

**T.C.
ŞIRNAK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI
ULAŞTIRMA BİLİM DALI**

**ŞEHİR İÇİ YOLLARDA YAYALAR VE SÜRÜCÜLER
AÇISINDAN EN İDEAL HIZ TÜMSEĞİNİN
ARAŞTIRILMASI: LİTERATÜR TARAMASI
(Yüksek Lisans Tezi)**

Celal UZAN

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Sedat ÖZCANAN**

ŞIRNAK, 2023

**T.C.
ŞIRNAK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI
ULAŞTIRMA BİLİM DALI**

**ŞEHİR İÇİ YOLLARDA YAYALAR VE SÜRÜCÜLER
AÇISINDAN EN İDEAL HIZ TÛMSEĞİNİN
ARAŞTIRILMASI: LİTERATÛR TARAMASI
(Yüksek Lisans Tezi)**

Celal UZAN

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Sedat ÖZCANAN**

ŞIRNAK, 2023

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığını ve referans gösterdiğini belirtirim.

Tezi Hazırlayan
Celal UZAN

TEZ YAZIM KILAVUZUNA UYGUNLUK SAYFASI

“Şehir İçi Yollarda Yayalar ve Sürücüler Açısından En ideal Hız Tümseğinin Araştırılması: Literatür Taraması” adlı Yüksek Lisans tezi, Şırnak Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu’na uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan:

Celal UZAN

Danışman:

Dr. Öğr. Üyesi Sedat ÖZCANAN

KABUL VE ONAY SAYFASI

Dr. Öğr. Üyesi Sedat ÖZCANAN danışmanlığında Celal UZAN tarafından hazırlanan “Şehir İçi Yollarda Yayalar ve Sürücüler Açısından En ideal Hız Tümseğinin Araştırılması: Literatür Taraması” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Şırnak Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

27.04.2023

JÜRİ İMZA

Danışman	:		
Üye	:		
Üye	:		

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

.././2023

Doç. Dr. İbrahim HÜSEYNİ
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Yol güvenliğini sağlamak ve binek araçların hız sınırını en aza indirmek için şehir içi yollarda sürücü ve yayalar için en güvenli tümseği bulma konularında tez çalışması süresince bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Sedat ÖZCANAN'a minnet ve şükranlarımı sunuyorum.

Her zaman bilgi ve birikimleriyle bizi eğitime teşvik eden bize yol gösteren ışıık olan değerli abim Öğr. Gör. Serhat UZAN'a, iyi bir eğitim almamız için elinden gelenin en iyisini yapan canım babama ve kıymetli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.



ŞEHİR İÇİ YOLLARDA YAYALAR VE SÜRÜCÜLER AÇISINDAN EN İDEAL HIZ TÜMSEĞİNİN ARAŞTIRILMASI: LİTERATÜR TARAMASI

Celal UZAN

Şırnak Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Nisan 2023
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Sedat ÖZCANAN

ÖZET

Trafikte meydana gelen yoğunluğun sakinleştirmek için en fazla tercih edilen yöntemlerin başında hız tümsekleri uygulaması gelmektedir. Yollar üzerinde belirli bir uzunluk boyunca tümsek yaratmanın temel amacı bu bölgeden geçen araçların hızlarını azaltmalarını sağlamaktır. Dolayısıyla hız tümseği uygulamalarının mevcut standartlara uygunluğu, belirlenen hız azaltma hedeflerine ulaşip ulaşmadığı ve araç/yolcu üzerindeki etkilerinin belirlenmesi araçlara verilen maddi hasarlar gibi hususların araştırması önem kazanmaktadır. Bu alanda hem uluslararası hem de Türkçe kaynak yetersizliği, bu çalışmanın motivasyon kaynağı olmuştur. Bu tezin amacı, hız tümsekleri ile ilgili yapılan uluslararası ve Türkçe kaynakları derleyerek şehir içi yollarda sürücü ve yayalar için en güvenli, konforlu ve ekonomik olan hız tümseğini araştırmaktır. Bu amaçla yapılan literatür taraması yıllara göre sistematik bir şekilde derlenip incelenmiştir. Hız tümseklerinin zaman içindeki gelişimi sunulmuştur. Ayrıca hız tümseklerinin en ideal olan tipini belirlemek için kendi aralarında bir kıyaslama yapılarak; malzeme, gürültü, titreşim, ekonomiklik, sürdürülebilirlik, tasarım, güvenlik, konfor ve araçlar üzerinde ki etkisine bakılarak en uygun hız tümseğini belirlemek için irdelemeler ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Genel olarak tümsek çalışmaları ele alındığında, yapılan irdelemeler ve karşılaştırmalar sonucunda kısa tümseklerin asfalt ve beton tümseklerden daha ekonomik olması ve kurulumunun daha kolay olması nedeniyle ülkemizde en çok tercih edilen tümsek çeşididir. Fakat caydırıcı özelliği ve sürdürülebilirliği uzun ve geniş tümsekler kadar etkili olmadığından diğer ülkelerde çok tercih edilmemektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda araçlara etkisi, sürücü ve yolcular üzerindeki etkisi, trafik yoğunluğuna olan faydası, trafik kazalarına olan önlemleri ve uzun vadede kullanılması gereken tümsek çeşidinin asfalttan yapılmış üstü düz tepeli tümsek çeşidinin olması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Hız Tümsekleri, Literatür Taraması, Yaya ve Sürücü Güvenliği

