamaktadır. Taşıtların diğer şeritlere savrulmaması için iyi tasarlanmalıdır (Welle, et al., 2015)



Şekil 2.8. Yön saptırıcı tipleri (Welle, et al, 2015; Kaygısız, 2012)

Yolu kenardan daraltma (kaldırım genişletme)

Yol kenarındaki kaldırımların veya yeşil alanların genişletilmesi ile yolun belirli bir kesitinin daraltılmasıdır (Şekil 2.9). Sürücülere dar bir yolda sürme hissi verdiği için sürücüleri araçlarını daha dikkatli şekilde kullanmaya zorlamakta dolayısıyla sürücüler hızlarını azaltmak zorunda kalmaktadır. Böylece azalan trafik hızı aynı zamanda trafik güvenliğini de arttırmış olur (Welle ve ark, 2015).



Şekil 2.9. Yolu kenardan daraltma (Welle, et al, 2015; Kaygısız, 2012)

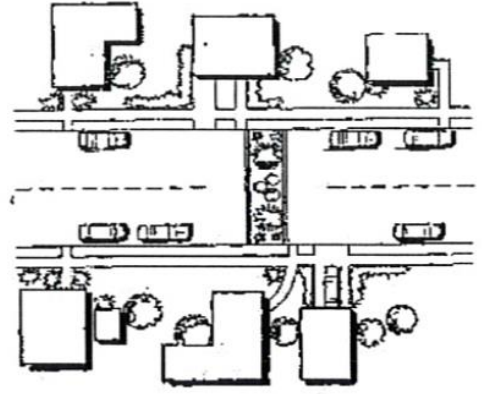
Trafik Hacminin Kontrolüne Yönelik Önlemler

Hacim kontrolü önlemleri, yerleşim mekânlarında trafik yoğunluğunun azaltılması amacıyla kullanılmaktadır. Yerleşim bölgelerinde yoğun olarak kullanılan yollarda trafik yoğunluğunu azaltmak amacıyla sürücülerin farklı bir rotaya yönlendirilmesi yöntemidir.

Yolun kısmen veya tamamen kapatılması trafik yoğunluğunu azaltacağından bu yöntem örneği olarak gösterilebilir. Ayrıca; köşegen yol ayırıcılar, orta ayırıcılar (refüjler), zorunlu kıvrımlar, düzenlenmiş T kavşaklar ve zorunlu sağa/sola dönüş adaları gibi yöntemler de trafik yoğunluğunu azaltmaktadır (Ewing, 1999).

Yolun tümüyle kapatılması

Bir engelleyici vasıtasıyla yoldaki trafik akışının tamamen durdurulmasıdır (Şekil 2.10). Genellikle bu yolları sadece yayalar ve bisikletliler kullanabilir. İleri seviyede trafik problemleri ile karşılaşan yollar veya diğer yöntemlerin kullanılmasının etkilemediği durumlarda bu yöntemin uygulanması önerilir. Bu yöntem trafik yoğunluğunu ciddi şekilde azaltabilir. Böylelikle yayalar ve diğer savunmasız yol kullanıcılarının da güvenliği sağlanmış olur. Fakat acil müdahale taşıtlarının ve bölgedeki yaşayan insanların dolambaçlı yolları kullanmasına sebebiyet vermesi ve iş mekânlarına araçla erişimin güçleşmesi durumlarında bu uygulama dezavantajlıdır (Vanderschuren ve Jobanputra, 2009).

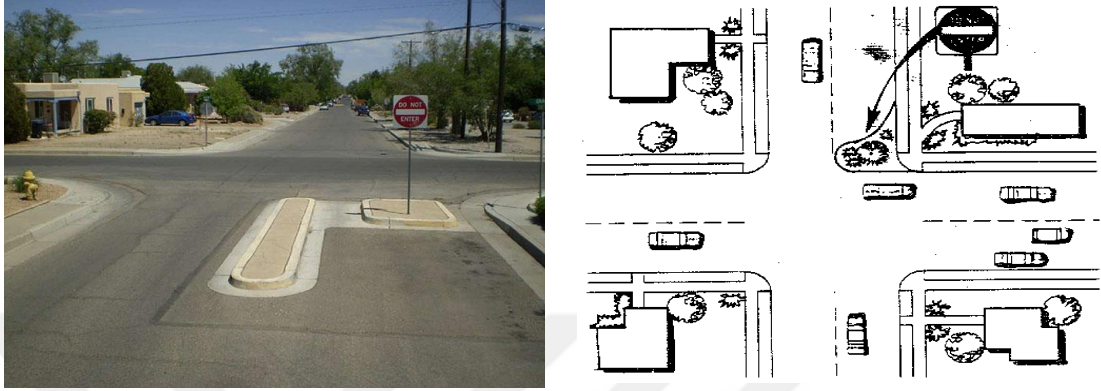


Şekil 2.10. Yolun tümüyle kapatılması (TBB, 2012)

Yolun kısmen kapatılması

Yolun kısmen kapatılması, genelde iki yönde kullanılan bir yolun trafik yoğunluğunu azaltmak için bir yönden girişinin engeller ile kapatılması yöntemidir (Şekil 2.11). Bu yöntem dar ve kısa olan yollarda trafik yoğunluğunu etkin biçimde azaltabilir. Fakat geniş veya kısıtlayıcı olmayan yollar pek etkilenmemektedir.

Çift yönde bisiklet erişimini kısıtlamaması ve trafik yoğunluğunu azaltmada etkili bir yöntem olması açısından avantajlıdır. Acil müdahale taşıtlarının ve bölgedeki yaşayan insanların dolambaçlı yolları kullanmasına sebep olması ve ayrıca iş mekânlarına araçla erişimi kısıtlandırması dezavantajıdır.



Şekil 2.11. Yolun kısmen kapatılması (TBB, 2012)

2.13. Hız Tümsekleri

Hız tümsekleri trafik sakinleştirmenin en çok uygulanan yöntemlerinden biridir. Araçların hızlarını azaltmak için tümsekler yol platform genişliği boyunca belirli boyutlarda yapılmaktadır. Sürücüler tümseklerin üzerinden geçerken çarpışma ve titreşim etkilerini en aza indirmek için hızlarını düşürürler. Kaygısız (2012) yaptığı tanıma göre “Hız tümsekleri, kent içinde trafik yoğunluğunun düşük ve hız yapmaya elverişli olduğu mekânlarda, özellikle çocuk bahçesi, okul, spor, hastane ve konut alanları gibi yaya hareketliliğinin yoğun olduğu yol kesimlerinde en sık kullanılan yöntemdir”.

Hız tümseklerinin etkinliğini artırmak için geometrik özellikleri, hızın etkisi, en uygun tasarım boyutları vb. üzerine çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Özellikle bu araştırmalar 1980’li yılların ortasından başlayıp bugüne kadar devam etmektedir. Bu araştırmaların çoğu ABD, Kanada, Avrupa ülkeleri ve Avustralya gibi ülkelerde yapılmıştır (Weber & Braaksma, 2000).

Watts (1973) farklı geçiş hızları ile ilgili bir dizi test yapmıştır. Yaptığı araştırmalar sonucunda, yerleşim mekânlarında hız tümseğinin 10 cm yüksekliğinde ve 3,7 m genişliğinde tasarlanmasının en uygun sonuçları vereceğini belirlemiştir. Watts’ın bu

çalışması ardından dünya çapında hız tümseğinin kullanılması yaygın biçimde önemsemeye başlamıştır (Antic ve ark. 2012) . Bununla birlikte hız tümseklerinin kullanımı ile ilgili değişik endişeler ortaya çıkmıştır. Özellikle acil durumlarda müdahale süresi, bakım işlemleri üzerindeki olumsuz etkileri, uygun şekilde tasarlanmadıkça yarattığı gürültü ve titreşimlerinin oluşturduğu sorunlar dile getirilmeye başlanmıştır. Bu nedenle araçlar hız tümseğinin üzerinden geçerken sürücülerin/yolcuların hissettiği rahatsızlığın kabul edebilir seviyede olması ve araçların hasar görmemesi sağlanırken yol güvenliğinin de en üst düzeyde olması gibi hedefler dikkate alınmaya başlanmıştır (Adnan ve ark. 2004) .

Weber (1998) tarafından Kanada'daki hız tümseklerinin geometrik tasarımı ve standardını geliştirmek amacıyla yolcuların maruz kaldığı konfor seviyesinin makul seviyelerde olması ve hız tümseklerinden geçen araçların hasarlarının ve bakım maliyetlerinin en aza indirilmesine yönelik bir çalışma yapılmıştır. Yollarda uygulanmış hız tümsekleri ile ahşaptan yapılmış kasisler üzerinde bir takım gözlemler yapılmıştır. Araçların ivmeleri tespit edilerek mevcut tümseklerde kaydedilen geçiş hızları ile belirlenen konfor kriterleri arasında değerlendirme yapılmıştır. Ölçülen ivmeleri tahmin edebilmek için çoklu regresyon modeli geliştirilmiş ve konfor kriterlerine karşılık gelen ivme seviyelerini üreten en uygun faktöriyel tasarımlar oluşturulmuştur. Araştırma sonucunda, sadece otomobilin kullanıldığı yollar ve sokaklar için 5,2 m x 100 mm; 7,9 m x 100 mm ve 9,1 m x 75 mm boyutlarındaki hız tümsekleri için otomobillerin hızlarının sırasıyla 30, 40, 50 km/sa olması önerilmiştir. Otobüs güzergâhlarında ise 6,1 m x 100 mm ve 8,8 m x 100 mm boyutlarındaki hız tümsekleri için sırasıyla 30 ve 40 km/sa hızlar önerilmiştir.

Gürer (2006) tarafından yapılan bir çalışmada hız tümseklerinin otomobiller üzerinde yarattığı etkiler incelemiştir. Çalışma kapsamında, uzun ve kısa olmak üzere iki farklı tümsek tipi için küçük yol butonları üzerinden geçen taşıtların düşey ivme ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Araçların koltuk, gövde ve aksına yerleştirilen sensorlar vasıtasıyla zamana bağlı titreşim değişimleri kaydedilmiştir. Böylece, her bir tümseğinin yarattığı etkiler incelenerek taşıtlarda oluşan titreşimlerin ve aracın farklı yerlerinde oluşan ivmelerin frekans analizleri gerçekleştirilmiştir. Yine Sözen (2006) tarafından yapılan bir

çalışmada hız tümseklerinin değişik hızlardaki araçlara yaptığı dinamik etkiler incelemiş ve optimum hız tümseğinin seçimi hakkında bir fikir sunmaya çalışmıştır.

Sahoo (2009) tarafından hız tümseği tasarım kılavuzu ve yapım aşamaları incelenmiştir. Çalışmada, hız tümseğinin geometrik özellikleri ile araçların geçiş hızları arasında bir ilişki kurulurken bilgisayar ortamında modeller geliştirilmiştir. Araştırmanın ilk adımında araçların %85 persentil geçiş hızları belirlenmiş ve ardından bu hızlarla tümseğin alan ve genişlik oranları (A/W) arasında anlamlı istatistiksel ilişkiler regresyon yöntemiyle tespit edilmiştir. Sonra belirlen %85'lik hız değerlerine karşılık gelen (A/W) oranları bu ilişkilerden tespit edilerek farklı tümsek profilleri için bu (A/W) oranını sağlayacak standartlara uygun tümsek yüksekliği belirlenmeye çalışılmıştır.

Daniel (2012) tarafından yapılan bir çalışmada hız tümseklerinin genişliğinin işletim hızlarına etkileri araştırılmıştır. Çalışmada 3,7 m sabit uzunluk ve 100 mm yüksekliğinde Watts profiline sahip olan hız tümseklerinin araçların işletme hızı üzerindeki etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. New Zelanda'nın Christchurch'in dokuz bölgesindeki yollarda Watts profilindeki toplam 21 hız tümseğinde 1239 aracın hızları kaydedilmiştir. Her bir tümsek için % 85'lik hız dikkate alınarak hız tümseği ve yol genişlikleri oranları (WH/WR) arasında regresyon modeli oluşturulmuştur. Araştırma sonucunda, tümsek ve yol genişlikleri oranları küçüldüğünde işletme hızının da azaldığı tespit edilmiştir. Bu nedenle daha küçük genişlikteki hız tümseklerinin geniş yollarda (10 m veya daha geniş) kullanılmasının daha uygun olacağını ileri sürmüştür.

Zainuddin ve ark. (2014) Malezya'da yapılan bir çalışmada %85'lik hız değerlerinin hız tümseğinin geometrisine bağlı olarak azaldığını göstermişlerdir. Araçların tümsekten geçerken hızlarını tespit ederek bir ivmeölçer ile maruz kaldıkları titreşimleri üç eksenli ivme şeklinde analiz etmiştir. Değişkenler (hız tümseklerinin geometrik özellikleri ile araç geçiş hızları) arasında çoklu lineer regresyon modeli kullanarak arasındaki ilişkileri belirlemiştir. Regresyon modellerinde %85'lik hız değerlerindeki azalma ile konforsuzluk düzeyi arasındaki ilişki kullanılarak tümsek geometrisinin optimum tasarımı yapılmaya çalışılmıştır.

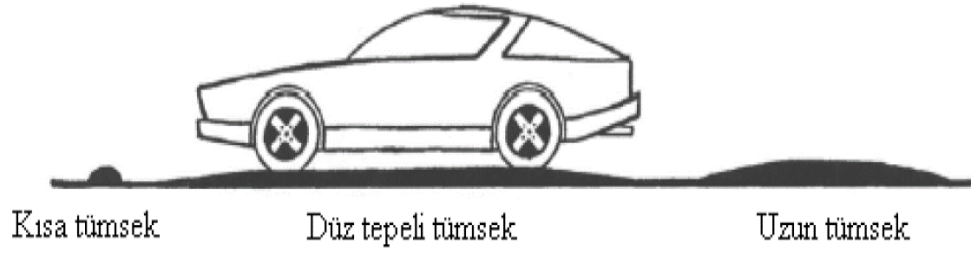
Molan ve Kordani (2014) tarafından yapılan diğer bir araştırmada araçların dinamik tepkilere dayalı hız tümseği profillerinin optimizasyonu konusunda bir inceleme yapılmıştır. Taşıtların tepkilerini araştırmak amacıyla bir benzetim (simülasyon) yazılımı kullanılmıştır. Farklı hız tümsekleri üzerinde araçların dinamik tepkileri incelenmiş ve araçlara etki eden kuvvetler altında oluşan hasar riski dikkate alınarak performansı optimize edilmiştir. Araçların dinamik performansını tahmin etmek amacıyla bir dizi formüller oluşturulmuş ve araçların geçiş hızları ile tümseğinin boyutlarının araçların dinamik performansı üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda düz tepeli ve parabolik tümseklerin daha uygun olacağı önerilmiştir.

Hassan ve Mohammed (2015) tarafından yapılan bir çalışmada araçların tümsekten geçişi sırasında maruz kaldığı dinamik tepkiler benzetim tekniği yöntemiyle araştırılmıştır. Taşıtın sinüzoidal bir tümsekten geçmesi sırasındaki süspansiyon dinamik parametrelerinin (sertlik ve sönüm oranı) değişmeleri incelenerek taşıtın matematiksel bir modeli geliştirilmiştir. Araştırma sonucunda, hız tümseği kullanıldığı yollarda sürücünün, yolcunun ve araç şasisinin maruz kaldığı zıplamaların sırasıyla %85, %107 ve %64 arttığı hızların ise %25 ve %50 azaldığı tespit edilmiştir.

Bilgin (2018) “ Kent içi yollarda hız kesici platform ve tümsek profillerinin sürüş konforu üzerindeki etkilerinin arazi testleri, nümerik ve analitik modeller vasıtasıyla belirlenmesi” başlıklı doktora tez çalışmasında farklı hız kesici profilleri ve tümsek profilleri değişken araç hızlarına bağlı olarak sürüş konforu ve tasarım optimizasyonu üzerindeki etkilerinin arazi testleri, nümerik ve analitik (matematik) model uygulamaları yardımıyla incelenerek; sürüş konforu bağlanımında en ideal platform belirlenmeye çalışılmıştır.

Hız tümseklerin tipleri

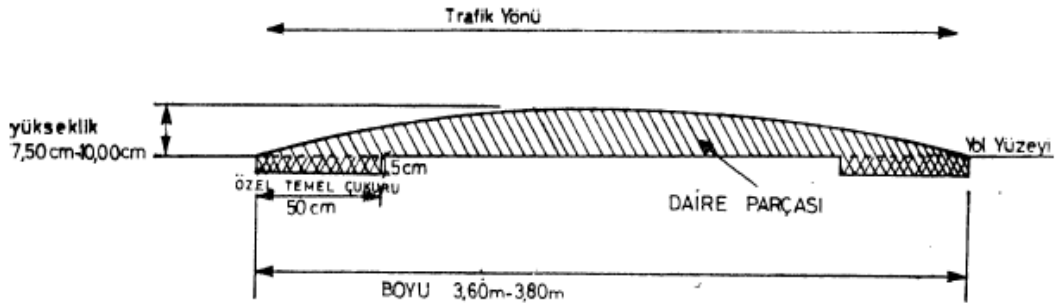
Hız tümsekleri geometrik özelliklerine göre şekil 2.12’de görüldüğu gibi kısa tümsekler, uzun tümsekler ve düz tepeli tümsekler olarak birbirinden ayrılır.



Şekil 2.12. Hız tümseklerinin tipleri (Stephens, B.W, 1986)

Uzun tümsekler

Türk Standartları Enstitüsü (TSE) 1988 yılında hazırlanan TS 6283 kodlu standardı 2000 yılında güncelleştirmesi ile birlikte son halini almıştır. Standarda göre tümseğin uzunluğu araçların dingil uzunluğuna bağlı olarak 3,6-3,8 m, tümseğin yüksekliğini 7,5-10 cm olarak belirlenmiştir. Şekil 2.3'te TS 6283 standardına göre uzun tümsek kesitinin detayları gösterilmiştir (TS 6283).



Şekil 2.13. TS 6283 standardına göre hız tümseğinin profili (TS 6283)

Uzun tümsek ve kısa tümsek aynı yüksekliğe sahip, fakat uzun tümseğinin iniş ve çıkış rampalarının eğimleri daha azdır. Böylelikle, araçlar bu tümseklerin üzerinden kritik hızlarda veya altında geçtiği zaman yolcular rahatsız edici titreşimlere maruz kalmayacaktır. Hız kritik hızın üzerinde ise uzun tümseklerde kısa tümseklere göre daha fazla yol kat edecekleri için daha yüksek titreşimlere maruz kalacaklar ve zaman içerisinde bu titreşim artacaktır. Ayrıca araç akslarının tümsek geçişinde farklı hareket yapmasından dolayı sürücüleri/yolcuları rahatsız etmektedir. Bu tip tümsekler araç hızının kritik hızı aştığı durumlarda sürücülere rahatsızlık yaratacaktır.

Kısa tümsekler

Kısa tümsekler, yüksekliği 75-100 mm, uzunluğu 300-900 mm aralığında olan dairesel veya parabolik profillerdir (Şekil 2.14). Bu tip tümsekler, uzunluğu az olduğu için araçların geçişi sırasında sert darbeler yaratır ve bu sebeple birçok ülke kullanılmasını tercih etmez. Sadece otoparklar ya da özel mülkiyet alanlarında kullanılmaktadır. Uzun tümsekler kısa tümseklere göre daha az zarar verir. Ülkemizde bu tip tümseler sıkça kullanılmaktadır.

Düz tepeli tümsekler

Hız tümseklerinin daha uzun ve orta kısmının düz bir platformdan yapılmış halidir (Şekil 2.14). Sürücülerin dikkatini çekmesi ve görünümünün güzelleşmesi için orta bölgesi parke taşı, arnavut kaldırımı vb. farklı malzemelerden yapılmaktadır. Bu tip tümsekler, iniş ve çıkış rampaların uzunlukları sırasıyla 1,8 m ve 1,3 m, orta bölgesinin genişliği 6-7 m arasında bulunmaktadır. Yüksekliği 7,5-10 cm arasında değişmektedir.

Hız tümseklerinin avantaj ve dezavantajları

Hız tümsekleri, yerleşim bölgelerinde güvenliği artırmak ve motorlu araçların hızlarını azaltmak için kullanılır. Bu yöntemin uygulanması birçok avantaj ve dezavantaj meydana getirir.

Hız tümseklerin avantajları;

- Yapılan araştırmalar trafik sakinleştirme yöntemleri arasında hız tümseklerinin araçların hızını kontrol etmek için en uygulanabilir yöntem olduğunu göstermiştir.
- Hız tümseklerinin kullanılması bölgedeki yaşayanlar için trafiği oldukça güvenli hale getirir. Özellikle de çocukların faaliyetleri ve hareketliliğinin olduğu sokaklarda güvenliği arttırmaktadır.
- Uygulanması kolay ve ekonomiktir.
- Hız tümsekleri trafik hızını %22, trafik yoğunluğunu %18 ve kazaları %13 oranda azaltmaktadır (NTCPM, 2016).
- Hız tümseklerinin kullanıldığı yollarda yayaların karşıdan karşıya geçişlerini kolaylaştırır.

Hız tümseklerin dezavantajları;

- Araçlar tümseklere yaklaştığı zaman sürücüler rahatsız edici sarsıntılara ve titreşimlere maruz kalmamak için ani olarak fren yapmaları gerekir ve bundan dolayı arkadaki aracın ani duran araca çarpma ihtimali vardır.
- Araçların tümsekten geçişleri sırasında oluşan titreşimlerden dolayı araçlar hasar görebilir.
- Hız tümsekleri ambulans, itfaiye ve polis araçlarında gecikmelere neden olur. Yapılan bir araştırmada bu gecikme itfaiye için 3 ile 5 saniye ve ambulans için yaklaşık 10 saniye olduğunu göstermiştir (EGM, 2011).
- Aracın hızını azalttığı zaman tekrar hızlanması yakıt tüketimini artırmakta ayrıca hava ve gürültü kirliliğine de neden olmaktadır.
- Hız tümsekleri SUV araçlarını istenilen seviyede etkilememektedir.
- Araçlar tümsek üzerinden ne kadar düşük hızla geçerse yolcular yine de titreşimlere maruz kalacaktır. Özellikle hasta taşıyan araçlardaki hastalar için bu durum ciddi sorunlar yaratabilir.

2.14. Konforsuzluk Kriterlerinin Belirlenmesi

Günümüzde ulaşım araçları insanların hayatlarında önemli bir rol oynamaktadır. Günlük faaliyetlerde (ev, iş, okul, alışveriş ve diğer aktiviteler) ulaşım araçlarının kullanılması kaçınılmaz hale gelmiştir. Özellikle motorlu taşıtların tercih edilmesi ulaşım için harcanan zamanı azaltır fakat aynı zamanda bu araçların uzun süre kullanılması halinde belli bir seviyede titreşime maruz kalacağından beraberinde kullanıcılar için sağlık ve konforla alakalı sorunlar oluşabilir. Sağlık sorunları genellikle kas-iskelet sistemine bağlı sırt ve boyun ağrılarına yol açar (Griffin, M.J, 1990). Konfor sorunları ise hem fizyolojik hem de psikolojik faktörlerle ilişkilidir. Bu çalışmada hız tümseğinden geçen araçlarda oluşan titreşimlerin yaratacağı etkiler konfor açısından incelenecektir.

Literatürde titreşimlerin insan üzerindeki etkilerini incelemek için farklı yöntemlerle değerlendirmeler yapılmıştır. Griffin ve ark (1982) insanların titreşime karşı hassasiyetinin hem ivmenin genliği hem de ivme- frekans dağılımı ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Bu titreşimleri ivme cinsinden elde ederek ağırlıklandırılmış frekans dönüştürmesinden sonra etkileri değerlendirilmiştir. Ayrıca, titreşimler farklı eksenler (x ,

y ve z eksenleri) ve konumlardan (araç aksından, koltuk yüzeyinden ve koltuk arkasından) ölçülen titreşimlerin bileşimlerine göre değerlendirilerek yapılmıştır. Böylece insanların titreşime karşı duyarlılığının değerlendirilmesinde farklı eksen titreşim bileşiminin daha uygun sonuç vereceği savunulmuştur.