INVESTIGATION OF THE BEST SPEED HUMP FOR PEDESTRIANS AND DRIVERS ON CITY ROADS: LITERATURE REVIEW

Celal UZAN

Şırnak University, Institute of Postgraduate Education, Department of Civil

Engineering, Msc Thesis, April 2023

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Sedat ÖZCANAN

ABSTRACT

Speed humps are one of the most preferred methods to calm down the traffic congestion. The main purpose of creating bumps on the roads along a certain length is to reduce the speed of vehicles passing through this area. Therefore, it is important to investigate issues such as the compliance of speed bump applications with current standards, whether they reach the determined speed reduction targets and their effects on the vehicle/passenger, such as material damage to vehicles. The lack of both international and Turkish resources in this field has been the source of motivation for this study. The aim of this thesis is to search for the most safe, comfortable and economical speed bump for drivers and pedestrians on urban roads by compiling international and Turkish sources on speed bumps. For this purpose, the literature review has been systematically compiled and examined over the years. The evolution of speed bumps over time is presented. In addition, in order to determine the most ideal type of speed bumps, a comparison was made between them; analyzes and comparisons were made to determine the most appropriate speed bump by looking at the impact on materials, noise, vibration, economy, sustainability, design, safety, comfort and vehicles. When the bump studies are considered in general, as a result of the examinations and comparisons made, it is the most preferred type of hump in our country because of the fact that short humps are more economical than asphalt and concrete bumps and they are easier to install. However, since its deterrent feature and sustainability are not as effective as long and wide bumps, it is not preferred in other countries. As a result of the studies, it was concluded that the effect on the vehicles, the effect on the driver and passengers, the benefit to the traffic density, the precautions against traffic accidents and the type of hump that should be used in the long term should be the flat-topped hump made of asphalt.

Keywords: Speed Bumps, Literature Review, Pedestrian and Driver Safety

İÇİNDEKİLER

ŞEHİR İÇİ YOLLARDA YAYALAR VE SÜRÜCÜLER AÇISINDAN EN İDEAL HIZ TÜMSEĞİNİN ARAŞTIRILMASI: LİTERATÜR TARAMASI

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	i
TEZ YAZIM KILAVUZUNA UYGUNLUK SAYFASI.....	ii
KABUL VE ONAY SAYFASI	iii
ÖNSÖZ	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	viii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin konusu ve önemi	2
1.2 Tezin amacı ve kapsamı.....	2
1.3. Literatür Özeti.....	3
1.3.1 Trafikte hız kesiciler ve trafik sakinleştirme araçları	3
2. MATERYAL VE METOT	1
2.1. Hız kesici tümsek tipleri	1
2.1.1. Uzun Tümsekler	1
2.1.2. Düz Tepeli Tümsekler.....	31
2.1.3 Kısa Tümsekler	32
2.2. Hız Tümseklerinin (Kasisler) Uygulama Detayları	33
2.3. Hız tümseklerinin avantaj ve dezavantajları.....	34
2.3.1. Hız tümseklerin avantajları;	34
2.3.2. Hız tümseklerin dezavantajları;	34
2.4. Sınıflandırma Yöntemi ve Kullanılacak Şablon.....	35
3. İRDELEME VE TARTIŞMA.....	37
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	50
4.1. Sonuçlar	50
4.2. Öneriler	52
KAYNAKÇA	53
ÖZGEÇMİŞ.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