Nahvi ve ark (2006) tarafından yapılan bir çalışmada BS 6841 ve ISO 2631 standartlarından faydalanılarak sürüş sırasında araçlara ve yolculara etkileyen titreşimlerin konfor açısından değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışmada beş farklı cadde üzerinde değişik hızla ilerleyen araçların farklı konumlarından titreşimleri ivme cinsinden kaydedilmiştir. Titreşimin yolcu üzerindeki etkilerini tahmin etmek için kaydedilen ivmeleri kareler toplam karekökü (RMS) değeri ve güç spektral sıklığı yöntemleri kullanılarak yapılmıştır. Çalışma sonucunda, hız arttıkça titreşim seviyesinin de arttığını görülmüştür. Ayrıca ISO 2631-1'e göre yapılan değerlendirmeler BS 6841'e göre daha düşük titreşim doz değerleri (VDV) verdiği görülmüştür.

2.15. ISO 2631-1

ISO 2631-1 standardı; periyodik, rastlantısal ve süreksiz titreşim hareketlerinin insan üzerinde sağlık, algı ve konfor açısından etkileri kapsamlı şekilde değerlendiren bir standarttır. Bu standartta titreşimin konumu, yönleri, kullanılacak aletler, ölçümlerin süre ve frekans ağırlığı gibi özellikler tanımlanmıştır. Ayrıca, değerlendirme için temel değerlendirme yöntemi (RMS), dördüncü dereceden titreşim dozu değeri (DVD) yöntemi, dördüncü dereceden kök değeri (RMQ) yöntemi ve hareketli ortalama karekök değeri (Running RMS) metotlarının kullanılmasını önermiştir. Bu metotların ne olduğunu açıklamadan önce bazı önemli tanımlar yapılacaktır ve daha sonra ilerleyen kısımlarda bu metotların ne olduğu açıklanacaktır.

Frekans ağırlıkları

Titreşimlerin insan üzerine etkileri frekansa bağlı olarak değişmektedir. Bu doğrultuda insan vücuduna iletilen titreşimlerin incelenmesi için her yönden ve konumdan gelen ivmeler önce frekansa dönüştürülür ve daha sonra bu frekans değerleri ağırlıklandırılır. Frekansın yüksek olduğu değerlerde insanın daha fazla etkileneceği aşikârdır. ISO 2631-1'de frekans ağırlıkları; W_k , W_d , W_f , W_c , W_e ve W_j simgeleri ile gösterilmiştir. Çizelge 2.5

ve 2.6’da hangi frekans ağırlıklarının hangi yönlere uygulanması gerektiği gösterilmektedir.

Çizelge 2.5. Farklı eksenler için önerilen frekans ağırlıkları faktörleri (ISO 2631-1)

Frekans Ağırlık Faktörleri	Sağlık	Konfor	Algı	Hareket hastalığı
W_k	z eksenli koltuk yüzeyi	z eksenli koltuk yüzeyi (sürücü için) x-y-z eksenleri (ayaktakiler için)	z eksenli koltuk yüzeyi	-
W_d	x-y eksenleri koltuk yüzeyi	x-y eksenleri koltuk yüzeyi (sürücü için) y-z eksenleri koltuk arkası (sürücü için)	x-y eksenleri koltuk yüzeyi	-
W_f	-	-	-	-

Çizelge 2.6. Farklı eksenler için ek frekans ağırlıkları faktörleri (ISO 2631-1)

Frekans Ağırlık Faktörleri	Sağlık	Konfor	Algı	Hareket Hastalığı
W_c	x eksenli koltuk arkası	x eksenli koltuk arkası	x eksenli koltuk arkası	-
W_e	-	$r_x-r_y-r_z$ eksenleri koltuk yüzeyi	$r_x-r_y-r_z$ eksenleri koltuk yüzeyi	-
W_j	-	Sırt üstü yatar konumu	Sırt üstü yatar konumu	-

Yani koltuk üzerinde oturan sürücü/yolcu için düşey yönden gelen titreşimlerin etkisinin belirlenmesi için düşey ivmenin frekansa dönüştürülerek (SeismoSignal 2016 Öğrenci Sürümü ile dönüştürülmüştür) W_k faktörü (faktör ağırlığı veya çarpım faktörü) ile çarpılması gereklidir. Aynı zamanda bu faktör ayakta olan yolcular için x, y ve z eksenlerinde oluşan frekansa dönüştürülmüş ivmelerin de çarpanıdır. Kısaca, her bir yönden etkileyen ivmelerin frekansa dönüştürülmesiyle elde edilen değerler bir faktör ağırlığı ile çarpılır. Bunun sonucunda elde edilen değerler insan üzerindeki “titreşim etkisi” olarak değerlendirilir. ISO 2631-1’de önerilen ağırlık faktörleri değerleri Çizelge 2.7 ve 2.8’de verilmiştir.

Çizelge 2.7. 1/3 Oktav bandında faktör ağırlıkları (ISO 2631-1)

Frekans f (Hz)	W_k Faktör ($\times 1000$)	W_d Faktör ($\times 1000$)	W_f Faktör ($\times 1000$)
0,02			24,2
0,025			37,7
0,0315			59,7
0,04			97,1
0,05			157
0,063			267
0,08			461
0,1	31,2	62,4	695
0,125	48,6	97,3	895
0,16	79	158	1006
0,2	121	243	992
0,25	182	365	854
0,315	263	530	619
0,4	352	713	385
0,5	418	853	224
0,63	459	944	116
0,8	477	992	53
1	482	1011	23,5
1,25	484	1008	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	1039	409	
6.3	1054	323	
8	1036	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	
100	88,7	14,1	
125	54	8,63	
160	28,5	4,55	
200	15,2	2,43	
250	7,9	1,26	
315	3,98	0,64	
400	1,95	0,31	

Çizelge 2.8.1/3 Oktav bandında ek frekans ağırlıkları (ISO 2631-1)

Frekans f (Hz)	W_c Faktör $\times 1000$	W_e Faktör $\times 1000$	W_j Faktör $\times 1000$
0,1	62,4	62,5	31,0
0,125	97,2	97,5	48,3
0,16	158	159	78,5
0,2	243	245	120
0,25	364	368	181
0,315	527	536	262
0,4	708	723	351
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
100	84,4	10,5	843
125	56,7	7,07	708
160	34,5	4,31	539
200	18,2	2,27	364
250	9,71	1,21	243
315	5,06	0,63	158
400	2,55	0,32	100

Frekans ağırlıklarının uygulanması

ISO 2631-1 standardında koltuk yüzeyindeki düşey eksen (z ekseninden) gelen titreşimler için frekansın 4 ile 13 Hz frekans aralığında olması durumunda W_k faktörü en etkin değerlerdedir. Yatay eksenler (x ve y eksenleri) için 0.5 ile 2 Hz frekans aralığında W_d faktörü en etkin değerlerdedir. Standartta, farklı yönlerden gelen titreşimlerin frekans ağırlıklı ivmeleri (a_w) bileşeninin, değerlendirme için kullanılmasının daha uygun olacağı belirtilmiştir. Bu ağırlıklı ivmeler bir yön için Denklem 2.1'in yardımıyla hesaplanır.

$$a_w = \left[\sum_i (W_i a_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.1)$$

Formülde;

a_w : Frekans ağırlıklı ivme

W_i : Faktör ağırlıkları

a_i : i inci 1/3 oktav bandı için frekansa dönüştürülmüş ivmeleri göstermektedir.

Ayrıca, tepe faktörü (zirve faktörü), RMS değerinin frekansa dönüştürülmüş ivmenin maksimum anlık pik değerine oranı (RMS/maksimum anlık frekans) olarak tanımlanmıştır. ISO 2631-1'e göre bu değer 9'a eşit ve altında olması durumunda temel değerlendirme yönteminin yeterli olduğu kabul etmektedir. Fakat düzensiz şokları kapsayan bazı titreşimlerde pik değeri 9'un altında olsa bile, temel değerlendirme metodu konforsuzluk açısından gerçek değeri ifade etmeyebilir. Bu nedenle gerçek değer bulunması için hem temel değerlendirme yöntemi hem de ilave yöntemlerin kullanılması önerilir. İlave yöntemlerden kasıt Running RMS ve dördüncü kuvvet titreşim (RMQ) ve titreşim doz (VDV) değerleridir (ISO 2631-1). Bu yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

Temel değerlendirme yöntemi (RMS)

Titreşimleri değerlendirmek için genelde "ivme değerlerinin ağırlıklı ortalama karekök değeri (RMS)" değerlerinde kullanılan "temel değerlendirme yöntemi" ile hesaplanır. Bu yöntem frekans içeriğini hesaplar ve m/sn^2 veya rad/sn^2 cinsinden ifade edilir. Araçlarda oluşan titreşimler farklı yönlerde salınım yapacağından pozitif ve negatif ivmeler oluşacaktır ve eksilerin artıları götürmemesi için ivmelerin kareleri toplanır ve ardından

ortalamaların karekökü alınır. Temel değerlendirme yöntemi Denklem 2.2 yardımıyla hesaplanır.

$$a_{RMS} = \left[\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.2)$$

Denklemde a_w frekans ağırlıklandırılmış ivme (t) zamanında birimi (m/sn^2) ve T saniye cinsinden süreyi gösterir. ISO 2631-1 standardında, titreşim özelliğine göre $a_w(t)$ ağırlıklı ivme değerini elde etmek için farklı yöntemler tanımlanmıştır.

Running RMS yönteminin kullanılması

Running RMS yöntemi, temel değerlendirme yönteminin yetersiz kaldığı durumlarda (zirve faktörünün 9'dan büyük olması durumunda) kullanılır. Bu yöntem ani şokları ve geçici olan titreşimleri (çok kısa süreleri) dikkate alarak aşağıda verilen Denklem 2.3 ile hesaplar:

$$a_w = \left[\frac{1}{T} \int_{t_0-r}^{t_0} a_w^2(t) dt \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.3)$$

Denklemde $a_w(t)$ anlık (kısa süreli) frekans ağırlıklı ivmeyi (m/sn^2), t zamanı (sn) ve t_0 gözlem süresini (anlık süreyi sn cinsinden) göstermektedir (ISO 2631-1).

RMQ ve VDV yöntemleri

Tepe faktörü değeri 9'dan büyük olduğu durumlarda veya temel değerlendirme yetersiz kaldığı durumlarda kullanılan diğer ilave yöntemler RMQ ve VDV yöntemleri kullanılır. Bu yöntemler insanların tepkilerini subjektif olarak ilişkilendirir ve yaygın olarak kullanılır. RMQ aşağıda verilen Denklem 2.4 ile VDV ise Denklem 2.5 yardımıyla hesaplanır:

$$RMQ = \left[\frac{1}{T} \int_0^T a_w^4(t) dt \right]^{\frac{1}{4}} \quad (2.4)$$

$$VDV = \left[\int_0^T a_w^4(t) dt \right]^{\frac{1}{4}} \quad (2.5)$$

Eşitliklerdeki $a_w(t)$ frekans ağırlıklı ivmeyi (m/sn^2), (t) zamanı (sn) ve T saniye cinsinden zamanı gösterir.

2.16. Titreşimleri Konfor Açısından Değerlendirme

ISO 2631-1 standardında a_w bileşeni insan vücuduna iletilen titreşimin sayısal bir değerle ifade edilmesinde en uygun parametre olduğu kabul edilmiştir. Standartta, insan vücudunun maruz kaldığı titreşime göre 6 konfor seviyesi belirlenmiş ve bu konfor seviyeleri için Çizelge 2.9'da verilen frekans ağırlıklı ivme aralıklarının kullanılması önerilmiştir.

Çizelge 2.9. Frekans ağırlıklı ivmeye göre konfor seviyelerinin sınır değerleri (ISO 2631-1)

a_w (m/sn^2)	Konfor seviyeleri
<0,315 m/sn^2	Konforlu
0,315 - 0,63 m/sn^2	Az konforlu
0,5-1 m/sn^2	Biraz konforsuz
0,8 – 1,6 m/sn^2	Konforsuz
1,25 – 2,5 m/sn^2	Çok konforsuz
>2 m/sn^2	Aşırı konforsuz

Çizelge 2.10. Konfor seviyelerinin alt ve üst limit değerleri (ISO 2631-1)

Konfor seviyeleri	Alt limit (m/sn^2)	Üst limit (m/sn^2)
Konforlu	<0,315 m/sn^2	<0,315 m/sn^2
Az konforlu	0,315 - 0,5 m/sn^2	0,315 - 0,63 m/sn^2
Biraz konforsuz	0,5-0,8 m/sn^2	0,63-1 m/snn^2
Konforsuz	0,8 – 1,25 m/sn^2	1 – 1,6 m/sn^2
Çok konforsuz	1,25 – 2 m/sn^2	1,6 – 2,5 m/sn^2
Aşırı konforsuz	>2 m/sn^2	>2 m/sn^2

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Kapsamı

Bu tez çalışması kapsamında, Bursa Uludağ Üniversitesi içerisinde standartlara göre yapılmış olduğu belirtilen hız tümseklerinin araç ve sürücü/yolcu üzerindeki etkileri irdelenmektedir. Uludağ Üniversitesinin yerleşkesinde bulunan hız tümseklerinin geometrik boyutları (uzunluk, genişlik ve yükseklik) ve profil tipleri (dairese, parabolik ve sinüzoidal) tespit edilmiş, TS 6283'e göre uygunlukları kontrol edilmiştir. Ardından tespit edilen hız tümseklerinin profilleri Adams/Car 2017-2 versiyonu yazılımının Road Builder kısmında tanımlanmış ve hazır taşıt modelleri kullanılarak gerçek taşıt özelliklerine göre analiz edilmiştir. Böylelikle farklı hızlarda tümsekten geçiş yapan araçlarda oluşan titreşimlerin ve bu titreşimlerin sürücü/yolcu üzerindeki oluşturacağı etkilerin ISO 2631-1 standartlarına göre konfor değerlendirmesi yapılmıştır. Ayrıca arazide gözlemlenen araçların hız tümseklerinden geçiş hızları tespit edilerek, sürücülerin/yolcuların belirli araç hızlarında hissettikleri titreşimleri konfor seviyesi açısından anket yoluyla tespit edilmiştir. Elde edilen bu değerlerle araç hızı-öznel konfor ile konfor (ISO 2631-1'e göre düşey ivmeden elde edilen teorik konfor)-öznel konfor arasında istatistiksel ilişkiler araştırılmıştır.

Çalışma esas olarak aşağı adımlardan oluşmaktadır:

- Yollarda yapılmış hız tümseklerinin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi
- Bilgisayar ortamında araç ve tümseklerin modellenmesi (Adams/Car)
- Video kayıtları ile arazide araçların tümsekten geçiş hızlarının belirlenmesi
- Anket yöntemiyle araç kullanıcılarından sübjektif olarak konfor düzeyleri belirlenmesi
- İstatistiksel ilişkilerinin değerlendirilmesi

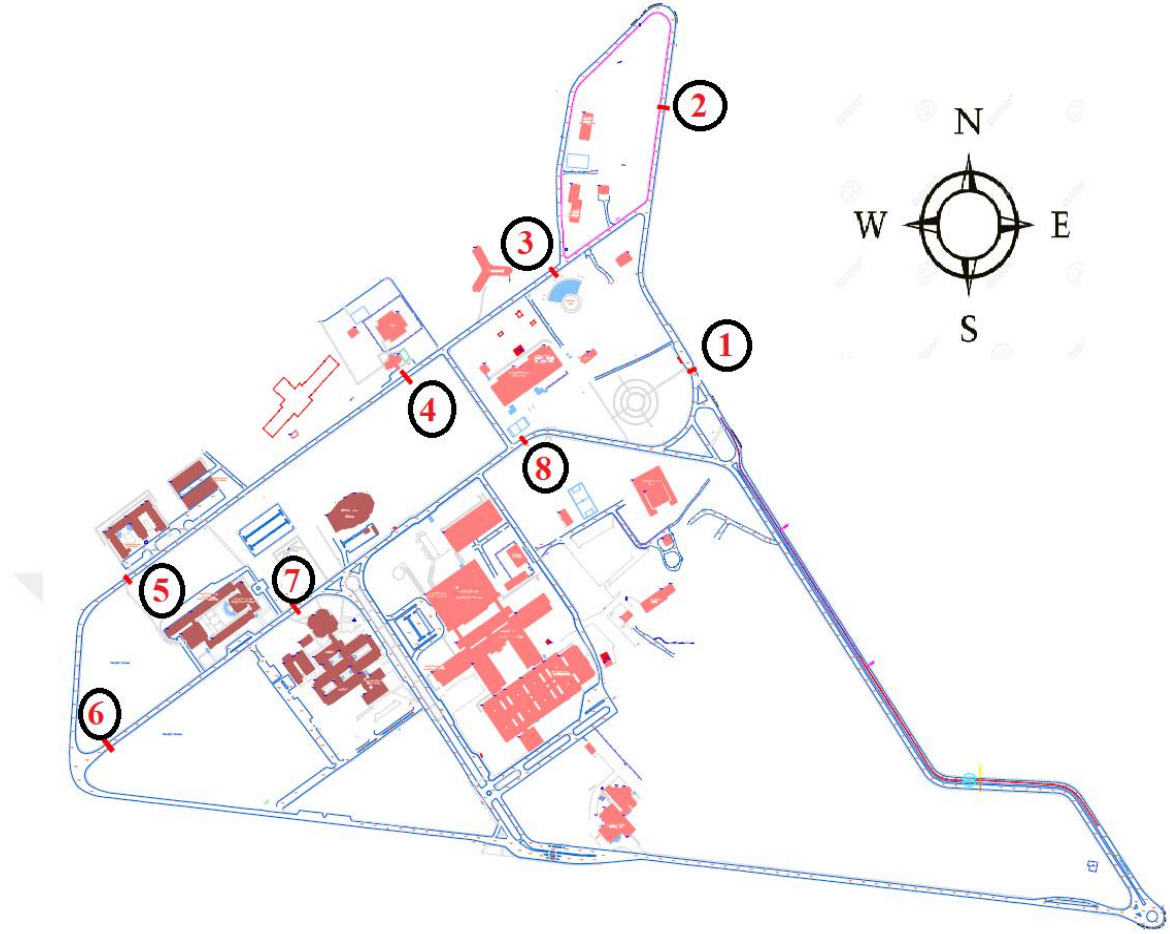
3.2. Kullanılan Teknik Donanımlar ve Yazılımlar

Çalışmada Adams/Car 2017-2 versiyonu yazılımının Road Builder programı ve ankete katılan araçların hızlarını tespit etmek amacıyla Apple Ipad'a yüklenen Bandicut Video Cutter (ücretsiz olarak herkesin kullanımına açık) programları kullanılmıştır. Öncelikle çalışmada kullanılacak hız tümseklerinin boyutu ve yüzey profilleri belirlenmiştir. Bu

boyutlar bir cetvel ve metre yardımıyla arazide doğrudan ölçülmüştür. Çalışma bölgesi yol ağı ve hız tümseklerinin konumları öncelikle AutoCAD (2018 versiyonu) ortamında tanımlanmıştır. Daha sonra bu yol ağı ve tümseklerle birlikte elde edilen hız tümsek profilleri ve araç modelleri MSC/Adams 2017-2 versiyonu yazılımında (Road Builder menüsü) kullanılarak programda tanıtılmıştır. Ankete katılan sürücülerin araç hızlarının belirlenmesi için araçların tümsekten geçiş anları Apple Ipad ile kayıtları yapılmıştır. Daha sonra bu videolar Bandicut Video Cutter programı kullanılarak araçların tümsekten geçiş süreleri tespit edilmiştir. Tümseğin genişliğinin araç geçiş sürelerine bölünmesiyle ankete eşlik eden her bir aracın geçiş hızları kolaylıkla belirlenmiştir. Ayrıca bu araçların maruz kaldığı titreşimlerin analizinde SeismoSignal 2016 yazılımı kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi IBM SPSS Statistics 22 yazılımında yapılmıştır.

3.3. Hız Tümseklerinin TS 6283 Standardına Uygunlukları

Çalışmada Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle kampüsünde uygulanan 8 adet hız tümseği kullanılmıştır (Açıklama: tez konusu belirlenirken kampüs sınırları içerisinde aslında 22 adet olan hız tümseğinin 14 adedi üniversitenin yeni seçilen yönetiminin aldığı bir kararla uygulandıkları yerden kaldırılmıştır). Seçilen tümseklerin konumları Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. BUÜ Görükle Kampüsü yol ağı ve çalışma için seçilen hız tümseklerinin konumları

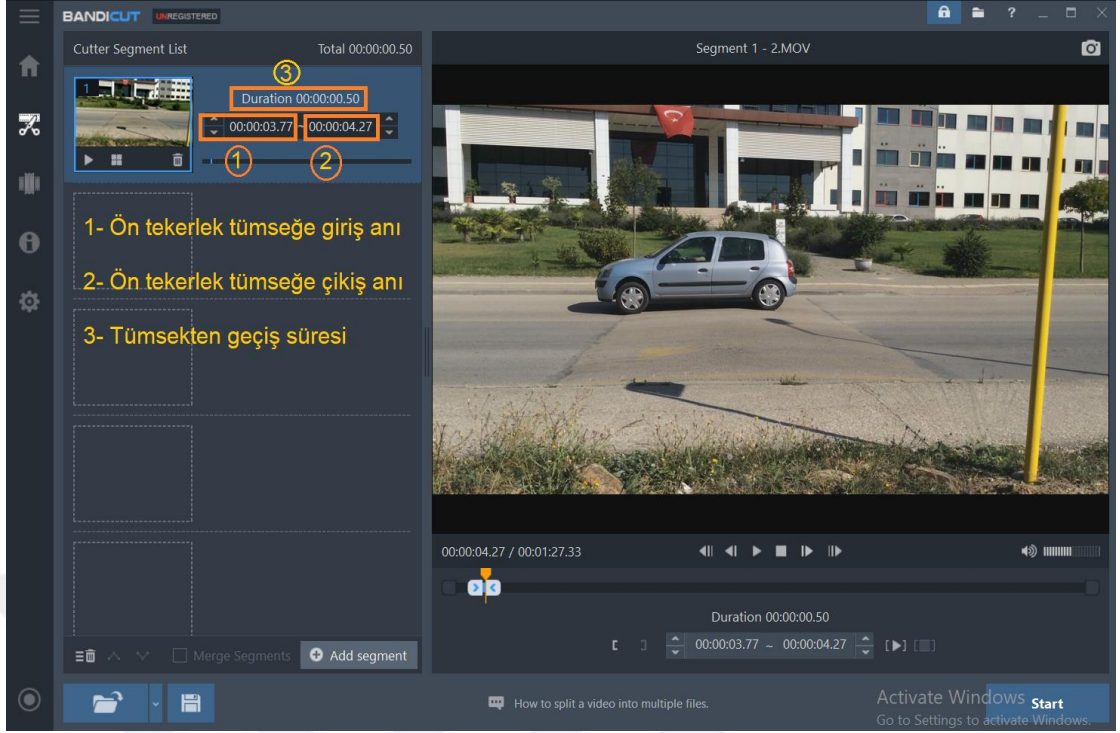
Sekiz adet tümsek platformunun profil ölçümleri Şekil 3.2'deki gibi bir adet metre ve bir adet cetvel ile gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sırasında ilk olarak tümseğin profil uzunluğu belirlenmiş, bu uzunluk boyunca her 30 cm'de yükseklikleri ölçülmüştür. Daha sonra yerinde ölçülerek tespit edilen tümseklerin boyutları, TS 6283 standardında belirtilen boyutlarla karşılaştırılmıştır.



Şekil 3.2. Hız tümseklerinin profillerinin belirlenmesi için arazide yapılan ölçümler

3.4. Araçlarının Geçiş Hızlarının Belirlenmesi

Anketi gerçekleştirmek için en uygun hız tümseği Şekil 3.1’de belirtilen 7 nolu hız tümseği olarak belirlenmiştir. Zira buradan geçen araçların bazıları yolun Güneydoğu kesiminde bulunan otoparka araçlarını park ettiklerinde yanlarına gidilerek yüz yüze yapılan görüşme ile anket gerçekleştirilmiştir. Ankete katılım gönüllülük usulüne göre yapılmıştır. Birçok sürücü acelesi olduğunu söyleyerek ankete katılmayı kabul etmemişlerdir. Apple Ipad ile araçların geçisi sırasında yapılan çekimler daha sonra Bandicut Video Cutter programı ile analiz edilmiştir. Sadece ankete katılan sürücülerin araçlarının hızları tespit edilmiştir. Şekil 3.3’te görüldüğü gibi geçen aracın ön ve arka tekerleklerinin tümsek üzerinden geçiş süreleri bu program vasıtasıyla belirlenmiş ve araç hızlarının hesabında kullanılmak üzere bu sürelerin ortalamaları alınmıştır.



Şekil 3.3. Bandicut Video Cutter arayüzü ile araçların tümsekten geçiş sürelerinin tespit edilmesi

Çalışmada kullanılan tümsek uzunluğunun, programda hesaplanan araçların geçiş sürelerine bölünmesiyle araç geçiş hızları aşağıdaki Denklemlerle basitçe hesaplanır:

$$v = \frac{L}{T} \quad (3.1)$$

T : Aracın tümsekten geçme süresi (sn)

L : Tümsek uzunluğu (m)

v : Aracın tümsekten geçiş hızı (km/sa)

3.5. Simülasyon Yöntemi İle İlgili Genel Bilgiler

Yapılan modellerin daha hızlı olması, daha fazla değişken ile çalışabilme imkanı vermesi, maliyet açısından daha avantajlı olması ve yapılan hataları geriye dönüp kolaylıkla düzeltme imkânı vermesi gibi özellikleri simülasyon yöntemini diğer yöntemlere kıyasla daha avantajlı kılar. Yapılacak çalışmanın amacına uygun olarak gerçekte elde edilmesi çok zor ve pahalı olan değerleri (kullanılacak araçlar, maruz kaldığı ivmeler vb.) benzetim

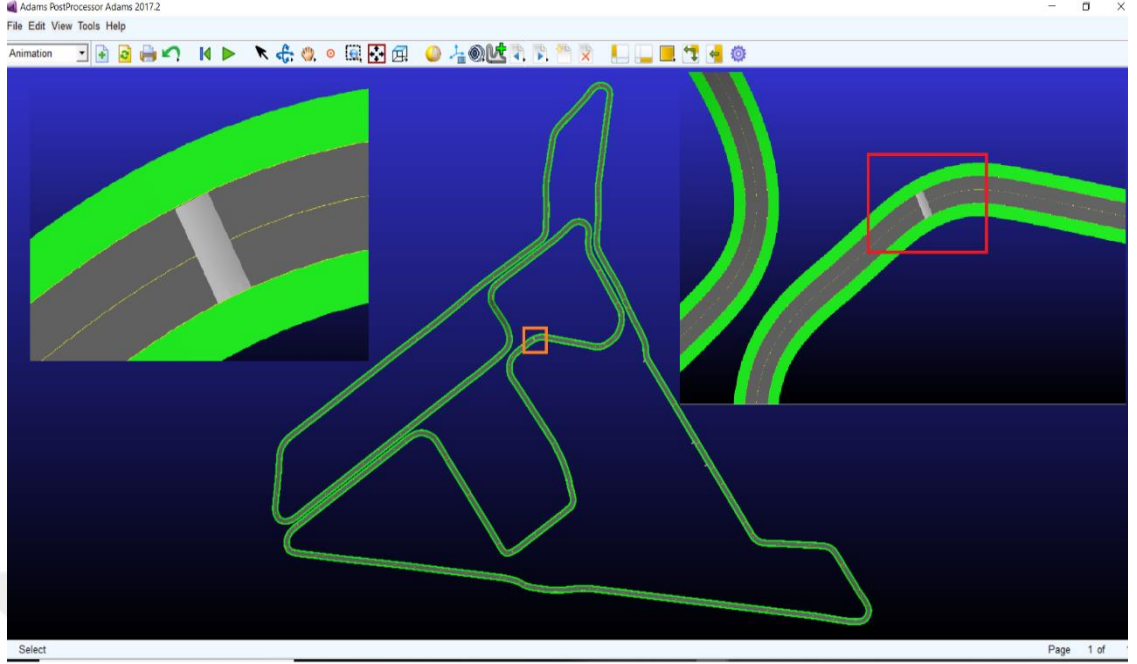
teknikleriyle kolaylıkla elde edilebilir (BÍAS, 2019). Bu çalışmada benzetim yazılım olarak MSC/Adams yazılımı kullanılmıştır.

MSC Adams, genellikle mekanik mühendisleri tarafından makinelerin tasarlanması ve analizlerinin yapılması amacıyla kullanılmaktadır. Adams ile araçların /makinelerin dinamik davranışları incelenir, kuvvetlerin ve yüklerin sistem içinde nasıl dağıldığı hesaplanır. Böylelikle geliştirilen sistemlerin davranışı analiz edilir ve mekanizmalar optimize edilerek sistemlerin performansları artırılmaya çalışılır. Öncelikle Adams ile mekanik sistemlerin, sanal test prototipleri bilgisayarda modellenir ve daha sonra gerçek hayattaki çalışma şartlarında bu prototipler test edilir. Bu yazılım ile sistemin kinematik/hareket, statik, quasi-statik ve dinamik denklemleri çözülerek sistemin gerçek davranışlarını incelenebilmektedir. MSC Adams yazılımının birçok alt uygulaması bulunmaktadır. Bunlar; View, Car, Chassis ve Driveline gibi uygulamalardır (MSC/Adams, 2019).

Bu çalışmada modelleme işlemi Adams/Car yazılımında yapılmıştır. Çünkü bu yazılım araç ve yol modellenmesi için özel bir ortam sağlamaktadır. Özellikle araçların modellenmesi ve analizlerin yapılması için en uygun programlardan biridir ve makine mühendisleri tarafından yaygın olarak tercih edilen bir yazılımdır. Ayrıca programda çalışmaya hız ve kolaylık sağlayacak birçok hazır araç modelleri bulunmaktadır.

3.6. Adams/Car Ortamında Yol ve Hız Tümseklerinin Modellenmesi

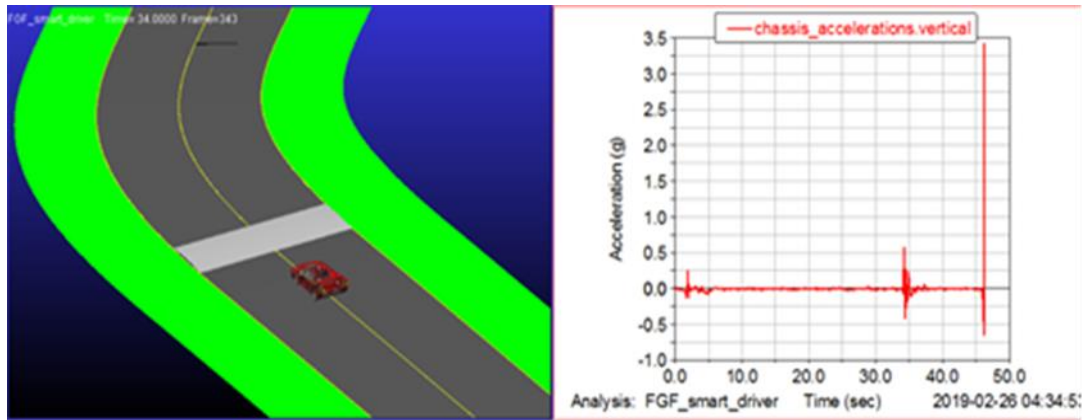
Adams/Car Road Builder kısmında yol 3B noktasal koordinatlar olarak kullanıcı tarafından tanımlanır. Ayrıca her bir noktada yol genişliği, yolun sağ ve sol tarafı için sürtünme değeri ve kaldırım genişliğinin belirlenmesi gereklidir. Bir yolun modelini oluştururken yüzlerce noktanın belli konumlarda (x , y ve z koordinatları) tanımlanması gerekir. Bu işlem, AutoCAD ortamında kolaylıkla yapılabilir. Bu çalışmada, BUÜ yol ağı AutoCAD programında çizilmiş ve uygulanmış tümseklerin konumları belirlenmiştir. Daha sonra yol ve tümseklerin platformları noktasal koordinat şeklinde Adams/Car programda tanımlanmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Çalışma bölgesi BUÜ Görükle yol ağı ve hız tümseklerinin Adams/Car ortamındaki modeli

3.7. Adams/Car Ortamında Kullanılan Araç Özellikleri

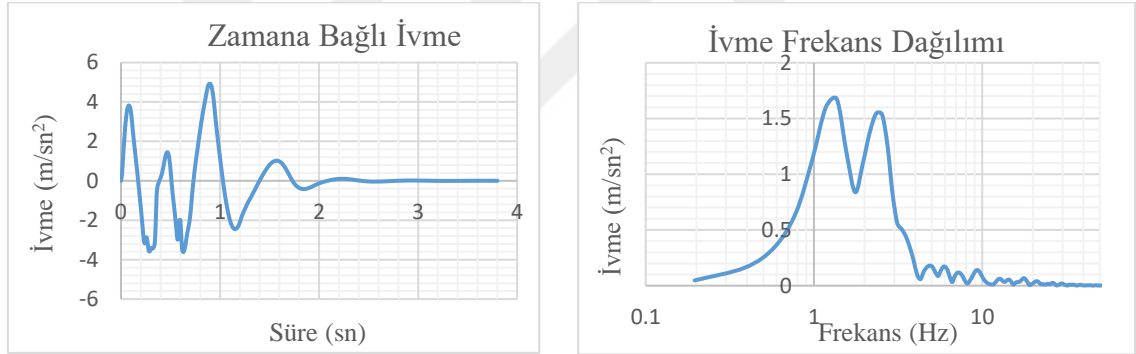
Adams/Car yazılımında hazır olarak farklı araç tipleri bulunmaktadır. Bu özellikten faydalanarak araç özellikleri (taşıtlı ağırlığı, yay katsayısı, amortisör sönüm oranı vb.) gerçek araç özelliklerine göre düzeltilmiştir. Bu çalışmada otomobilin ağırlığı 1375 kg olarak ayarlanmıştır. Bu otomobil modeli 5 adet hız tümseği üzerinden değişik hızlarda simülasyonu yapılmış ve aracın maruz kaldığı etkiler düşey ivme cinsinden Şekil 3.8'deki gibi elde edilmiştir.



Şekil 3.5. Bir otomobilin hız tümseğinden geçişi sırasında kaydedilen ivmesi

3.8. Titreşimlerin Analizi ve Değerlendirilmesi

Simülasyon yöntemi ile farklı hızlarda tümseklerden geçen araçlarda oluşan titreşimler ivme-zaman cinsinden elde edilerek kaydedilmiştir. Kaydedilen ivme-zaman eğrileri SeismoSignal 2016 yazılımı ile analiz edilmiştir. Araçlar tümsek üzerinden geçerken oluşan maksimum ivme genliği ve bu süre içindeki etkin değerler okunabilir. Ayrıca, çilen aralığa frekans analizi yapılarak SeismoSignal 2016 yazılımında Fourier dönüşümü (frekans dağılımına dönüşümü) yapılarak bulunmuştur. Böylece, hız tümseği geçiş süresinde oluşan ivmelerin frekans ağırlıklı dağılımlarına ulaşabilir. Şekil 3.6’da araçların tümsekten geçerken oluşan ivme-zamana bağlı değişim ve Fourier dönüşüm durumu gösterilmiştir. Tümsekten değişik hızlardaki geçişleri sırasında otomobilde oluşan titreşimlerin ivme zamana bağlı değişimleri ve frekans ağırlıklandırılmış ivmelerin dağılım grafikleri EK-2 Şekil 2.1- 2.12’de gösterilmiştir. Bu çalışmada yatay ivmelerin etkisinin çok az olduğu görüldüğünden sadece düşey ivmeler dikkate alınmıştır.



Şekil 3.6. İvme-zamana bağlı değişim ve ivme frekans dağılımı

Hız tümseklerinin insan üzerindeki etkisinin konfor açısından değerlendirilmesi

ISO 2631-1 standardına göre insan vücudunu etkileyen titreşimlerin konfor açısından değerlendirilmesine yönelik sayısal değerler belirlenmiştir. Kaydedilen titreşimler (ivme zamana bağlı) ivme – frekans dağılımına dönüştürülmüştür. Frekansa bağlı ivmeler Çizelge 2.7 ve Çizelge 2.8’de tanımlan faktörler ile çarpılmış ve oluşan ivmelerinin karelerinin ortalama kökü (RMS) bulunarak hesaplanmıştır. Hesaplanan ağırlıklandırılmış RMS ivmeleri Çizelge 2.9 ve Çizelge 2.10’daki RMS değerleri referans alınarak konfor seviyeleri belirlemiştir.

3.9. Ankette Elde Edilen Değerlerin ve Simülasyon Çıktılarının Kıyaslanması

Bilgin (2018) tarafından yapılan deneysel bir çalışmada seçilen bir güzergâh üzerindeki parabolik profile sahip farklı boyutlardaki yedi adet hız tümseği üzerinden bir aracın farklı hızlardaki geçişleri sırasında sürücü üzerindeki etkileri incelenmiştir. Gözlemlerde otomobil değişik hızlarda (15, 20, 25, 30 ve 35 km/sa hızlarında) tümsekten geçerken oluşan ivmeler kaydedilmiştir. Yapılan gözlemlerde boş ağırlığı 1317 kg ve dingin açıklığı 2637 mm olan Volkswagen Golf markalı bir otomobil kullanılmıştır. Otomobilin koltuklarına ivmeölçer cihazı yerleştirilerek oluşan titreşimler ivme cinsinden elde edilmiştir. Ayrıca tümseklerin boyutları nivelman kullanılarak fotoğraf ekibi yardımıyla tespit edilmiştir. Gözlemler sonucunda aracın maruz kaldığı titreşimler ivme cinsinden elde edilmiş ve RMS değerleri bulunmuştur.

Bu çalışmada Bilgin'in (2018) gerçekleştirdiği bu çalışmasından faydalanılarak, çalışmada kullandığı tümseklerin geometrik boyutları ve araç özellikleri birebir olarak yaptığımız çalışmada da MSC Adams simülasyon yöntemi ile modellenmiştir. Araç aynı farklı hızlar ile tümsekten geçirilmiş ve oluşan etkiler ivme cinsinden elde edilmiştir. Burada amaç yaptığımız modellemenin Bilgin'in arazide ölçmüş olduğu bu ivmeleri elde edip etmeyeceği yani bir nevi modelin uygunluğunu kontrol etmektir.

3.10. Anket Çalışması

Bursa Uludağ Üniversitesi yerleşkesi içerisinde anket yapmak için uygun bir hız tümseği Şekil 3.1'de belirtilen 7 nolu hız tümseği) belirlenmiştir. Belirlenen tümsek üzerinden geçen araçların hızları daha önce anlatıldığı üzere video üzerinden Bandicut Video Cutter programıyla tespit edilmiştir. Sürücülerin tümseği geçerken hissettikleri öznel konfor seviyelerinin tespiti için araçlar ileride durdurulup sürücülerle kısa sorular şeklinde bir anket gerçekleştirilmiştir. Anket, direkt gözlemlenen araç tipi ve sürücü yolcu cinsiyetleri dışında; sürücülerin yaş aralıklarını ve hissettikleri konfor seviyelerini belirlemek için kullanılan 1-6 arasındaki Likert ölçeği değerlerini içermektedir (Çizelge 3.1).

Likert (1932) tarafından geliştirilen tutum ölçeği, tutumları ölçmede kolay ve çok tercih edilen bir yöntemdir. Likert ölçeği ve Likert tipi sorular bütün bilim alanlarda en çok kullanılan tutum ve eğilim ölçüm yöntemidir. Ankette kullanılan 1-6 seviyeleri ISO

2631-1 standardında belirlenen konfor seviyelerine (6 seviyeye) karşılık gelmesi için özellikle seçilmiştir.


Çizelge 3.1. Tümseklerin sürücü/yolcu üzerindeki etkilerini konfor bakımından araştırmak için hazırlanan anket

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

Konu: Bursa Uludağ Üniversitesi içerisinde uygulanmış hız tümseklerinin sürücü üzerindeki etkileri konfor açısından değerlendirme anketi

Değerli Katılımcılar:

Bu araştırma ile Bursa Uludağ Üniversitesi içerisinde uygulanan hız tümseklerinin sürücü üzerindeki etkilerini konfor açısından seviyelerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Katılımınızdan dolayı teşekkür ederiz.

1) Hız tümseklerinin değerlendirilmesi	(kasisler)	konfor	açısından	1. Aşırı Konforsuz		
1	2	3	4	5	6	2. Çok Konforsuz
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	3. Konforsuz
						
2) Yaş aralıkları	18-25	26-40	41-65			
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>			
3) Cinsiyetiniz	Kadın	Erkek				
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>				
4) Aracın geçiş hızı						

Bu çalışmada araçların tümsekten geçerken aracın geçiş hızı, araç tipi, sürücü/yolcu yaş ve cinsiyeti gibi faktörlere bağlı olarak sürücülerin hissettiği öznel konfor seviyeleri araştırılmıştır. Anketin amacı öznel konfor-hız, öznel konfor-yaş ve öznel konfor-cinsiyet arasındaki ilişkilerin araştırılması ve bu ilişkilerin daha sonra istatistiksel yöntemler (sıralı logit regresyon yöntemi) ile değerlendirilmesidir. Ayrıca, arazide gözlemlenen öznel konfor değerleri ile simülasyondan elde edilen teorik konfor değerlerinin istatistiki olarak karşılaştırılması da hedeflenmiştir.

3.11. Kullanılan İstatistiksel Yöntemler

3.11.1. Cohen'in kappa testi

Kappa testi iki veya daha fazla değer arasında istatistiksel olarak ilişki kuran bir ölçümdür. Kappa sayısı satır ve sütun olan simetrik diyagonal hücrelerinden hesaplanan bir orandır. Kappa değeri 0 ile +1 arasında değerler alabilmektedir. Kappa değeri 0 olduğu zaman uyumsuzluğu 1 olduğunda ise tam uyumu ifade eder (Cohen, 1960).

Bu çalışmada belirlenen teorik konfor seviyeleri ve öznel konfor seviyeleri arasındaki istatistiksel bağlantının bulunması için Cohen's Kappa testi uygulanmıştır. Test sonucunda elde edilen teorik (araç hızlarına göre simülasyon yöntem ile elde edilen konfor değerleri) ile gerçek öznel konfor değerleri arasındaki uyum ilişkisini istatistiksel olarak değerlendirir. Yani bağlılık (uyum) ölçümü en basit haliyle Çizelge 3.2'de gösterilen hücre değerlerinin istatistiksel bir değerlendirmesidir (ISO2631-1'e uygun olması için Çizelgede satırdaki ve sütundaki $k = 6$ değerine göre hesaplanacaktır).

Çizelge 3.2. Teorik ve öznel konfor uyum tablosu

		Teorik Konfor				Toplam
		1	2	...	k	
Öznel Konfor	1	n_{11}	n_{21}	...	n_{1k}	n_{1+}
	2	n_{21}	n_{22}	...	n_{2k}	n_{2+}
	⋮	⋮	⋮		⋮	⋮
	k	n_{k1}	n_{k2}	...	n_{kk}	n_{k+}
Toplam		n_{+1}	n_{+2}	...	n_{+k}	n

Bu çalışmada tespit edilecek anlamlı bir ilişki standartta belirtilen konfor seviyelerinin pratikte de karşılık bulduğunu gösterecektir. Çizelgedeki n_{ii} 'ler teorik konfor ve öznel konfor değerlendirmelerinin aynı konfor seviyesinde hem fikir olduğunu gösterir. Çizelgenin diğer hücrelerindeki değerler ise teorik ve öznel konfor seviyelerinin uyum içinde olmadığını yani farklı konfor seviyelerine karşılık geldiğini gösterir. Kısaca Cohen Kappa karşılaştırılan değerler arasındaki uyumu inceleyen istatistiksel bir indekstir ve aşağıda verilen Denklem 3.1 yardımıyla hesaplanmaktadır:

$$\kappa = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^k n_{ii} - \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^k n_{+i} \cdot n_{i+}}{1 - \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^k n_{+i} \cdot n_{i+}} \quad (3.2)$$

Hesaplanan Kappa değeri Çizelge 3.4'te gösterilen değerlere göre yorumlanabilir.

Çizelge 3.3. Kappa kat sayılarının yorumlaması (Landis ve Koch, 1977)

Kappa katsayısı (κ)	Yorum
$0 \leq \kappa \leq 0,20$	Önemsiz seviyede uyum olması
$0,20 \leq \kappa \leq 0,40$	Düşük seviyede uyum olması
$0,40 \leq \kappa \leq 0,60$	Orta seviyede uyum olması
$0,60 \leq \kappa \leq 0,80$	İyi seviyede uyum olması
$0,80 \leq \kappa \leq 1,00$	Çok iyi seviyede uyum olması

3.11.2. Logit regresyon analizi

Logit regresyon yöntemleri kategorik olarak tanımlanmış bir bağımlı değişkenle bir veya daha fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi bulmak için kullanılır. Logit regresyon analizinde bağımlı değişkenin niteliğine göre (kategori sayısına ve niteliğine göre) İkili Logit Regresyon (Binary Logistic Regression), Sıralı Logit Regresyon (Ordinal Logistic Regression) ve Nominal (kategorilerin sayısal değerinin bir anlam taşımadığı isimsel) Logit Regresyon (Nominal Logistic Regression, Multinomial Logistic Regression) olmak üzere üç farklı grupta uygulanmaktadır (Alpar, 2017).

Bu çalışmada bağımlı değişken olarak hissedilen öznel konfor seviyelerini gösterirken bağımsız değişkenler ise aracın hızı, yaş aralıkları ve cinsiyet değişkenleri olarak değerlendirilmiştir. Bağımlı değişkenin kategorileri arasında bir sıralılık söz konusu olduğundan (seçimleri belli bir sırada anlamlılık içerdiğinden) bu yöntemlerden sıralı logit modeli tercih edilmiştir.

Sıralı logit regresyon modelinin elde edilmesi

Sıralı logit modeli istatistiksel bir analiz modelidir ve amacı sıralı kategorik bağımlı bir değişkenle bir veya daha fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi belirlemektedir. Sıralı kategorik değişken kategorik bir değişken olup kategoriler arasında açık bir şekilde sıralanmanın olduğu değişkendir. Bağımsız değişkenler ise sıralı veya kategorik olabilir. Sıralı logit regresyon modeli tahmini için bu çalışmada IBM SPSS Statistic 22 kullanılmıştır. SPSS de bu analiz Generalized Linear Regression komutu kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Sıralı logit, bağımsız değişkenlere doğrusal bağımlı nominal iki kategorili logit modelin (log odds oranının araştırıldığı modelin) özel bir türüdür. Sıralı logit modelde birden fazla kategorili bağımlı değişken olması durumunda her zaman kategori sayısından bir eksik log odds oranı vardır. Sıralı logit yönteminin en temel kabulü, bir bağımsız değişkenin etkisinin bağımlı değişkenin her bir kategorisi için sabit olduğu oransal odds kabulüdür. Dolayısıyla bir sıralı logit regresyon modeli her bir bağımlı değişken seviyesi için bir sabit (eşik) değer içerir. Bununla birlikte her bir bağımsız değişken için tek bir eğim belirler (sıralı kategoriler arasındaki logaritmik oransal odds oranlarını paralel doğrular olduğu kabulü).