KISALTMALAR

Km	:	Kilometre
Sa	:	Saat
ISO	:	International Standardization Organization
CO	:	Karbon Monoksit
NO_x	:	Azot Oksit
TSE	:	Türk Standartları Enstitüsü
ABD	:	Amerika Birleşik Devletleri
KTK	:	Karayolları Trafik Kanunları
USF	:	University of South Florida
ITS	:	Intelligent Transportation System
SLP	:	Sequential Linear Programming
NO₂	:	Azot Dioksit
ITE	:	Institute of Transportation Engineers

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1: Sınıflandırma ve kıyaslama için kullanılacak şablon	36
Tablo3.1: Yapılan çalışmaların yıllara göre sistematik sınıflandırılması ve getirdikleri yenilikler.....	40
Tablo 3.2: Yapılan çalışmaların sınıflandırılması ve karşılaştırılması.....	43
Tablo 4.2: Tümsek tiplerinin sayısal karşılaştırılması	49



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1: Polinom kambur tipi hız tümseği	10
Şekil 1.2: Hidrolik sıvı dolu hız tümseği	16
Şekil 1.3: 3D Boyutlu hız tümseği tasarımı	22
Şekil 1.4: Sikloid-seminol-sikloidal profil	23
Şekil 1.5: Otomatik hız kesici sistem	24
Şekil 1.6: Geniş tipli hız kesici tümsek	27
Şekil 1.7: Berlin hız yastığı modeli	28
Şekil 2.1: Uzun tümsek modelleme profili	31
Şekil 2.2: Uzun tümsek modelleme örneği	31
Şekil 2.3: Düz tepeli tümsek modeli	32
Şekil 2.4: Kısa tümsek modeli	32
Şekil 3.1: Yıllar içerisinde yapılan çalışma sayıları	38
Şekil 3.2: Yapılan çalışmalardan alınan alıntı sayıları	38

1. GİRİŞ

Günümüz yaşantısında dünyada artan insan sayısı ile orantılı olarak teknoloji de gün geçtikçe gelişmektedir. Dolayısıyla insanların ihtiyaç duyduğu binek araç sayısı da artmaktadır. Artan araç sayısının trafikte meydana getirdiği yoğunluktan dolayı trafik kazaları yaşanmakta ve bu kazalar ölümlerle, yaralanmalarla ya da maddi hasarlarla sonuçlanmaktadır. Bu tür olayların yaşanmaması, trafikte meydana gelen yoğunluğun dengelemesi ve trafik akışının sağlanması için bir takım önlemlerin alınması zorunlu hale gelmiştir.

Trafikte artan araç sayısından kaynaklı oluşan trafik yoğunluğunu azaltmak, yapılan gereksiz hız limiti aşımını indirmek ve sürücülerini bu konuda caydırmak için birçok önlem ve tasarım meydana getirilmiştir. Bunlardan bir tanesi de hız tümsekleridir.

Hız tümsekleri bilinen caydırıcı önlemlerden farklı olarak üzerinden geçen araçların dinamik hareketliliğine temas ederek bir hız düşüşü gerçekleştirmektedir. Hız tümsekleri kendi aralarında çeşitli gruplara ayrılmaktadır. Bunlardan en temel olanları; kısa tümsekler, uzun tümsekler ve düz tepeli tümseklerdir. Kısa tümsekler modellenme şekline göre çok geniş ve yüksek olmadıkları için üzerinden geçen araç akslarına göre küçük kalmaktadır bu da yüksek hızları düşürmede etkili olamamıştır. Kısa tümseklerin yükseklikleri az olduğundan yüksek hızla gelen araçların ivme hareketliliğine düşürme etkisi gözlemlenmemiştir. Bu nedenle kısa tümsekler çoğu ülkede tercih edilmemektedir. Uzun tümsekler kısa tümseklerin tüm olumsuzluklarını ortadan kaldırmaktadır. Yükseklikleri araç aks mesafesine yakın olduğundan üzerinden geçen araçların hızlarını düşürüp tümsek üst noktasıyla araç dingil takımları arasında olması gereken mesafeyi koruyabilmektedir. Bu şekilde yüksek hızda gelen araçlarda ciddi bir şekilde hız düşürmede caydırıcı olmaktadır. Bir diğer hız tümsek çeşidimiz olan çıkış ve iniş rampalı üst kısmı düz bir şekilde devam eden

araçlar üzerinde ciddi bir caydırıcılığı ve konfor düzeyi yüksek olan üstü düz tepeli tümsek çeşididir. Bu tümsek sınıflarında kendi aralarında malzeme, tasarım, ekonomiklik, titreşim, gürültü, sürdürülebilirlik, güvenlik, konfor, araçlara etkisi ve farklı modelleme şekillerine göre kıyaslama yapılarak şehir içi yollarda trafik güvenliğini sağlayan, caydırıcı özelliği yüksek olan ve sürdürülebilirliği uzun vadede en uygun ve en ideal olan tümsek çeşidinin belirlenmesi gerekmektedir.