Ordinal logit regresyon modellerinde kümülatif logit parametresi kullanılmaktadır. Bu kullanımın birkaç yolu vardır. Bu çalışmada kullanılan kümülatif logit parametresi yöntemi aşağıdaki denklemde verilmiştir:

$$\log(Y_j) = \log\left(\frac{p(Y \leq j)}{1 - p(Y \leq j)}\right) = \alpha_j + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p \quad (3.3)$$

Burada j kategorik bağımlı değişkenin kategori sayısını göstermektedir ve P bağımsız değişken sayısını göstermektedir. Ayrıca;

Y_j : j kategori için birikimli (kümülatif) olasılık değeri ($j=1,2\dots j-1$)

$\beta_1 \dots \beta_p$: Regresyon katsayıları

$x_1 \dots x_p$: Açıklayıcı değişkenleri

α_j : Sabit kesme parametreleri (eşik değerlerini)

Kümülatif logit parametresi yönteminde çıktının bir bağımlı değişken kategorisine ait olma olasılığının o kategoriden daha büyük olan kategorilere oranına bakar (oransal odds yöntemi). Dolayısıyla oluşturulacak modelde $j-1$ kesim noktası (veya kategorilere ayıran eşik değeri) vardır (α_i olarak gösterilmiştir) ve her bir bağımsız değişken için bir parametre tanımlanmıştır. Bu her bir kümülatif logit eğrisinin kesim noktasının farklı olduğu anlamına gelir (doğrusal eğrilerin kesim noktası farklı olup birbirine paraleldir kabulüne karşılık gelir). Ayrıca her bir açıklayıcı bağımsız değişkenin kümülatif logit üzerinde aynı etkiye sahip olduğunu gösterir. Bu sebeple sıralı logit regresyon modeli oransal odds modeli olarak da bilinir.

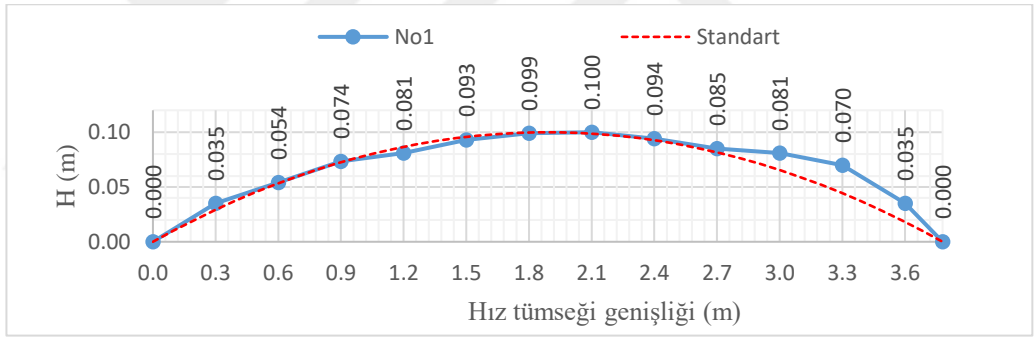


4. BULGULAR ve TARTIŞMA

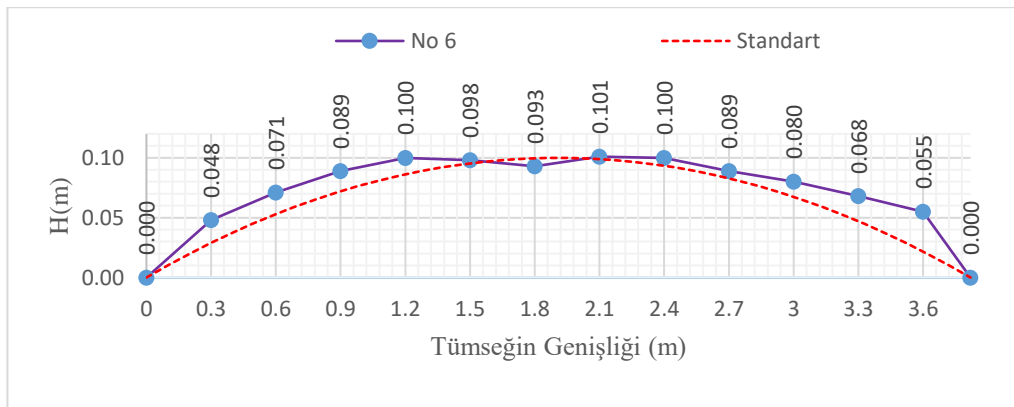
Çalışmanın ilk aşamasında BUÜ Görükle kampüsü içinde belirlenen hız tümseklerinin durumları incelenmiş ve TS8263 standardına göre uygulanıp uygulanmadıkları kontrol edilmiştir. İkinci aşamasında ise simülasyon yöntemi ile tümseklerin sürücü/yolcu üzerindeki etkileri ivme şeklinde bulunmuş ve ISO 2631-1 standardına göre belirlenen konfor seviyeleri teorik olarak değerlendirilmiştir. Bunun yanında anket yöntemi ile araçlar tümsek üzerinden geçerken sürücüler tarafından hissedilen rahatsızlıklar öznel olarak incelenmiştir. Yapılan çalışmalara yönelik bulgular aşağıda sunulmuştur.

4.1. Hız Tümseklerinin Uygunluklarının Araştırılması

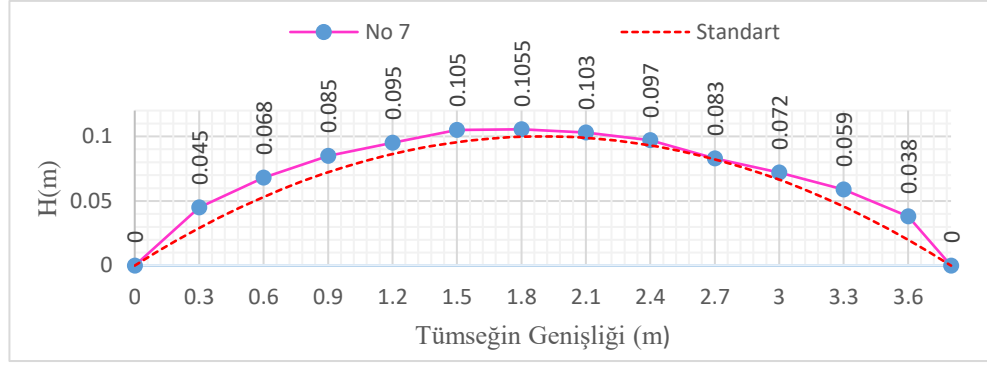
Gerçekleştirilen arazi ölçümlerinde 8 adet hız tümseğinin kesit profilleri tespit edilmiş bunların dördünün standarda göre değişimleri Şekil 4.1-Şekil 4.4'te gösterilmiştir (diğerleri için bkz. Ek Şekil 1.1- 1.4).



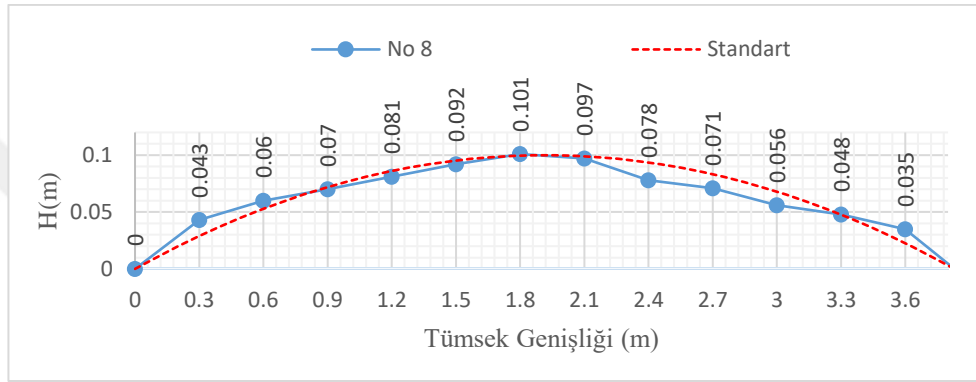
Şekil 4.1. Arazide No 1 tümseğinin profili



Şekil 4.2. Arazide No 6 tümseğinin profili



Şekil 4.3. Arazide No 7 tümseğinin profili



Şekil 4.4. Arazide No 8 tümseğinin profili

Şekil 4.1- Şekil 4.4'te gösterilen tümseklerin platform kesitleri TS 6382'e karşılaştırıldığında; tümseklerin platformlarında işçilikten veya yapım pratiğinden kaynaklanan sapmalardan dolayı oluşmuş şekil düzensizlikleri net bir şekilde görülmüştür. Hız tümseklerinin platform yüksekliklerinin ve uzunluklarının TS 6282 standardında belirtilen sınırlar arasında kaldığı görülmüştür. Yani tümseklerin yükseklikleri 75-100 mm ve uzunlukları ise 360-380 cm sınırları arasında kalmıştır. Dolayısıyla, standart tümsek genişliği ve yüksekliği uygulananlarla uyumlu olacak şekilde (eşdeğer alınarak) gösterilmiştir. Özellikle tümseklerin çoğunluğunda standart ile karşılaştırıldığında, rampa çıkışlarının ve inişlerinin ani olarak yükseldiği gözlemlenmiştir. Ayrıca teorik olarak profil maksimum yüksekliğinin kesitin tam ortasında olması beklenirken, bu noktanın profilin farklı noktalarında oluştuğu görülmüştür.

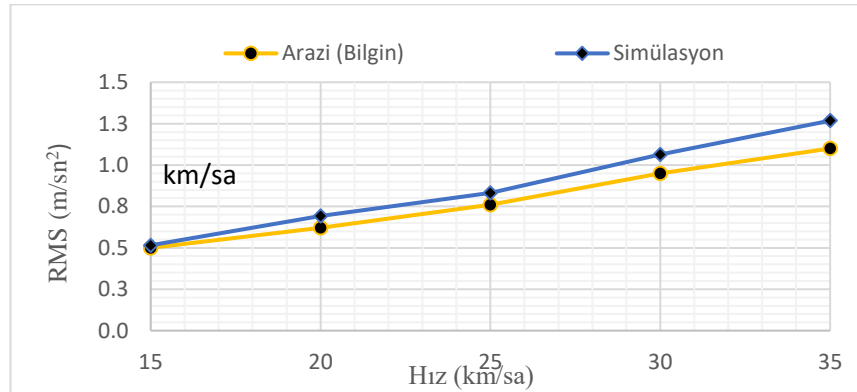
4.2. Arazi ve Simülasyon Verilerin Karşılaştırılması: Modelin Uygunluğu

Geliştirdiğimiz simülasyon yöntemini doğrulamak amacıyla Bilgin'in (2018) arazide testler yaparak RMS değerlerini bulduğu 7 adet tümsekten üçü ile yapılan simülasyon çalışması sonuçları Çizelge 4.1'de ve grafiksel olarak Şekil 4.5'te gösterilmiştir (diğerleri için bkz. Ek Şekil 2.1- 2.4)

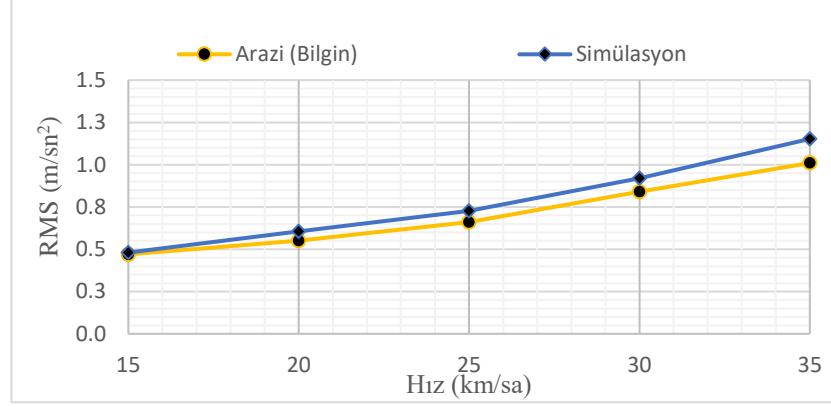
Çizelge 4.1. Bilgin'in (2018) arazi testleri sonuçları ile simülasyon yöntemlerinin karşılaştırılması

Tümsek No	Geçiş süresi (sn)	Taşıt hızı (km/sa)	Arazi (Bilgin)	Simülasyon	Fark	Oran (%)
			RMS (m/sn ²)	RMS (m/sn ²)		
1	0,79	15	0,500	0,516	0,016	3,100
	0,59	20	0,620	0,693	0,073	11,813
	0,48	25	0,760	0,831	0,071	9,321
	0,40	30	0,950	1,063	0,113	11,899
	0,34	35	1,100	1,268	0,168	15,271
2	0,79	15	0,470	0,481	0,011	2,276
	0,59	20	0,550	0,606	0,056	10,158
	0,48	25	0,660	0,726	0,066	10,043
	0,40	30	0,830	0,919	0,089	10,736
	0,34	35	0,960	1,123	0,163	16,935
3	0,77	15	0,510	0,527	0,017	3,341
	0,58	20	0,640	0,701	0,061	9,485
	0,46	25	0,800	0,876	0,076	9,464
	0,38	30	0,970	1,075	0,105	10,837
	0,34	35	1,130	1,301	0,171	15,143
Ortalama						9,988

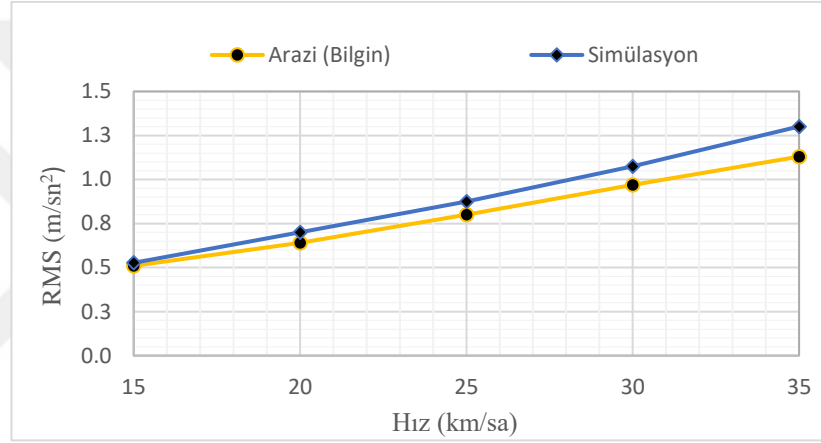
Hız-RMS grafikleri



(a)



(b)



(c)

Şekil 4.5. Arazi (Bilgin, 2018) ve simülasyon sonuçları: a) No 1 b) No 2 c) No 3 Tümsekleri

Şekil 4.5 Hız-RMS grafikleri incelendiğinde; simülasyon yöntemi ile elde edilen RMS değerleriyle arazideki testler ile elde edilen RMS değerleri arasında farklılıklar bulunmaktadır. Özellikle hız arttıkça daha fazla farklılık gösterse de bu farklar göz ardı edilebilecek mertebelerdedir. Bunun başlıca nedeni arasında arazi deneylerinde kullanılan otomobilin Adams/Car simülasyon programında tanımlanmış araçlardan gerek boyut gerekse ağırlık açısından farklılıklar göstermesidir. Bir diğer neden ise gerçek ve simülasyon araç arasındaki ağırlık merkezi, yay katsayısı ve süspansiyon sönüm oranının değişiklik göstermesidir. Ayrıca simülasyon yönteminde tümsekten geçen taşıtın hızı bu çalışmada sabit olarak kabul edilmiştir, hâlbuki arazi testlerinde geçiş hızı sabit değildir.

Bu özellikler her ne kadar simülasyon yöntemlerinde gerçeğe yakın olacak şekilde değiştirilse de gerçekte olan birçok durum simülasyonda oluşturulamaz (tümsek yüzeyinin gerçek durumu, sürücü davranışı, iklim koşulları vb. gibi). Dolayısıyla simülasyon sonuçlarının gerçekte gözlemlenen sonuçları birebir yansıtacağı şeklinde bir varsayımın yerine yeterli doğrulukta olması varsayımı daha uygun olacaktır. Sonuç olarak, gözlemlenen bu küçük farklılık doğal kabul edilerek çalışmada geliştirilen modelin gerçeği yeteri derecede yansıtabildiği söylenebilir.

4.3. Simülasyon Yöntemi ile Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi

Arazideki 1, 6, 7 ve 8 numaralı tümsek ve ayrıca TS 6283'e göre tanımlanmış bir tümsek Adams/Car yazılımında modellerini oluşturulmuş ve farklı hızlarda araçlar için analizler yapılmıştır. Tam bir karşılaştırma yapabilmek için seçilen tümseklerle standart tümseğin genişlikleri ve yükseklikleri eşdeğer alınmıştır. Analiz sonucunda elde edilen veriler; maksimum düşey ivme, frekans ağırlıklı RMS ivme ve tepe faktörü olarak elde etmiştir (Çizelge 4.2- Çizelge 4.6).

Çizelge 4.2. Farklı hızlar için standart tümseğinin (TS 6283) simülasyon çıktıları

Hız (km/sa)	Geçiş Süresi (sn)	Maks düşey ivme (m/sn^2)	Frekans Ağırlıklandırılmış ivme RMS (m/sn^2)	Tepe faktörü
10	1,363	0,587	0,281	2,089
12	1,14	0,705	0,358	1,971
15	0,91	1,069	0,501	2,133
17	0,80	1,475	0,579	2,550
20	0,68	1,783	0,694	2,569
23	0,59	1,704	0,753	2,262
25	0,55	1,686	0,789	2,136
27	0,51	1,603	0,836	1,918
30	0,46	1,572	0,924	1,700
33	0,41	1,594	1,024	1,557
35	0,39	1,597	1,082	1,475
37	0,37	1,601	1,134	1,411
40	0,34	1,674	1,186	1,411

Çizelge 4.3. Farklı hızlar için No 1 tümseğinin simülasyon çıktıları

Hız (km/sa)	Geçiş Süresi (sn)	Maks düzey ivme (m/sn ²)	Frekans Ağırlıklandırılmış ivme RMS (m/sn ²)	Tepe faktörü
10	1,363	1,107	0,481	2,302
12	1,13	1,186	0,585	2,027
15	0,91	1,058	0,683	1,550
17	0,80	1,372	0,746	1,840
20	0,68	1,626	0,809	2,011
23	0,59	1,586	0,857	1,851
25	0,54	1,601	0,893	1,794
27	0,50	1,520	0,940	1,616
30	0,45	1,550	1,030	1,504
33	0,41	1,567	1,112	1,409
35	0,39	1,554	1,152	1,349
37	0,37	1,552	1,178	1,317
40	0,34	1,689	1,204	1,402

Çizelge 4.4. Farklı hızlar için No 6 tümseğinin simülasyon çıktıları

Hız (km/sa)	Geçiş Süresi (sn)	Maks düzey ivme (m/sn ²)	Frekans Ağırlıklandırılmış ivme RMS (m/sn ²)	Tepe faktörü
10	1,363	1,249	0,577	2,163
12	1,14	1,591	0,672	2,369
15	0,91	1,333	0,744	1,791
17	0,80	1,228	0,847	1,450
20	0,68	1,232	0,864	1,425
23	0,59	1,358	0,897	1,514
25	0,55	1,391	0,949	1,466
27	0,51	1,374	0,989	1,389
30	0,46	1,590	1,134	1,402
33	0,41	1,542	1,212	1,272
35	0,39	1,639	1,259	1,302
37	0,37	1,757	1,289	1,363
40	0,34	1,968	1,336	1,473

Çizelge 4.5. Farklı hızlar için No 7 tümseğinin simülasyon çıktıları

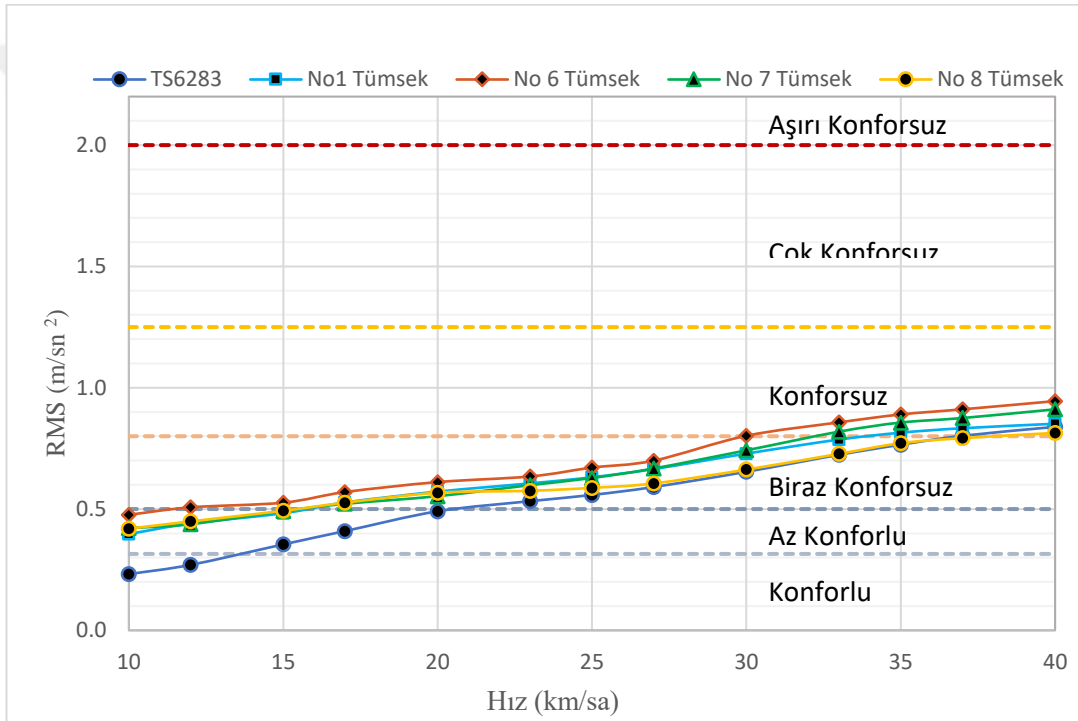
Hız (km/sa)	Geçiş Süresi (sn)	Maks düzey ivme (m/sn ²)	Frekans Ağırlıklandırılmış ivme RMS (m/sn ²)	Tepe faktörü
10	1,363	1,026	0,510	2,010
12	1,14	1,077	0,580	1,857
15	0,91	1,037	0,695	1,491
17	0,80	1,408	0,738	1,908
20	0,68	1,561	0,782	1,996
23	0,59	1,631	0,847	1,926
25	0,55	1,660	0,888	1,869
27	0,51	1,570	0,944	1,663
30	0,46	1,623	1,050	1,546
33	0,41	1,651	1,158	1,425
35	0,39	1,637	1,211	1,351
37	0,37	1,703	1,238	1,376
40	0,34	1,872	1,288	1,453

Çizelge 4.6. Farklı hızlar için No 8 tümseğinin simülasyon çıktıları

Hız (km/sa)	Geçiş Süresi (sn)	Maks düzey ivme (m/sn ²)	Frekans Ağırlıklandırılmış ivme RMS (m/sn ²)	Tepe faktörü
10	1,363	1,265	0,508	2,491
12	1,14	1,077	0,595	1,809
15	0,91	0,949	0,697	1,361
17	0,80	1,250	0,744	1,679
20	0,68	1,488	0,802	1,856
23	0,59	1,398	0,813	1,719
25	0,55	1,402	0,831	1,688
27	0,51	1,347	0,857	1,573
30	0,46	1,374	0,937	1,466
33	0,41	1,420	1,029	1,380
35	0,39	1,420	1,091	1,301
37	0,37	1,448	1,121	1,293
40	0,34	1,619	1,151	1,407

Çizelge 4.2 – Çizelge 4.6’da tepe faktörleri incelendiğinde, tüm hız tümseklerinin ve hız aralıklarında hesaplanan tepe faktörü değerlerinin dokuzdan küçük olduğu görülmektedir. Dolayısıyla Bölüm 2.15’te detaylı bir şekilde açıklandığı gibi, frekans ağırlıklı RMS ivme değerleri için temel değerlendirme RMS yöntemi yeterli bulunmuş ve Denklem 2.2’den

yararlanılarak hesaplanmıştır. Yani simülasyon yöntemi ile bir otomobilin tümsekler üzerinden geçişleri değişik hızlarda sağlanarak oluşan titreşimlerin sürücü/yolcu üzerindeki etkileri frekans ağırlıklandırılmış RMS ivmesi şeklinde elde edilmiştir. Bu RMS ivmeleri daha önce Çizelge 2.9 ve Çizelge 2.10’da verilen RMS değerlerine karşılık gelen konfor seviyelerine dönüştürülmüştür. Belirlenen bu konfor seviyeleri Şekil 4.6’te Hız-RMS grafikleri üzerinde gösterilmiştir. Bu değerlendirmede sürücüye iletilen titreşimlerden sadece z-ekseni yönünde gelen ivmeler dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır (bir önceki bölümde de bahsedildiği üzere diğer yöndeki ivmeler ihmal edilecek kadar küçüktür).



Şekil 4.6. Tümseklerin Hız-RMS grafikleri ve konfor aralıkları

Şekil 4.6 incelendiğinde; 10-15 km/sa araç hızlarında ISO 2631-1 konfor seviyelerinin değerlendirmesi çizelgesindeki alt sınırı dikkate alındığında “az konforlu” kategorisine girdiği; 15-30 km/sa arasındaki araç hızlarında ise “biraz konforsuz” aralığında kaldığı görülmektedir. 30-35 km/sa aralığında bazı tümseklerin “biraz konforsuz-konforsuz” aralığında olduğu ve daha yüksek hızlarda ise “konforsuz” aralığında kaldığı görülmektedir. TS 6283’e uygun tümsek ise 10-15 km/sa hız aralığında “konforlu”, 15-

20 km/sa hız aralığında “az konforlu”, 20-35 km/sa hız aralığında “biraz konforsuz” ve 35 km/sa üzere “konforsuz” aralıklarında yer almıştır.

Hız-RMS grafiklerinden anlaşıldığı gibi standart tümseğe göre diğer tümsekler düşük geçiş hızlarında (10- 20 km/sa) daha yüksek RMS değerlerine ulaşmakta ve hız arttıkça RMS değerleri de yaklaşık paralel artış göstermektedir. Bunun sebebi arazide uygulanan tümseklerin genelde giriş ve çıkış rampalarının ani olarak yükselmesi olduğu ivme grafiklerinden de anlaşılacaktır. Özellikle No 6 tümsekte giriş ve çıkış rampası diğerlerine göre birden bire yükselmektedir (No 6 ve standart tümsek ivmelerinin karşılaştırıldığı grafik için bkz. Ek Şekil 3.1-3.13). Bundan dolayı bu tümsek girişinde yüksek titreşim oluşacaktır. Ayrıca bu tümseğin profil düzensizliği gözle görülecek şekilde diğerlerinden daha fazla olduğundan Şekil 4.6 elde edilen No 6'nın RMS değerleri standart tümseğe (ve diğerlerine göre) daha yüksek çıkmıştır.

Sonuç olarak; tümseklerin teorik olarak hissettireceği konfor seviyesi; araç hızları, tümseğin boyutları ve yüzeylerindeki şekil düzensizliklerine göre değiştiği görülmüştür. Yani tümsekten düşük hızla geçen araç için konfor seviyesi daha iyi olmakta, hız arttığında ise konfor seviyesi azalmaktadır. Ayrıca yüzey düzensizliği ve yüksekliği fazla olan tümseklerde daha yüksek RMS oluşmaktadır. Örnek olarak No 6 tümseğin grafiğine bakıldığında diğerlerine göre hem yüksekliği fazla hem de yüzey profili daha düzensiz olduğundan diğerlerine göre daha yüksek RMS değeri almıştır. Buna karşın No 8 tümseğinin yüksekliği daha az olduğundan diğerlerine göre nispeten düşük RMS değerleri almıştır. Ayrıca tümseklerin giriş ve çıkış rampaları RMS değeri üzerinde etkilidir.

4.4. Öznel Konfor ve Hız-Cinsiyet-Yaş İlişkisi

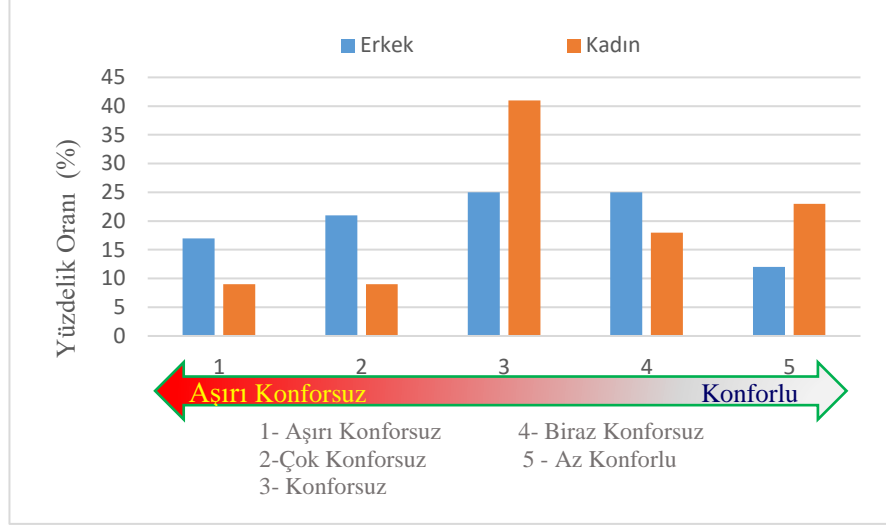
Daha önceki bölümde de bahsedildiği üzere Şekil 3.1'de gösterilen No 7 tümseği alınarak bir anket çalışması yapılmıştır. Çizelge 3.1'de sunulan ankete uygun olarak tümseğin sürücülere hissettirdiği rahatsızlıkların konfor bakımından değerlendirilmesinde kullanılmak üzere veriler toplanmıştır. Bununla birlikte araçların geçiş anları videoya kaydedilerek geçiş hızları hesaplanmıştır. Gönüllülük esasına dayalı olarak 100 kişi ile gerçekleştirilen anket sonucuna ilişkin veriler Çizelge 4.7'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.7. Ankete ilişkin veriler

Cinsiyet	Yaş Aralıkları	Araç hızı (km/sa)	Konfor Seviyeleri						Toplam	
			1	2	3	4	5	6		
Erkek	18-25	26-30+	2	0	0	0	0	0	2	
		21-25	5	1	1	0	0	0	7	
		16-20	0	3	2	0	0	0	5	
		10-15	0	0	0	2	1	0	3	
	26-40	26-30+	1	0	0	0	0	0	1	
		21-25	2	3	0	0	0	0	5	
		16-20	0	3	9	6	0	0	18	
		10-15	0	0	1	3	4	0	8	
	41-65	26-30+	1	0	0	0	0	0	1	
		21-25	2	4	3	1	0	0	10	
		16-20	0	2	4	4	0	0	10	
		10-15	0	0	0	4	4	0	8	
	Kadın	18-25	26-30+	1	0	1	0	0	0	2
			21-25	0	1	0	0	0	0	1
			16-20	0	0	1	0	0	0	1
			10-15	0	0	0	0	1	0	1
26-40		26-30+	1	0	0	0	0	0	1	
		21-25	0	1	2	0	0	0	3	
		16-20	0	0	3	1	0	0	4	
		10-15	0	0	0	0	0	0	0	
41-65		26-30+	0	0	0	0	0	0	0	
		21-25	0	0	2	0	0	0	2	
		16-20	0	0	0	1	1	0	2	
		10-15	0	0	0	2	3	0	5	
Toplam			15	18	29	24	14	0	100	

4.4.1. Cinsiyetin konfor üzerindeki etkileri

Anket çalışması ile tümseklerin sürücü/yolcu üzerindeki etkilerini konfor bakımından öznel olarak değerlendirirken cinsiyet, hız ve yaş faktörlerinden etkilenip etkilenmediği incelenmiştir. Şekil 4.7’de tümsekten geçiş sırasında hissedilen konfor seviyelerinin cinsiyete göre farklılık oranları gösterilmiştir.

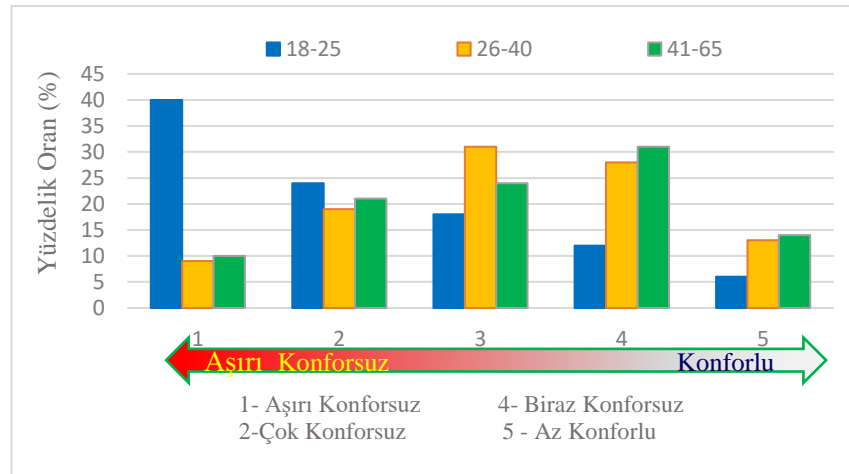


Şekil 4.7. Cinsiyete göre konfor seviyeleri

Şekil 4.7 incelendiğinde aracın tümsekten geçişinin kadın ve erkek arasında farklı hissedildiği anlaşılmaktadır. Özellikle 1 ve 2 konfor seviyelerine bakıldığında; erkeklerin kadınlara göre daha konforsuz hissettiği ortaya çıkmıştır. Yine, genel olarak kadınlar erkeklere göre daha fazla konforlu hissetme eğilimindedir. Bunun sebebi olarak kadınların tümsekleri daha dikkatli geçme eğiliminde olduğu dolayısıyla daha az rahatsızlık hissettikleri düşünülebilir.

4.4.2. Yaşın konfor üzerindeki etkileri

Genç- orta yaş ve olgun sürücü grubunu göstermesi açısından seçilen üç farklı yaş aralığı grubu ve öznel konfor seviyeleri arasında değişimler Şekil 4.8’de gösterilmektedir.

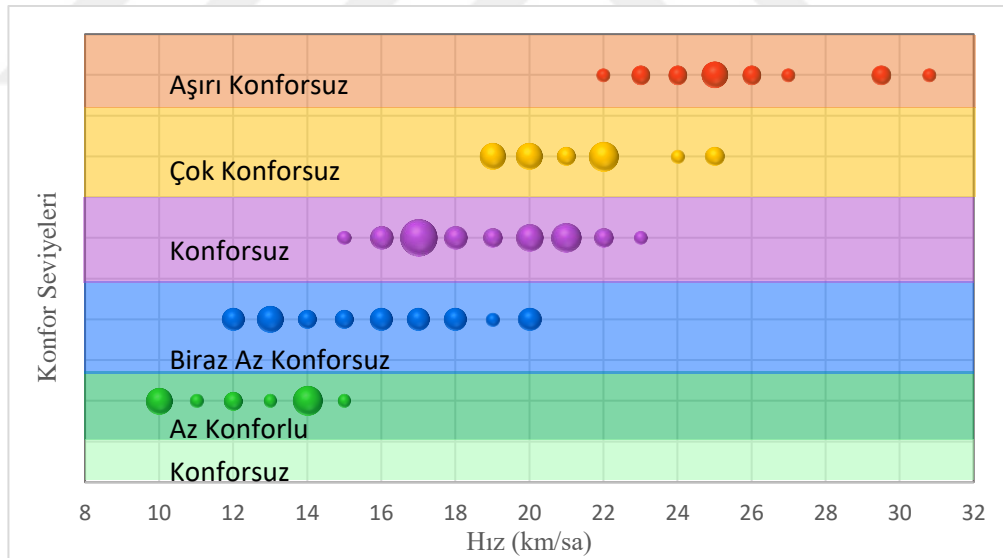


Şekil 4.8. Yaş aralıklarına göre konfor seviyeleri

Grafikte görüldüğü üzere 18-25 yaş aralığındaki kişilerin (gençlerin) çoğu konfor seviyesini “aşırı konforsuz”, 26-40 yaş aralığındaki kişilerin konfor düzeyi ağırlıklı olarak “konforsuz” ve 41-65 yaş aralığındaki bireylerin ise ağırlıklı olarak “biraz konforsuz” olarak belirtmiştir. Gençler diğer bireylere göre genellikle tümseği aşırı konforsuz bulmuştur. Bunun sebebi hızlı kullanma dürtülerinin tümsek tarafından kontrol edilmesi olduğu söylenebilir.

4.4.3. Hızın konfor seviyelerinin üzerindeki etkisi

Sürücülerin tümseği geçişi sırasında ölçülen hızları ile anketten elde edilen rahatsızlık dereceleri (konforsuzluk seviyeleri) arasındaki ilişki Şekil 4.9’da görsel olarak ortaya konulmaya çalışılmıştır. Şekilde gösterilen renklerin her birisi farklı konfor seviyelerini temsil etmektedir. Baloncukların büyüklükleri ise sürücülerin sayısını göstermektedir. Örneğin “aşırı konforsuz” olarak belirtilen düzeyde hızı 24-26 km/sa olanlar bu düzeyde yapılan ölçümlerde en çok gözlemlenen hız olduğu anlaşılmaktadır. En küçük baloncuklar en az gözlemlenen kişi sayısına (1 kişiye) karşılık gelmektedir.



Şekil 4.9. Farklı geçiş hız aralıklarına göre öznel konfor seviyelerinin dağılımı

Grafikte görüldüğü gibi konfor seviyeleri araç hızlarına bağlı olarak değişmektedir. Beklendiği gibi geçiş hızları ve öznel konfor seviyeleri arasında ters bir ilişki olduğu görülmektedir. Yani hız azalırsa konfor seviyesi artar (konforsuzluk azalır) ve hız artarsa konfor seviyesi azalır (konforsuzluğu artar). Özetle, tümsekten düşük hızla geçen araçlar

genelde hissettikleri öznel konfor seviyelerini “az konforlu” veya “biraz konforsuz” olarak değerlendirmiştir. Bunun aksine tümsekten hızlı gecen sürücüler öznel konfor seviyelerini “çok konforsuz” veya “aşırı konforsuz” olarak hissettiklerini ifade etmişlerdir. Ayrıca sürücüler geçiş esnasında aynı hıza sahip olmalarına rağmen hissettikleri öznel konfor seviyelerinde görünür farklılıklar vardır. Örneğin, 20 km/sa hızla geçen araçlarda sürücüler konfor seviyelerini biraz konforsuz, konforsuz veya çok konforsuz olarak farklı değerlendirmiştir.

4.5. Teorik Konfor-Öznel Konfor Uyumu

Teorik konfor (araç hızlarına göre simülasyon yöntem ile elde edilen konfor değerleri) ve öznel konfor arasındaki uyum bir önceki bölümde detayı verilen Cohen Kappa yöntemine göre IBM SPSS 22 programı kullanılarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. Teorik ve öznel konfor çapraz tablosu

Öznel * Teorik Crosstabulation					
Count					
		Teorik			Total
		3	4	5	
Öznel	1	6	9	0	15
	2	0	18	0	18
	3	0	24	5	29
	4	0	13	11	24
	5	0	0	14	14
Total		6	64	30	100

Çizelge 4.9. SPSS analizi ile elde edilen kappa değeri

Symmetric Measures					
		Value	Asymptotic Standardized Error ^a	Approximate T ^b	Approximate Significance
Measure of Agreement	Kappa	,072	,046	1,815	,070
N of Valid Cases		100			
a. Not assuming the null hypothesis.					
b. Using the asymptotic standard error assuming the null hypothesis.					

Çizelge 4.9’da gösterilen Kappa değeri çok küçük çıkmıştır. Yani öznel konfor seviyeleri ile simülasyon sonucunda elde edilen konfor seviyeleri (teorik) karşılaştırıldığında aralarında bir uyum olmadığı istatistiksel olarak da net olarak görülmektedir.

4.6. Sıralı Logit Regresyon Sonuçları

Daha önceki bölümde anlatıldığı üzere arazide anket yoluyla elde edilen sürücülerin öznel konfor değerleri (bağımlı değişken) üzerinde cinsiyet, hız ve yaş bağımlı değişkenlerinin etkilerinin etkisi istatistikte kullanılan çoklu logit türlerinde biri olan sıralı logit regresyon yöntemi kullanılarak araştırılmıştır. Sıralı logit regresyon yöntemi de çoklu logit yönteminde olduğu gibi bağımlı değişken en az üç düzey içermektedir fakat bu düzeyler arasında küçükten büyüğe doğru (veya tersi) sıralanmış kategoriler söz konusudur. Ayrıca bu düzeyler arasındaki farklar (eşik değerleri) herhangi bir skalaya göre eşit olmak zorunda değildir.

Ankete katılım çok fazla olmadığından değişkenlerin bazı kategorilerinde frekans sıfır gözlemlenmiştir. Bu durum diğer logit modellerinde de olduğu gibi sıralı logit regresyon çözümlemesinde matematiksel problemler oluşturmaktadır. Normalde bu problemin giderilmesi için uygulamalarda genelde ya kategorik değişkenlerin bazı kategorileri birleştirilerek ya da çalışmadaki gözlem sayısı artırılarak her kategoriye yeterli sayıda bireyin düşmesi sağlanabilir (Alpar, 2017). İkinci çözüm önerisini uygulamak bu çalışmada mümkün olmadığından (kısıtlı veri durumu) bağımlı değişken (konfor) üç kategoriye (çok konforsuz, konforsuz ve az konforlu) indirilmiştir. Bağımsız değişkenler ise hız üç kategoriye düşürülerek (düşük, orta ve yüksek) ve yaş aralıkları iki kategoriye (genç ve yaşlı) indirilerek SPSS yazılımı (Generalized Linear Model menüsü) ile sıralı logit regresyon analizine tabi tutulmuştur. Elde edilen SPSS sonuçları Çizelge 4.10’da gösterilmiştir:

Çizelge 4.10. Generalized linear models SPSS sonuçları

Parameter Estimates										
"Parameter	B	Std. Error	95% Wald Confidence Interval		Hypothesis Test			Exp(B)	95% Wald Confidence Interval for Exp(B)	
			Lower	Upper	Wald Chi-Square	df	Sig.		Lower	Upper
Thres [KF=1]	.599	.4993	-.379	1.578	1.440	1	.230	1.821	.684	4.844
hold [KF=2]	3.013	.6140	1.810	4.217	24.084	1	.000	20.352	6.109	67.798
[Hız=1]	6.821	1.2113	4.446	9.195	31.705	1	.000	916.565	85.326	9845.651
[Hız=2]	2.986	.5884	1.833	4.139	25.750	1	.000	19.804	6.250	62.749
[Hız=3]	0 ^a	.	.	.	.	.	.	1	.	.
[Cinsiyet=0]	1.160	.5706	.042	2.279	4.134	1	.042	3.190	1.043	9.762
[Cinsiyet=1]	0 ^a	.	.	.	.	.	.	1	.	.
[yaş=1]	-	.5298	-2.426	-.349	6.858	1	.009	.250	.088	.705
[yaş=2]	1.387	.	.	.	.	.	.	1	.	.
(Scale)	1 ^b									

Dependent Variable: Konfor
 Model: (Threshold), Hız, Cinsiyet, yaş
 a. Set to zero because this parameter is redundant.
 b. Fixed at the displayed value.

Çizelge 4.10’da gösterilen SPSS çıktısına bakıldığında, bağımsız değişkenlerin (cinsiyet, hız ve yaş aralıkları) bağımlı değişken (konfor seviyeleri) üzerindeki etkisi istatistiki olarak anlamlı ($p < 0,05$) bulunmuştur. Ayrıca bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki oransal etkilerini değerlendirmek için çizelgedeki Exp(B) değerleri dikkate alınmaktadır. Bu doğrultuda elde edilen sıralı logit modelinden aşağıdaki önemli sonuçlar çıkarılabilir:

- Tümsekten düşük hızla geçen araçlar yüksek hızla geçen araçlara göre yaklaşık 916.5 kat, orta hızla geçen araçlar da yüksek hızla geçen araçlara göre 19.80 kat “az konforlu” olduğunu söylemektedir. Bu durum hızın konfor üzerinde çok etkin olduğunu yani hızdaki küçük bir değişimin sürücülerin hissettiği konfor üzerinde olumsuz yönde çok etkili olduğunu göstermektedir.
- Kadınlar erkeklere göre 3.19 kat daha fazla “az konforlu” (daha konforlu yönünde) olduğunu söylemektedir. Bu sonuç daha önce cinsiyet-özel konfor ilişkisine uygun olarak erkeklerin kadınlara nazaran konfora daha az duyarlı olduğu sonucu çıkarılabilir.

- Gençler yaşlılara göre daha fazla konforsuz olduğunu söylemektedir. Diğer bir ifade ile yaşlılar gençlere göre 4 kat (1/0,25) daha “az konforlu” (daha konforlu yönünde) olduğunu söylemektedir. Daha önce de yaş-özel konfor ilişkisi kısmında bahsedildiği üzere gençler tümsekleri daha konforsuz bulmaktadır. Bu durumdan gençlerin hız yapmaya olan yatkınlıklarından dolayı tümsekleri bu dürtülerini gerçekleştirme de bir engel olarak gördükleri sonucu çıkarılabilir. Dolayısıyla bunların kaldırılması için anketi bir fırsat görüp taraflı olarak hissettikleri özel konfor seviyelerinde taraflı davranarak konforsuz yönünde değerlendirmiş olabilirler.

Sıralı logit modelinden elde edilen diğer SPSS çıktıları EK 5’te verilmiştir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada BUÜ Görükle kampüsünde uygulanmış hız tümseklerinin geometrik özelliklerinin mevcut TS 6282 yönetmeliğine göre uygunluğu araştırılmıştır. Ayrıca bu tümseklerin sürücü/yolcu üzerindeki konfor açısından etkileri, hem simülasyon yoluyla değerlendirilmiş hem de anket yoluyla elde edilen öznel konfor değerleriyle karşılaştırılması yapılmıştır. Simülasyon çalışmasında, Adams/Car yazılımı ile tümsekler ve araç modelleri oluşturulmuş ve değişik hızlarla analizleri yapıldıktan sonra meydana gelen titreşimler ivme cinsinden elde edilmiştir. Bu ivmeler ISO 2631-1 standartlarına göre dönüştürülerek konfor açısından değerlendirilmiştir. Daha sonra arazide gözlemler yapılarak hem araçların hızları tespit edilmiş ve hem de tümsekten geçişleri sırasında sürücülerin hissettikleri öznel konfor seviyeleri anket yoluyla elde edilmiştir. Her iki yöntem sonucunda elde edilen konfor seviyeleri arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak incelenmiştir. Son olarak da anket yoluyla elde edilen öznel konfor seviyeleri (bağımlı değişken kabulü ile) cinsiyet (kadın-erkek), yaş (genç-yaşlı) ve hız (düşük, orta ve yüksek) arasındaki ilişki sıralı lojistik regresyon yöntemi ile değerlendirilmiştir.

Yapılan bu çalışma neticesinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Kampüs alanında 8 adet hız tümseğinin geometrik özellikleri belirlenmiştir. Bu hız tümseklerinin genişlikleri ve yükseklikleri TS 6282 standardında belirlenen ölçülendirme aralığındadır. Fakat tümseklerin yüzey profillerinde şekil düzensizlikleri gözlemlenmiştir. Özellikle tümseklerin çoğunluğunda rampa çıkış ve iniş yüksekliğinin ani olarak değiştiği tespit edilmiştir. Ayrıca standartta tümseğin maksimum yüksekliği kesitin tam ortasında olması gerekirken, yapılan çalışmada seçilen tümseklerde maksimum yüksekliğe farklı noktalarda ulaştığı yani kesitin ortasında olmadığı gözlemlenmiştir.
- Simülasyon çalışmaları sonucunda; hız tümseklerinin sürücü/yolcu üzerindeki titreşim etkileri frekans ağırlıklandırılmış ivmeleri cinsinden değerlendirilmiştir. Bu etkilerin; tümsek boyutu, tümseğin yüzeyindeki şekil düzensizlikleri ve araç hızına bağlı olarak değiştiği açıkça görülmüştür. Tümseğin genişliği arttığında o oranda konfor düzeyi artmakta fakat yükseklik arttığında o oranda konfor düzeyi de azalmaktadır. Bununla birlikte tümsek profilindeki düzensizlikler arttığında

konfor seviyesi de azalmaktadır. Aracın hızı ile konfor seviyeleri arasında güçlü bir negatif ilişki olduğu görülmektedir. Özellikle Hız-RMS grafiklerine göre aracın hızı 30 km/sa altına düşerse çok ciddi titreşimlere (rahatız edici) maruz kalmamaktadır.

- Özel konfor seviyeleri ile simülasyon sonucunda elde edilen konfor seviyeleri (teorik) karşılaştırıldığında aralarında bir ilişki (uyum) olmadığı görülmektedir. Belirtilen teorik önerilerin aksine özel konfor seviyelerine göre çok daha düşük hızlarda sürücüler konforsuzluk hissiyle karşılaştığı gözlemlenmiştir. Ankete katılanların tümseklerden hosut olmadığı dikkate alınarak bu sonucun dikkatle değerlendirilmesi gerekir. Zira bu tür bir çalışmanın tümseklerin kaldırılması sürecini doğurabileceğini düşünerek sürücülerin düşük hızlarda bile çok fazla rahatsız hissettiklerini taraflı (veya kasti olarak) söylemiş olabileceklerini unutmamak gerekir. Bu tür çalışmaların artması ile bu durum daha net olarak ortaya çıkacaktır.
- Özel konfor değerlendirmesinde beklenildiği gibi hız çok belirleyici çıkmıştır. Özellikle düşük hızla yüksek hız karşılaştırıldığında konforsuzluk seviyelerinde konforsuzluk yönünde çok ciddi artış görülmüştür. Yine cinsiyet ve yaş değişkenlerin de konfor üzerindeki etkilerinin istatistikî olarak anlamlı olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle genç yaşlardaki sürücüler çok konforsuz olarak değerlendirme eğilimindedir. Genç sürücülerin hız kesintilerine karşı daha duyarlı oldukları çıkarımı yapılabilir. Yani hızı konfor ile eşdeğer tuttıkları bu sebeple tümsek uygulamalarına karşı oldukları tahmin edilebilir. Bir önceki bulguda da belirtildiği üzere araç sürücülerini tümseklere genel olarak karşı oldukları dikkate alınarak bu çalışmayı bir fırsat olarak görüp özellikle konforsuzluk yönünde taraflı değerlendirme yapmış olabilecekleri unutulmamalıdır.

Öneriler

Yapılan bu çalışmada tümsek boyutlarının ölçülendirilmesi elde bulunan imkânlar dâhilinde metre ve diğer pratik ölçüm yöntemleri ile çok hassas olmayacak şekilde yapılabilmektedir. Dolayısı ile bu çalışmanın sonuçlarını daha doğru yorumlanabilmesi için

öncelikle tümsek boyutlarının birebir belirlenmesi (örneğin 3 boyutlu nokta bulut sistem uygulaması gibi yöntemler kullanılarak) ve ona göre analizlerin yapılması önemlidir. Simülasyon çalışmasında tümseklerin boyutları gerçek boyutlarında elde edildiği takdirde, tümseklerin oluşturduğu etkiler o oranda doğru değerlendirilebilecektir. Yine de bu çalışma bu yönde yapılacak gelecek çalışmalara ışık tutması açısından faydalı bir çalışmadır

Tümsek yüzeyindeki yapısal düzensizliklerin konfor üzerinde olumsuz etkileri olabileceği unutulmamalıdır. Yapılan bu çalışmada anket uygulaması sadece bir hız tümseği dikkate alınarak yapılmıştır. Yani tümsek profilinin düzensizlik tipi tüm sürücüler için aynıdır. Farklı farklı tümseklerde elde edilecek anket sonuçları bu tür düzensizliklerin etkisini daha net olarak ortaya koyacaktır. Örneğin profil düzensizliğine karşılık gelecek bir indeks belirlenerek bağımsız değişken olarak sıralı logit regresyon yönteminde kullanılabilir ve dolayısıyla düzensizliğin etkileri araştırılabilir. Diğer bir ifade ile ilerideki çalışmalar bu durumu göz önüne alarak farklı profillere sahip tümseklerde öznel konfor değerleri araştırılmalı ve birbiriyle (pürüzlülüğü bir indeks olarak işin içine katarak) karşılaştırmalarını yapabilir.

KAYNAK

- Adnan, M.A., Hoon, T.S. and Mohamed, K. 2004.** Harmonizing speed reduction and level of discomfort for better roads humps design in Malaysia residential area. *In Malaysian Univ. Transport Res. Forum Conf.*
- Antić, B., Pešić, D., Vujanić, M. and Lipovac, K. 2013.** The influence of speed bumps heights to the decrease of the vehicle speed–Belgrade experience. *Safety Science*, 57: 303-312
- Aydın, M. M., Günay, B. 2016.** Türkiye'de henüz uygulanmayan “yatay hız Kesiciler” üzerine bir literatür taraması. *Sigma J Eng & Nat Sci* 7 (2):137-151.
- Alpar, C. R. 2017.** Uygulamalı çok değişkenli istatistiksel yöntemler. Ankara: Detay Yayıncılık.
- BS 6841. 1987.** Measurement and evaluation of human exposure to whole-body mechanical vibration and repeated shock.
- Bilgin, E. 2018.** Kent içi yollarda hız kesici platform ve tümsek profillerinin sürüş konforu üzerindeki etkilerinin arazi testleri, nümerik ve analitik modeller vasıtasıyla belirlenmesi. *Doktora Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- BİAS. 2019.** BİAS Mühendislik. Available at: <https://bias.com.tr/10/17/yapisal/msc-adams>.
- Cohen, J. 1960.** A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and psychological measurement*, 20(1):37-46
- Daniel, B. D. 2012.** The influence of width of road humps on operating speed. *Talent Management Symposium*.
- ECMT. 1998.** Managing Speeds of Traffic on European Roads (MASTER). Project of the 4th framework programme.
- Ewing, R. 1999.** Traffic Calming: State of the Practice. Washington, D.C.: Report FHWA-RD-99-135, *Federal Highway Administration and Institute of Transportation Engineers*.
- Elvik, R. 2001.** Area-wide urban traffic calming schemes: a meta-analysis of safety effects. *Accident Analysis and Prevention* 33: 327–336.
- EGM. 2011.** Hız yönetimi; karar organları ve uygulayıcılar için karayolu güvenliği el kitabı. Trafik Araştırma Merkezi Müdürlüğü.
- Griffin, M.J, Whitham, E.M., Parsons, K.C. 1982.** Vibration and comfort I. Translational seat vibration. *Ergonomics*, vol. 25(7): 603-630.
- Griffin, M.J. 1990.** Handbook of human vibration. *Academic Press*, London
- Gürer, M. 2006.** Hız tümseklerinin taşıt titreşim tekniği açısından İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Gonzalo-Orden, H., Rojo, M., Pérez-Acebo, H., Linares, A. 2016.** Traffic calming measures and their effect on the variation of speed. *Transportation Research Procedia*, 18: 349-356.
- Hass-Klau, C. 1990.** The theory and practice of traffic calming: can Britain learn from the German experience?. *Transport and Society Discussion Paper*; (10).
- Herrstedt, L. 1992.** Traffic calming design—a speed management method: Danish experiences on environmentally adapted through roads. *Accident Analysis & Prevention*, 24(1): 3-16.
- Hass-Klau, C. & Nold, I. 1994.** Horizontal traffic calming measures-alternatives to road humps. Environmental Transport and Planning, South Road, Brighton, England.

- IBM Corp. Released. 2013.** IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, NY:IBM Corp.
- ISO 2631-1. 1997.** Mechanical vibration and shock- Evaluation of human exposure to whole-body vibration.
- Kaygısız, Ö. 2012.** Trafiği sakinleştirmeye yönelik önlemler. Trafik Araştırma Merkezi Müdürlüğü, Ankara.
- Likert, R. 1932.** A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, (22): 5-55.
- Landis, J. & Koch, G. 1977.** The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*: 159-174.
- Lockwood, I. M. 1997.** Traffic calming definition. *ITE Journal*: 22-24.
- Litman, T. 1999.** Traffic calming: benefits, costs and equity impacts. Victoria, BC, Canada: *Victoria Transport Policy Institute*.
- McCullagh, P. 1980.** Regression models for ordinal data, *Journal of the Royal Statistical Society*, 42:109–142.
- Molan, A. M. & Kordani, A. A. 2014.** Optimization of speed hump profiles based on vehicle dynamic performance modeling, Tehran, Iran: *Journal of Transportation Engineering*.
- MSC. Software Corporation:** Msc Adams Version 2017-2
- Nilsson, G. 2004.** Traffic safety dimension and the power model to describe the effect of speed on safety. Lund Institute of Technology, Sweden.
- Nahvi, H., Mohd Nor, M. J., Fouladi, M. H., Abdullah, S. 2006.** Evaluating automobile road vibrations using BS 6841 and ISO 2631 comfort criteria. Kuala Lumpur, Malaysia: 3-5.
- NTCPM. 2016.** Neighborhood traffic calming policy manual. Alaska: Traffic Department Municipality of Anchorage.
- OECD/ECMT. 2006.** Transport research center, country reports on safety performance: Results of a survey undertaken by the OECD/ECMT Working Group on Ambitious Road Safety Targets.
- Pharaoh, T. M. & Russeil, J. R. E. 1991.** Traffic Calming Policy and Performance: The Netherlands, Denmark and Germany. *Town Planning Review*, 62(1): 79-105.
- Park, S. J. & Subramaniyam, M. 2013.** Evaluating methods of vibration exposure and ride comfort in car. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*.
- Polloni, S. 2019.** Traffic calming and neighborhood livability: Evidence from housing prices in Portland 74. *Regional Science and Urban Economics*:18-37.
- SeismoSignal. 2016.** <https://seismosoft.com>.
- Stephens, B.W. 1986.** Road humps for the control of vehicular speeds and traffic flow. *Public Roads*, 50(3):82-90.
- Sözen, A. 2006.** Hız kesicilerin trafik yüklemesi altındaki dinamik simülasyonu. *Yüksek Lisans Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Stockton. 2008.** City of Stockton traffic calming guidelines. Stockton: Public Works Department.
- Sahoo, P.K. 2009.** Geometric design of speed control humps in Bhubaneswar City. *Intl. J. Adv. Tech. Civil Eng*: 70-73.

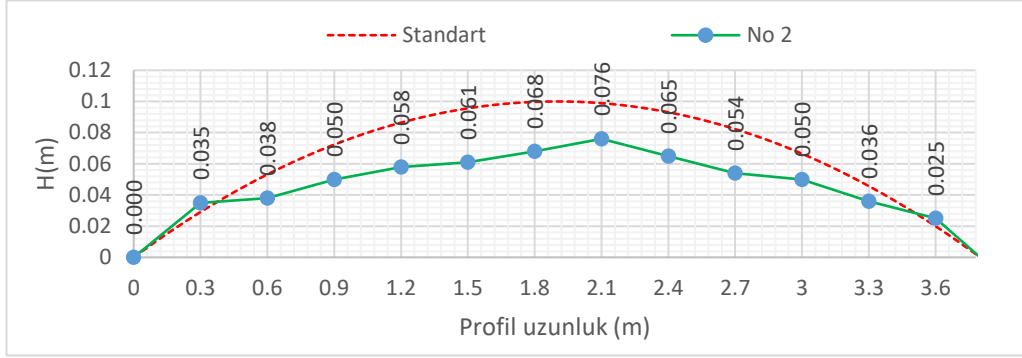
- TS 6283. 2000.** Yol sathı hız kontrol elemanları – tümsekler (kasisler), Türk Standartları. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
- Town of ashland. 2006.** Residential traffic calming program guide. Virginia
- TBB. 2012.** Güvenli trafik alanları. *Türkiye Belediyeler Birliği*: 20-30.
- TÜİK. 2018.** Karayolu trafik kaza istatistikleri. <https://www.tuik.gov.tr>
- Vanderschuren, M., Jobanputra, R. 2009.** Traffic calming measures-review and analysis. University of Cape Town.
- Watts, G. R. 1973.** Road humps for the control of vehicle speeds. *Verkeerstechnick*, 24(NLR59 R & D Rpt.).
- Weber, P. 1998.** Towards a Canadian standard for the geometric design of speed humps. *Master of Engineering Thesis*, Carleton University, Department of Civil and Environmental Engineering Ottawa, Ontario, Canada.
- Weber, P. A., Braaksma, J. P. 2000.** Towards a North American geometric design standard for speed humps. *ITE Journal*, 70(1):30-39.
- Welle, B., Li, W., Adriazola, C., King, R., Obelheiro, M., Sarmiento, C. and Liu, Q. 2015.** Cities safer by design: Urban design recommendations for healthier cities, fewer traffic fatalities. *World Resources Institute*.
- WHO. 2018.** Global status report on road safety.
- Zainuddin, N.I., Adnan, M.A., Md Diah, J. 2013.** Optimization of speed hump geometric design: Case study on residential streets in Malaysia. *Journal of transportation engineering*, 140(3), p.05013002.

EKLER

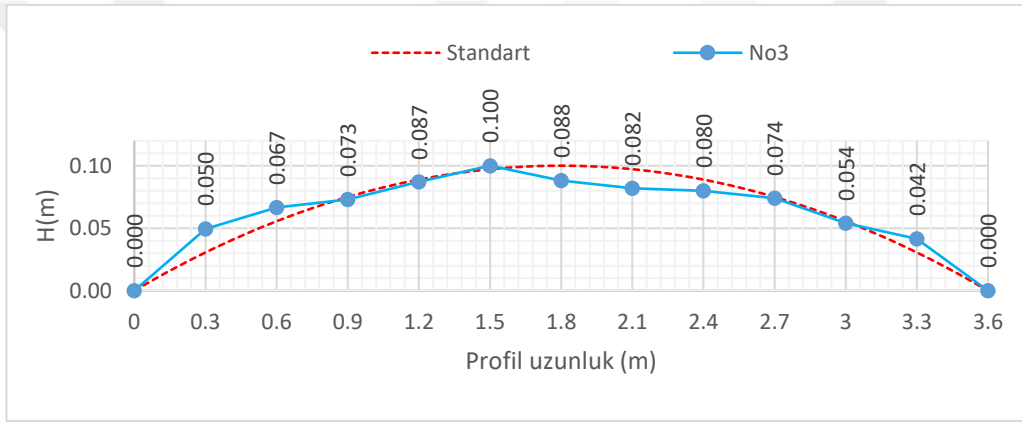
- EK 1. Arazide ölçülen tümseklerin kesit profilleri
- EK 2. Arazi (Bilgin, 2018) ve simülasyon sonuçları
- EK 3. Simülasyon sürecinde No 6 ve standart tümsek ivmelerinin karşılaştırıldığı grafikleri
- EK 4. Simülasyon sürecinde Adams/car yazılımı ile oluşturan modeller
- EK 5. Sıralı lojistik regresyon sonuçları



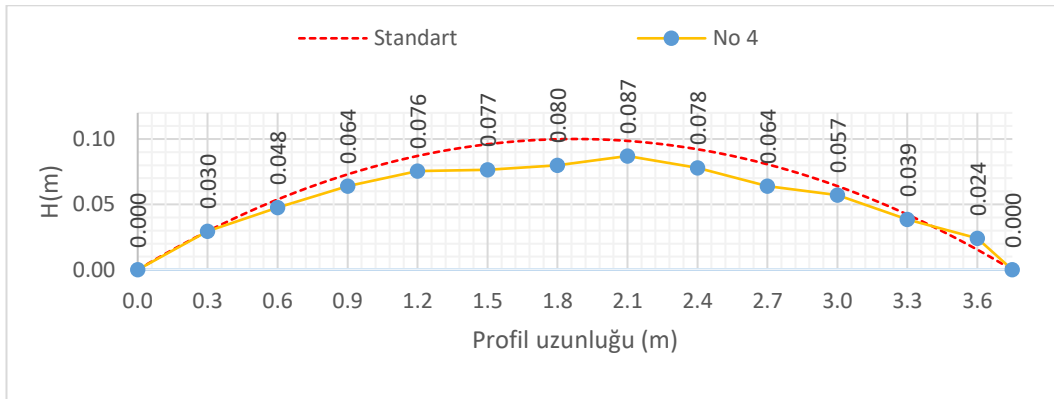
EK 1. Arazide ölülen tümseklerin kesit profilleri



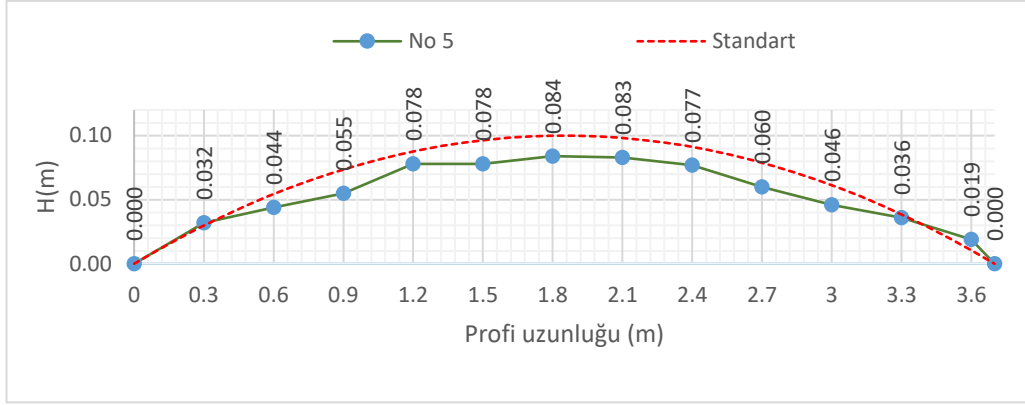
EK Şekil 1.1. Hız tümsek platform-2 kesiti



EK Şekil 1.2. Hız tümsek platform-3 kesiti



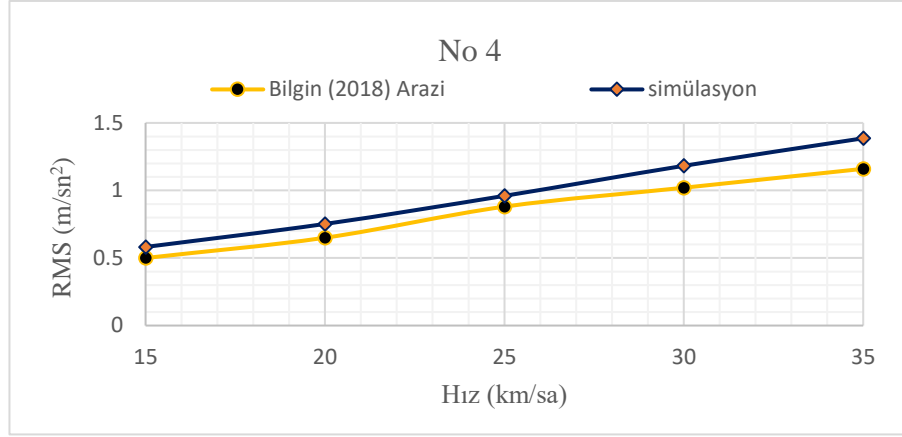
EK Şekil 1.3. Hız tümsek platform-4 kesiti



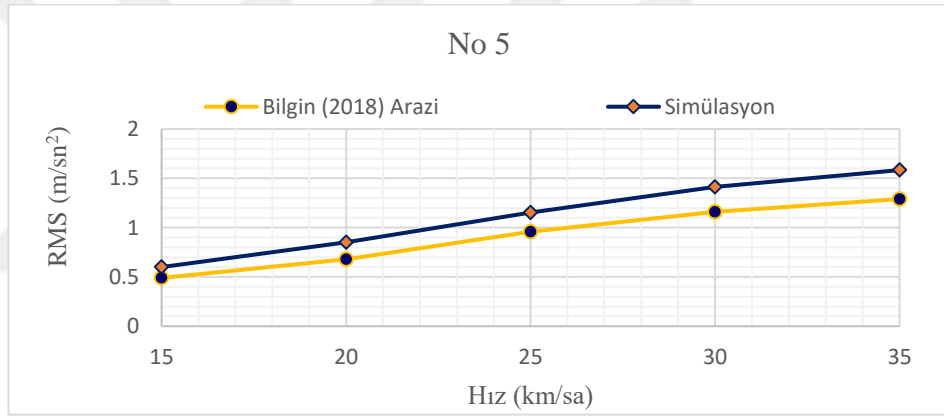
EK Şekil 1.4. Hız tümsek platform-5 kesiti



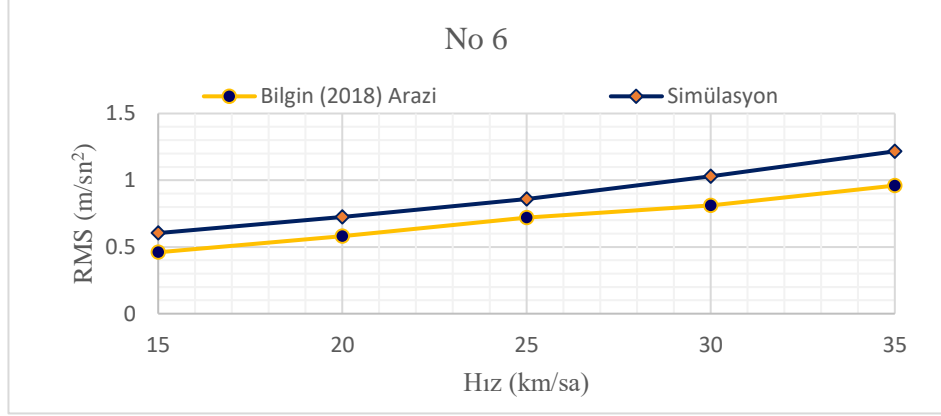
EK 2. Arazi (Bilgin, 2018) ve simülasyon sonuçları



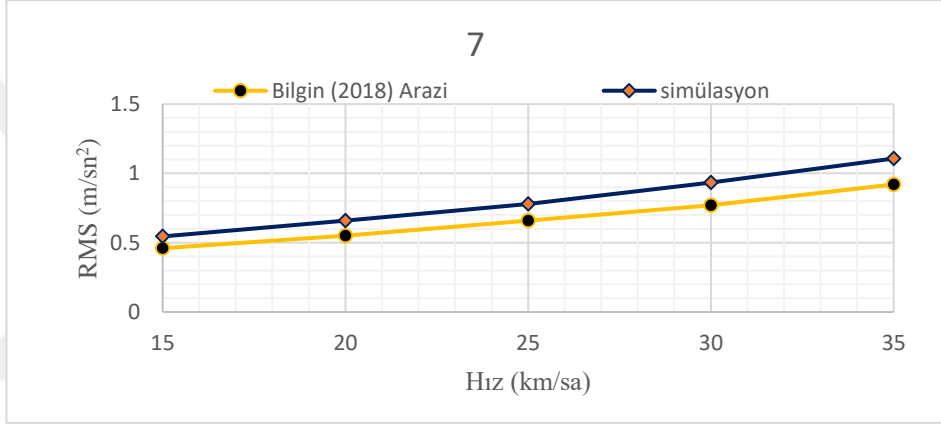
EK Şekil 2.1. No 4 tümseği arazi Bilgin (2018) ve simülasyon RMS değerleri



EK Şekil 2.2. No 5 tümseği arazi Bilgin (2018) ve simülasyon RMS değerleri

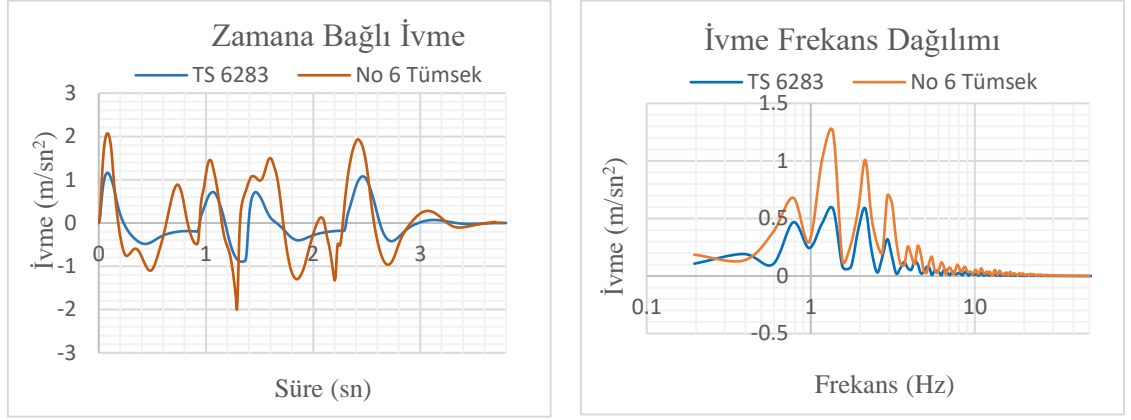


EK Şekil 2.3. No 6 tümseği arazi Bilgin (2018) ve simülasyon RMS değerleri

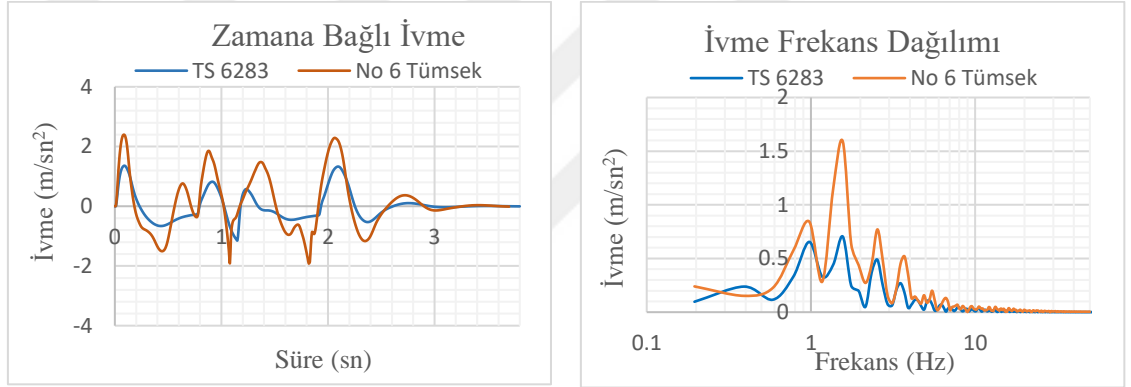


EK Şekil 2.4. No 7 tümseği arazi Bilgin (2018) ve simülasyon RMS değerleri

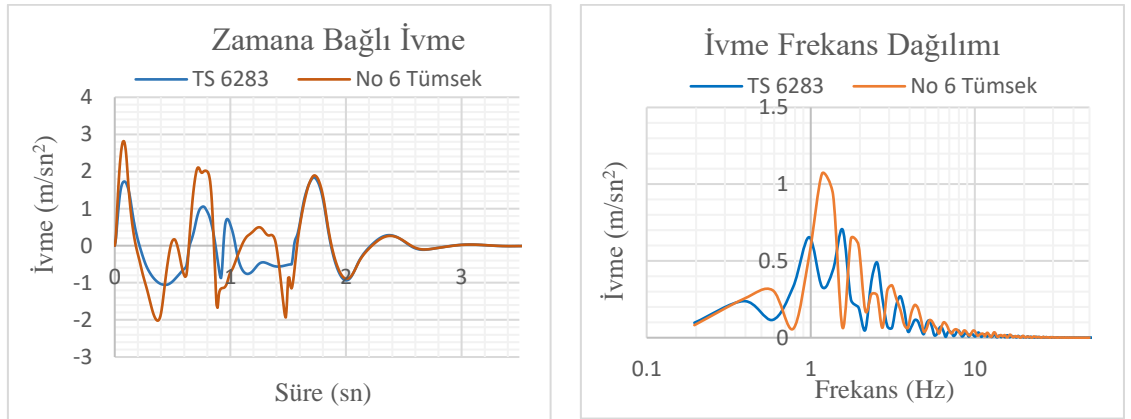
EK 3. Simülasyon sürecinde farklı hızlar için No 6 ve standart tümsek ivmelerinin karşılaştırıldığı grafikleri



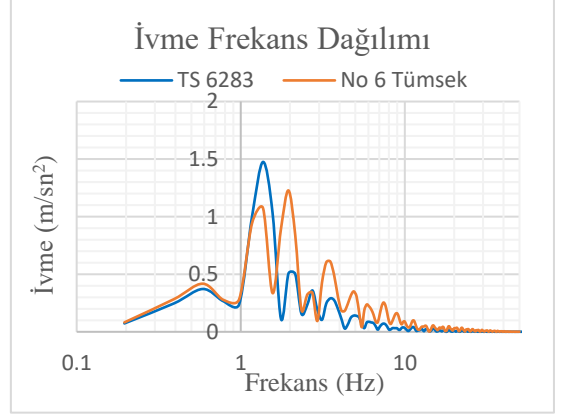
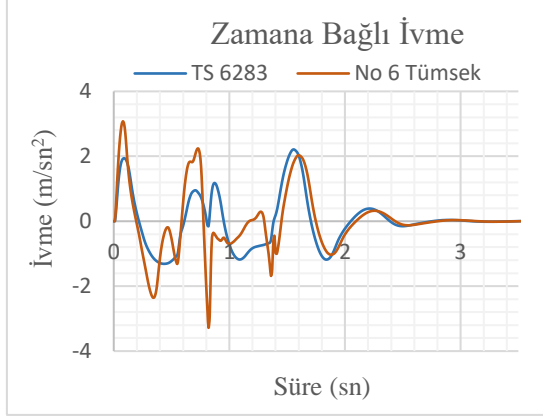
EK Şekil 3.1. V=10 km/sa için ivme-zaman ve frekans dağılımı



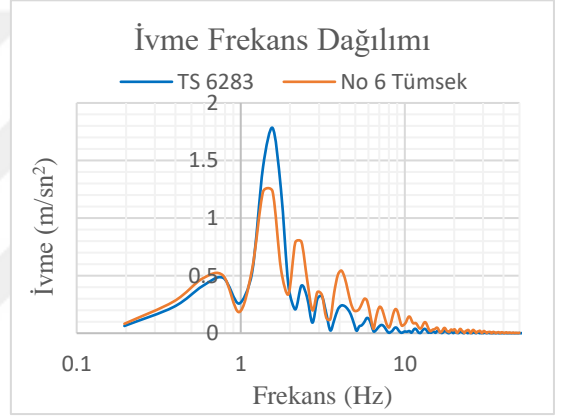
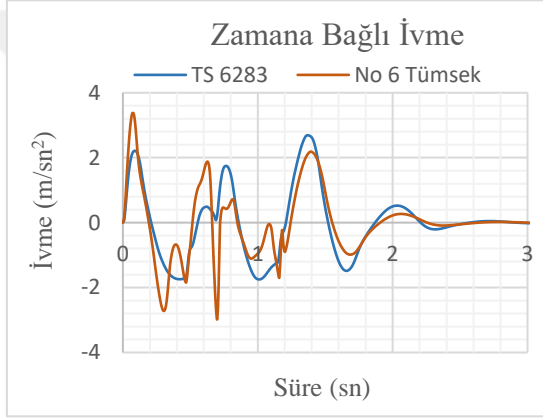
EK Şekil 3.2. V=12 km/sa için ivme-zaman ve frekans dağılımı



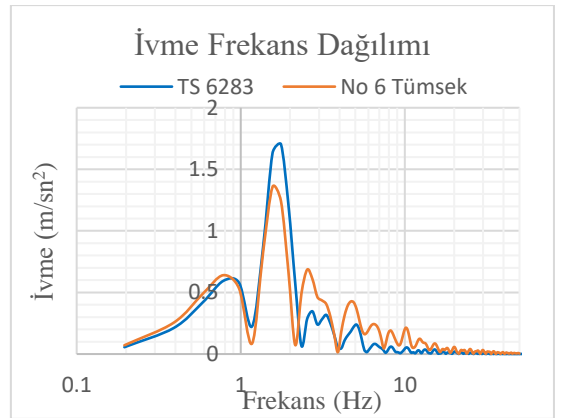
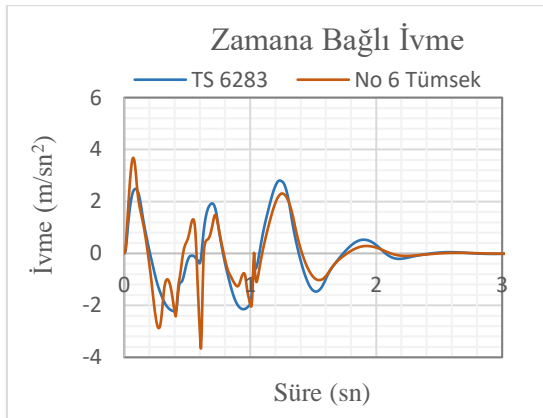
EK Şekil 3.3. V=15 km/sa için ivme-zaman ve frekans dağılımı



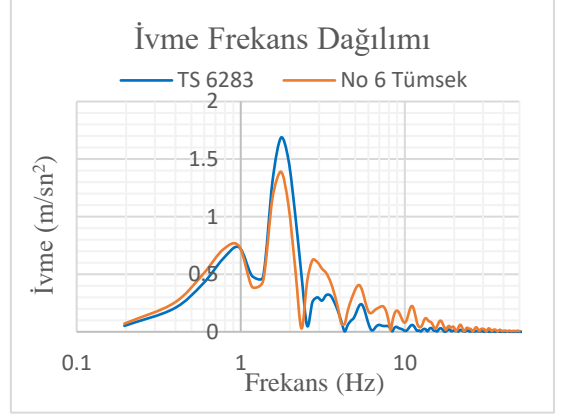
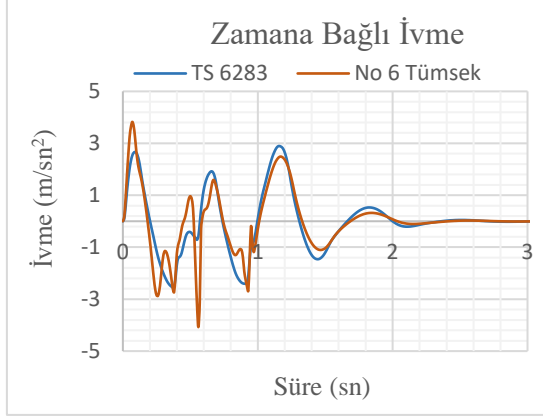
EK Şekil 3.4. V=17 km/sa için ivme-zaman ve frekans dağılımı



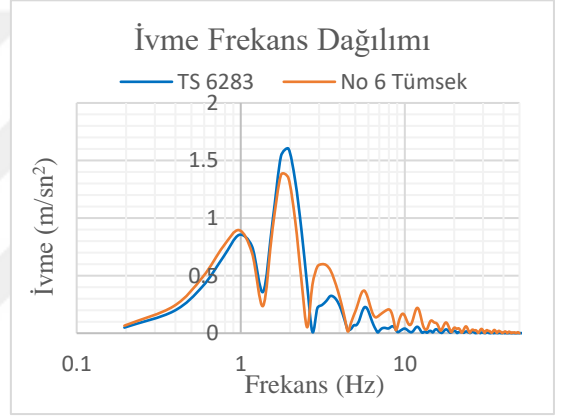
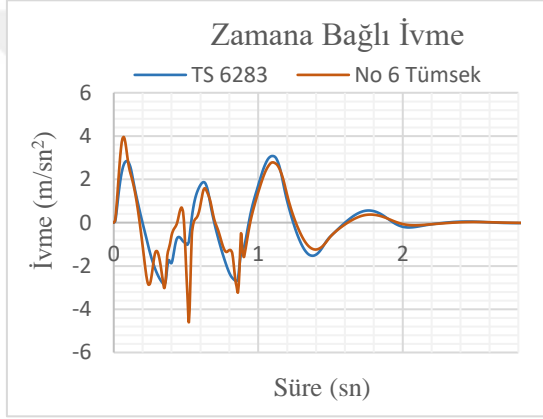
EK Şekil 3.5. V=20 km/sa için ivme-zaman ve frekans dağılımı



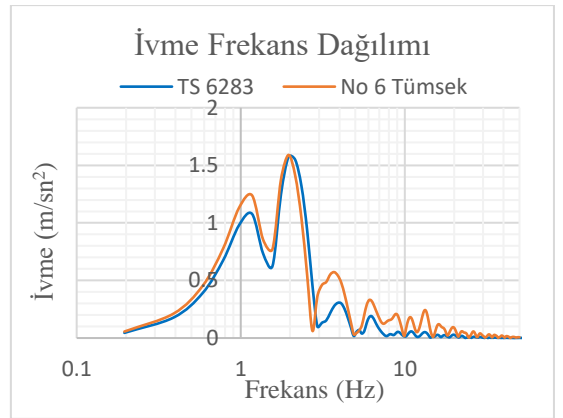
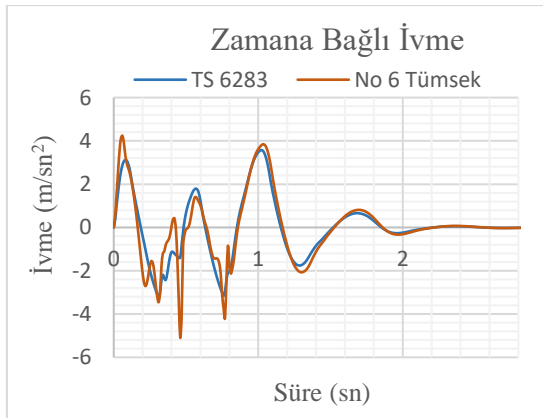
EK Şekil 3.6. V=23 km/sa için ivme-zaman ve frekans dağılımı



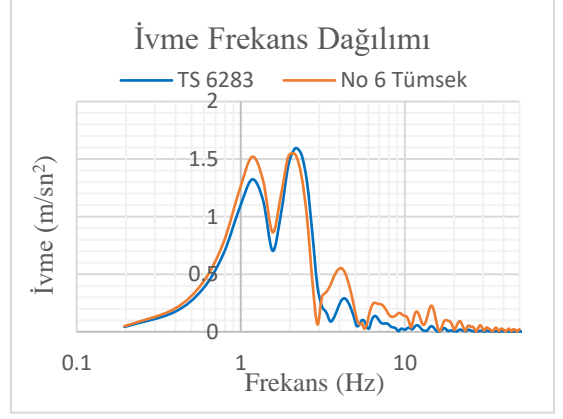
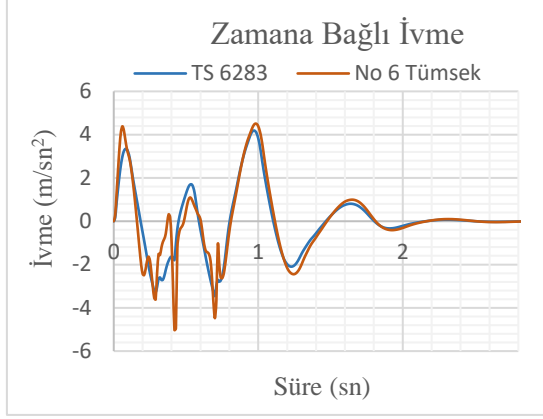
EK Şekil 3.7. V=25 km/sa için ivme-zaman ve frekans dağılımı



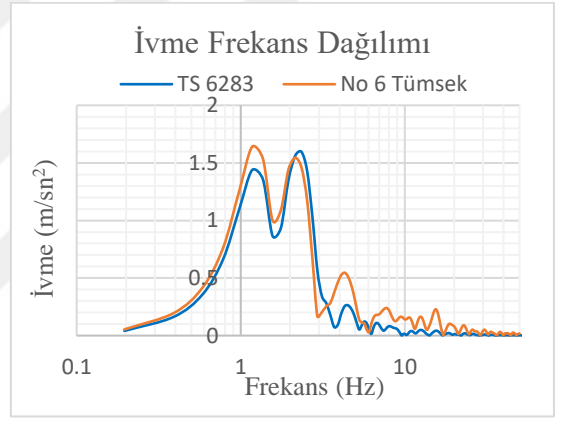
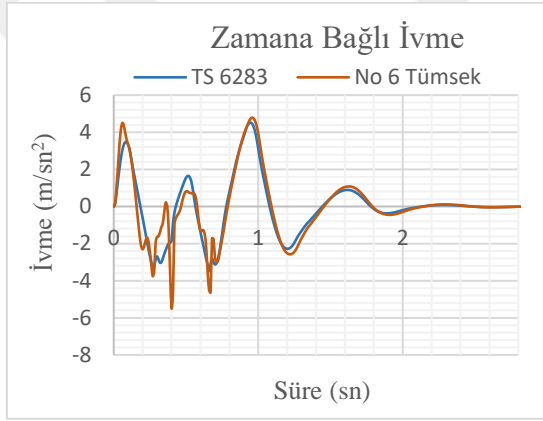
EK Şekil 3.8. V=27 km/sa için ivme-zaman ve frekans dağılımı



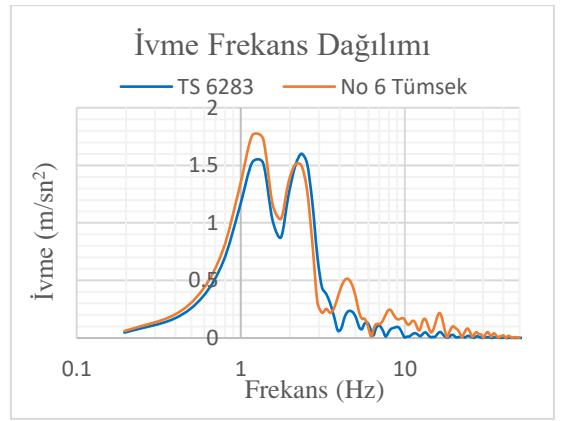
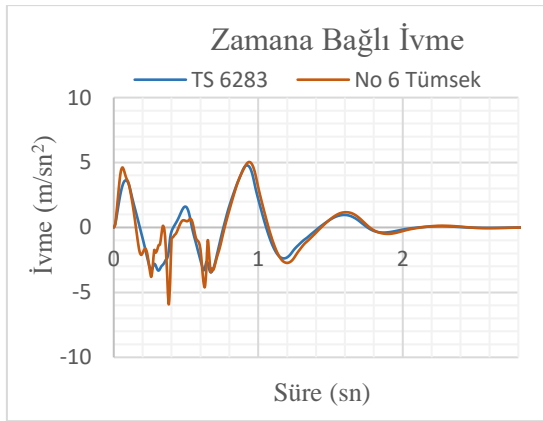
EK Şekil 3.9. V=30 km/sa için ivme-zaman ve frekans dağılımı



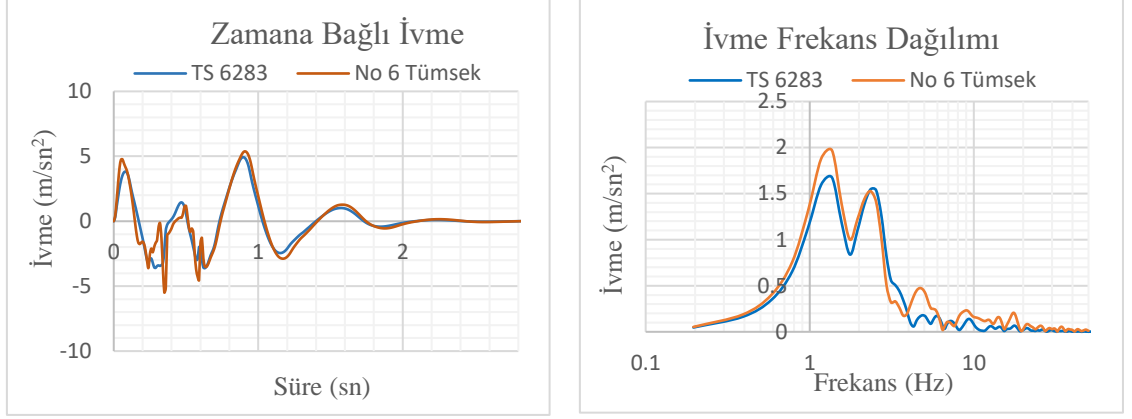
EK Şekil 3.10. V=33 km/sa için ivme-zaman ve frekans dağılımı



EK Şekil 3.11. V=35 km/sa için ivme-zaman ve frekans dağılımı

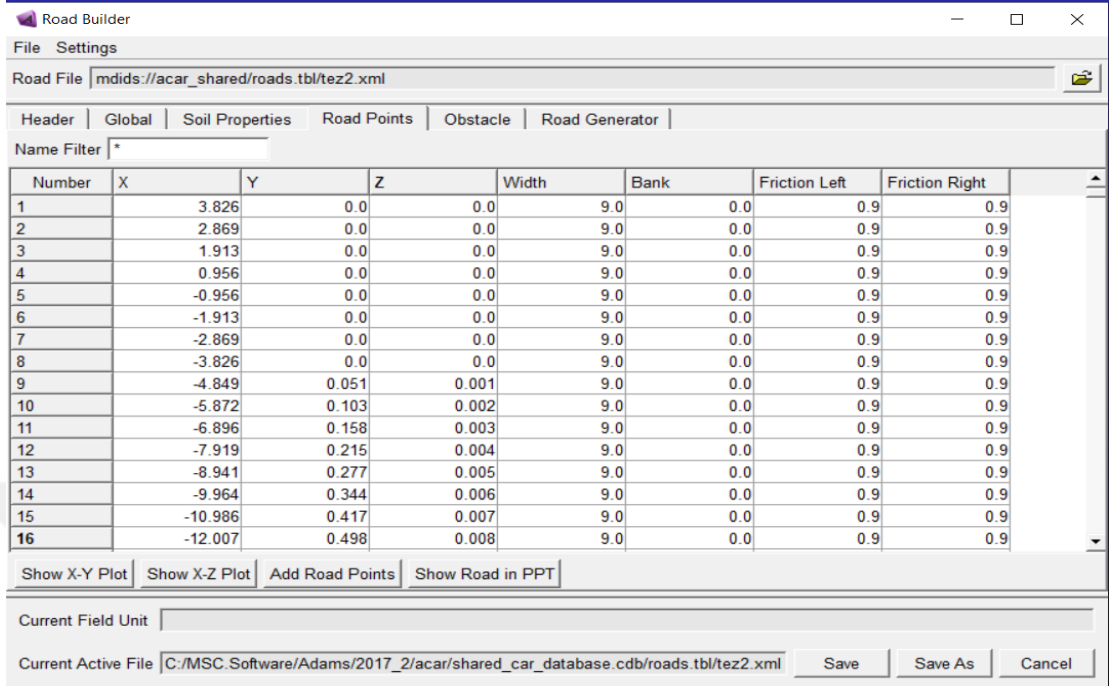


EK Şekil 3.12. V=37 km/sa için ivme-zaman ve frekans dağılımı



EK Şekil 3.13. V=40 km/sa için ivme-zaman ve frekans dağılımı

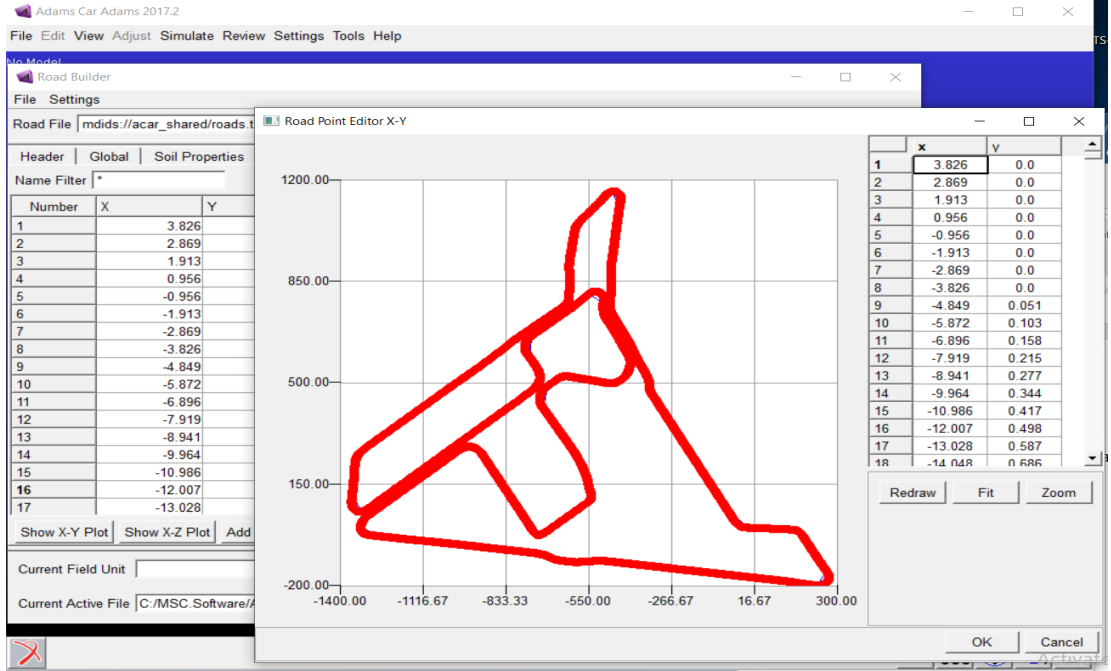
EK 4. Simülasyon sürecinde Adams/car yazılımında oluşturan modeller



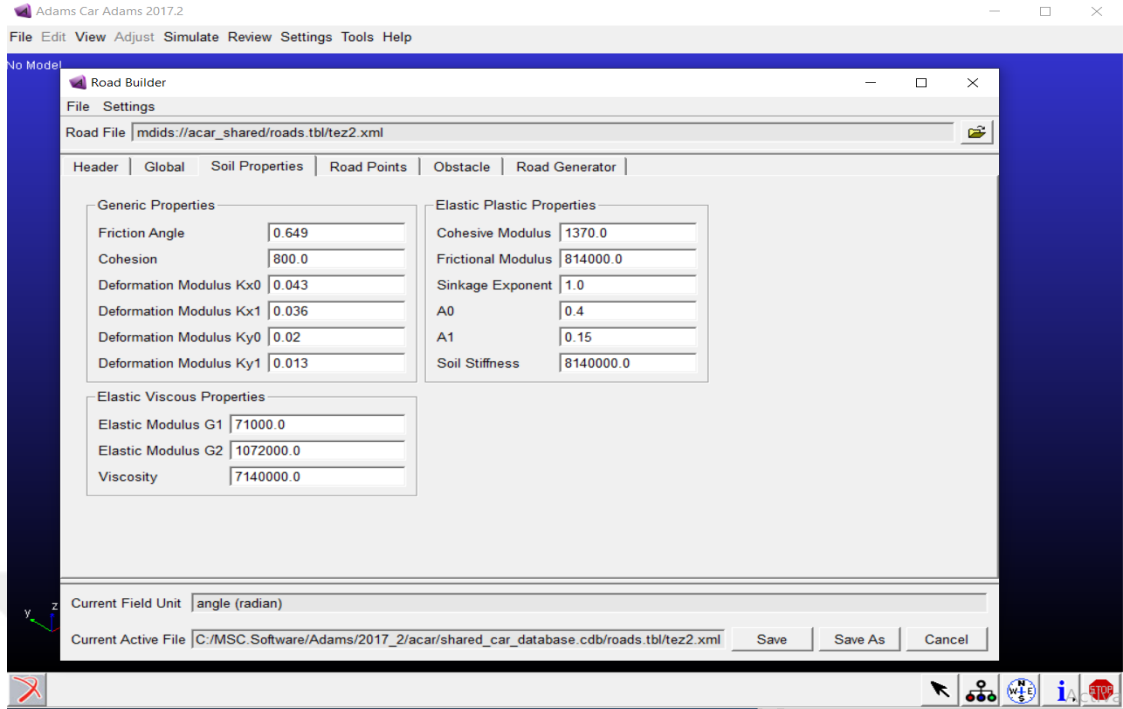
The screenshot shows the Road Builder software interface. The main window displays a table of road points with columns for Number, X, Y, Z, Width, Bank, Friction Left, and Friction Right. The table contains 16 rows of data. Below the table, there are buttons for 'Show X-Y Plot', 'Show X-Z Plot', 'Add Road Points', and 'Show Road in PPT'. The current active file is 'C:/MSC.Software/Adams/2017_2/acar/shared_car_database.cdb/roads.tbl/tez2.xml'.

Number	X	Y	Z	Width	Bank	Friction Left	Friction Right
1	3.826	0.0	0.0	9.0	0.0	0.9	0.9
2	2.869	0.0	0.0	9.0	0.0	0.9	0.9
3	1.913	0.0	0.0	9.0	0.0	0.9	0.9
4	0.956	0.0	0.0	9.0	0.0	0.9	0.9
5	-0.956	0.0	0.0	9.0	0.0	0.9	0.9
6	-1.913	0.0	0.0	9.0	0.0	0.9	0.9
7	-2.869	0.0	0.0	9.0	0.0	0.9	0.9
8	-3.826	0.0	0.0	9.0	0.0	0.9	0.9
9	-4.849	0.051	0.001	9.0	0.0	0.9	0.9
10	-5.872	0.103	0.002	9.0	0.0	0.9	0.9
11	-6.896	0.158	0.003	9.0	0.0	0.9	0.9
12	-7.919	0.215	0.004	9.0	0.0	0.9	0.9
13	-8.941	0.277	0.005	9.0	0.0	0.9	0.9
14	-9.964	0.344	0.006	9.0	0.0	0.9	0.9
15	-10.986	0.417	0.007	9.0	0.0	0.9	0.9
16	-12.007	0.498	0.008	9.0	0.0	0.9	0.9

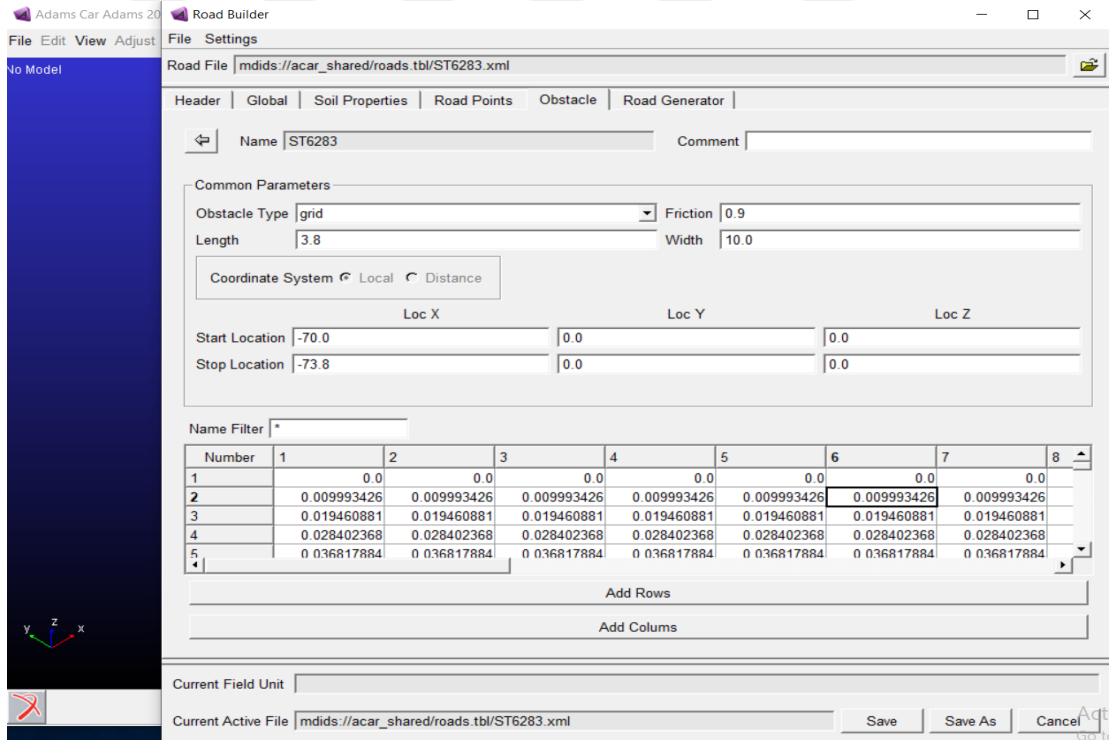
EK Şekil 4.1. Adams/Car ortamında üç boyutlu noktasal olarak yol oluşturma



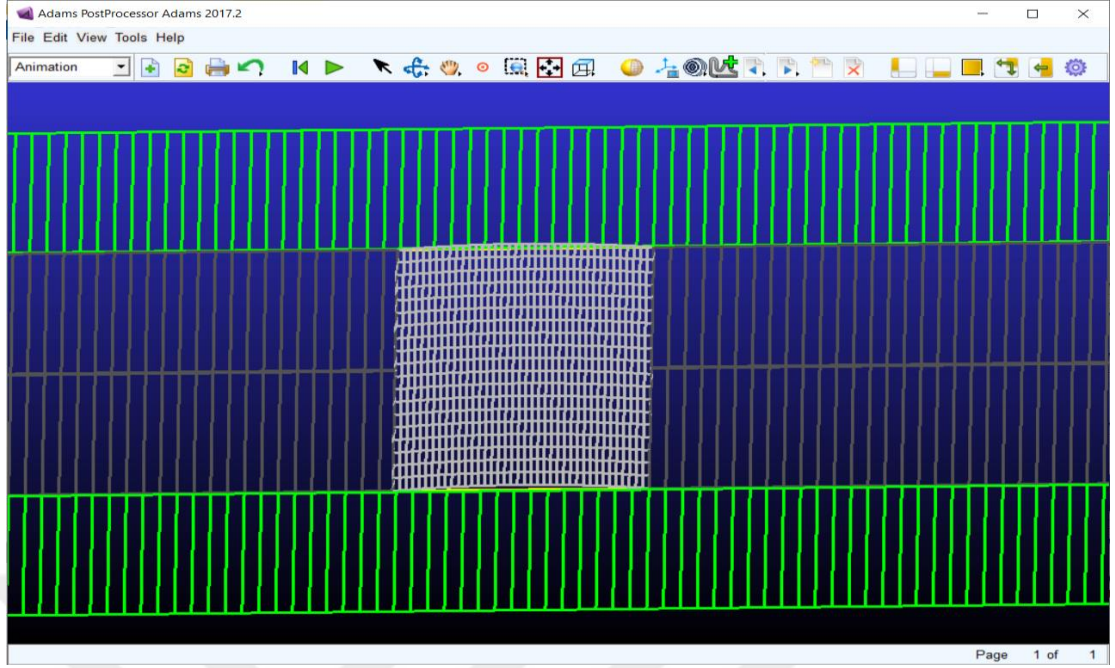
EK Şekil 4.2. Yolun x-y koordinatlarının tanımlanan



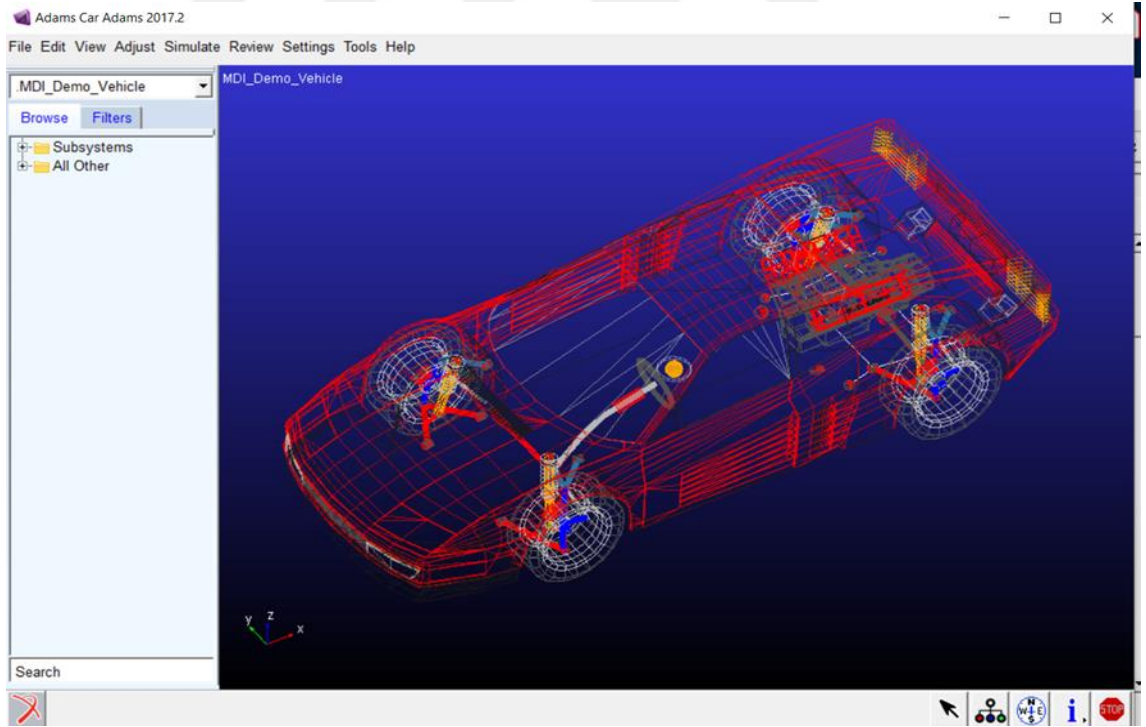
EK Şekil 4.3. Yolun alt yapısının özellikleri



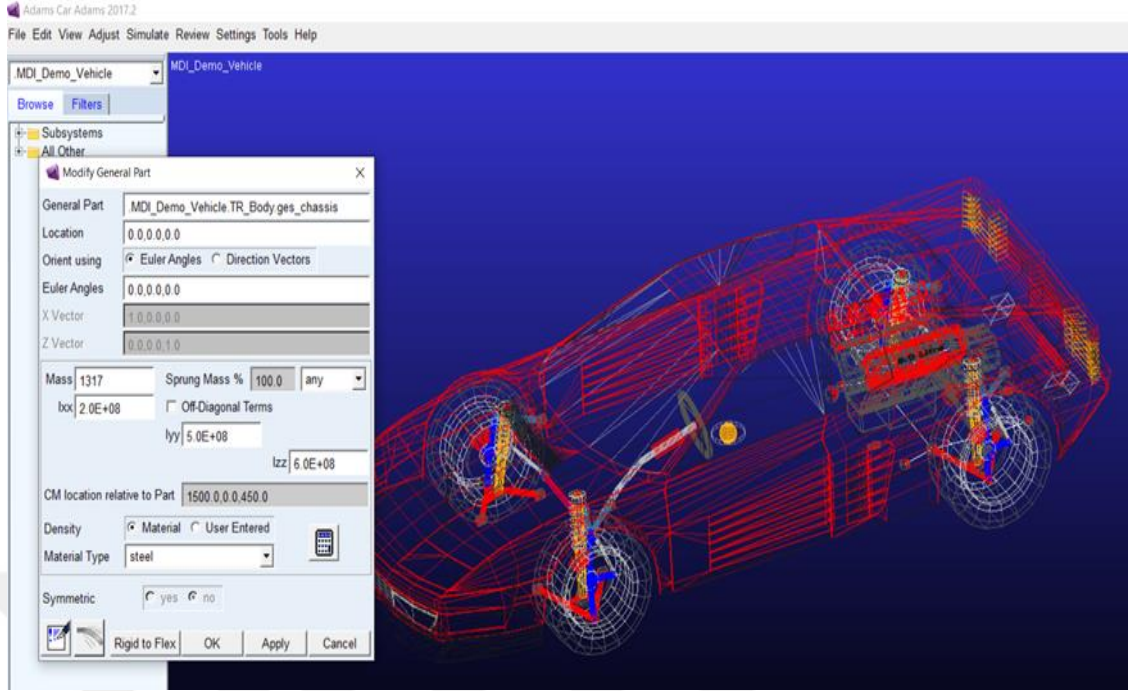
EK Şekil 4.4. Adams/Car yazılımında hız tümseğinin boyutlarını noktasal koordinat şeklinde detalarının tanımlaması



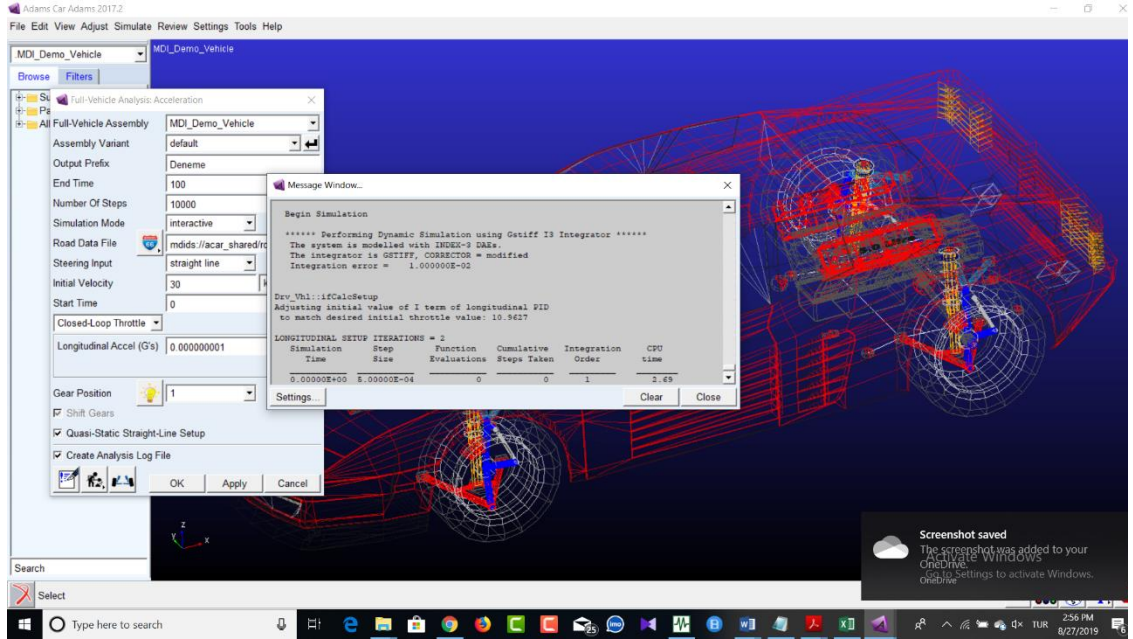
EK Şekil 4.5. Adams ortamında hız tümseğinin modeli



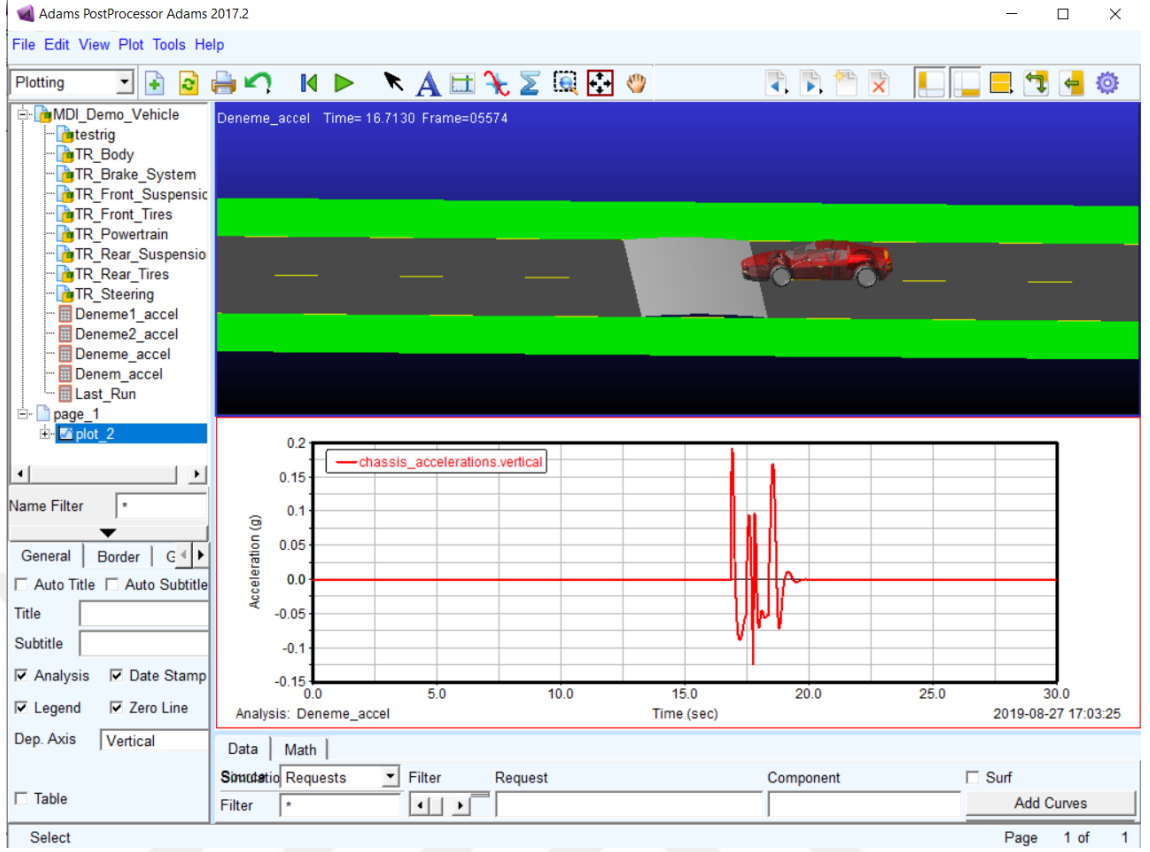
EK Şekil 4.6. Simülasyon yönteminde kullanılan araç modeli



EK Şekil 4.7. Aracın ağırlığının belirlenmesi



EK Şekil 4.8. Belirlenen hızla modelin analiz edilmesi



EK Şekil 4.9. Test sırasında otomobile oluşturan titreşimleri (ivme zamana bağlı) ifadesi

EK 5. Sıralı logistik regresyon sonuçları

EK Çizelge 5. Anket sonuca ve bağımlı değişken kategorilerine ait betimleyici bilgiler

Model Information		Case Processing Summary	
Dependent Variable	Konfor ^a	N	Percent
Probability Distribution	Multinomial	Excluded	0 0.0%
Link Function	Cumulative logit	Included	100 100.0%
a. The procedure applies the cumulative link function to the dependent variable values in ascending order.		Total	100 100.0%

Categorical Variable Information				
			N	Percent
Dependent Variable	Konfor	Çok Konforsuz	33	33.0%
		Konforsuz	29	29.0%
Az Konforlu		38	38.0%	
Total		100	100.0%	
Factor	Hız	Düşük	24	24.0%
		Orta	42	42.0%
		Yüksek	34	34.0%
	Total	100	100.0%	
Cinsiyet	Kadın	22	22.0%	
	Erkek	78	78.0%	
	Total	100	100.0%	
yaş	Genç+ orta	61	61.0%	
	Olgun	39	39.0%	
	Total	100	100.0%	

Goodness of Fit^a			
	Value	df	Value/df
Scaled Deviance	13.009	18	
Pearson Chi-Square	11.113	18	.617
Scaled Pearson Chi-Square	11.113	18	
Log Likelihood ^b	-18.550		
Akaike's Information Criterion (AIC)	49.100		
Deviance	13.009	18	.723
Finite Sample Corrected AIC (AICC)	50.003		
Bayesian Information Criterion (BIC)	64.731		
Consistent AIC (CAIC)	70.731		
Dependent Variable: Konfor Model: (Threshold), Hız, Cinsiyet, yaş ^a a. Information criteria are in smaller-is-better form. b. The full log likelihood function is displayed and used in computing information criteria.			

Omnibus Test^a		
Likelihood Ratio Chi-Square	df	Sig.
87.757	4	.000
Dependent Variable: Konfor Model: (Threshold), Hız, Cinsiyet, yaş ^a a. Compares the fitted model against the thresholds-only model.		

Tests of Model Effects			
Source	Type III		
	Wald Chi-Square	df	Sig.
Hız	40.294	2	.000
Cinsiyet	4.134	1	.042
yaş	6.858	1	.009
Dependent Variable: Konfor Model: (Threshold), Hız, Cinsiyet, yaş			

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mohammad Mahdi HOSSAINY

Doğum Yeri ve Tarihi : Afganistan 1990

Yabancı Dil : İngilizce, Türkçe ve Farsça

Eğitim Durumu

Lise : Sange Shanda Lisesi Wardak/Afganistan

Lisans : Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği
Bölümü (2017)

Yüksek Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Bölümü (2019)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Allist Construction İmport Export LTD. Co (İstanbul
2016-2017)

İletişim (e-posta) : maehdi.hussainy@yahoo.com

Hossainy, M., Arslan, T. 2019. Investigating the Effects of Speed Humps on Vehicles and Drivers/Passengers. Internationally Participated The 1st Innovation, Sustainability, Technology and Education in Civil Engineering Conference, iSTE-CE'2019 (June, 13-15th), Hatay