1.1 Tezin konusu ve önemi

Hız tümsekleri ile ilgili yapılmış Türkçe akademik kaynağın yetersiz olması, ayrıca bu alanda yapılmış uluslararası çalışmalardan derleme tarzında yapılmış çalışma bulunmaması nedeniyle, bu çalışmada hız tümsekleri ile ilgili yapılmış bütün yerli ve uluslararası çalışmaları derleyerek güvenlik, malzeme, tasarım ve uygulama açısından en iyi tümsek tipinin belirlenmesine çalışılacaktır. Bu anlamda hem akademik camia hem de uygulamacılar açısından istifade edilebilecek bir çalışma olacağı kanaatindeyiz.

Yukarıda da vurgulandığı üzere ilgili alandaki akademik çalışma yetersizliği, özellikle derleme tarzı çalışmaların bulunmaması bu çalışmayı önemli kılmaktadır. Çünkü bu tez çalışmasında özellikle hız tümsekleri ile ilgili yapılmış akademik çalışmaları malzeme, tasarım, ekonomiklik, güvenlik, titreşim, konfor ve araçlara olan etkisi gibi başlıklar altında derleyerek bir karşılaştırma yapılmış, bu karşılaştırma ışığında elde edilen sonuçlar ve öneriler literatüre istifade edilmesi için sunulmuştur.

1.2 Tezin amacı ve kapsamı

Bu tez çalışmasının amacı hız tümsekleri ile ilgili yapılmış yerli ve uluslararası çalışmalar derlenerek uygulama anlamında en iyi hız tümseğinin belirlenmesidir. Bu kapsamda literatürdeki güncel bütün kaynaklar taranmış; malzeme, tasarım, ekonomiklik, güvenlik, titreşim, konfor ve araçlara olan etkisi gibi başlıklar altında sınıflandırılarak irdelenmiş ve karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Elde edilen bulgular ışığında sonuçlar ve öneriler verilmiştir.

1.3. Literatür Özeti

Artan araç sayısından dolayı trafikte meydana gelen yoğunluğu ve dengesizliği düzenlemek için ve araçların limit hızını en aza indirmek için hız tümseklerinden faydalanmaktadır. Tümsek hız kesicilerinin 1980’li yılların ortalarından itibaren trafikte yoğun bir şekilde kullanıldığı gözlemlenmiştir. Trafiki sakinleştirmek için tümsek hız kesicileri ile ilgili sayısız yayınlar yayınlanmış, çalışmalar yapılmış ve halen yapılmaya devam da edilmektedir. Birçok ülkede bunlarla ilgi bilimsel çalışmalar yapılmış; makaleler, tezler ve raporlar yayınlanmıştır. Bu çalışmanın daha iyi anlaşılması için yapılan bütün çalışmalar incelenerek konu başlıkları şeklinde verilmiştir.

1.3.1 Trafikte hız kesiciler ve trafik sakinleştirme araçları

“Şehir sokaklarında hızı muhafaza etmek için yol tümseklerinin kullanılması” adlı çalışmada tümsek yapımına başlanmadan önce orada yaşayan halkın tepkili olduğu ve bu tür bir çalışmaya tepki gösterdikleri ifade edilmiştir. Bölge halkına tümseğin faydaları anlatılmış ve yaşadıkları alanda yüksek hızda giden araçlara karşı caydırıcı bir önlem olduğu ifade edilmiştir. Birleşik Krallık ve Amerika Birleşik Devletlerindeki bazı yönetmelikler, tümsekler inşa edilmeden önce bölge halkının ve yetkililerinin görüşleri alınarak düzenlenmiştir. Daha ikna edici olmak adına bölge halkına anketler düzenleyerek bir seçim yapılması sunulmuştur. Yapılan anket çalışmalarına katılan bölge halkının görüşlerine göre olumlu yanıtlar alındığı görülmüştür (Zaidel, 1992).

“Hız kontrollü yol Tümseklerinin geometrik yol tasarımları için akılcı yaklaşım” adlı makale, hız kontrol tümsekleri tasarımlarının genellikle mühendislik yargılarına veya kara yolları idaresinin geçmişine dayandığı, ancak geometrik tasarımlarının yaygın olmadığı konusunda bilgi vermektedir. Makalede, tümsek geometrisi tasarımlarının uygunluğunun matematiksel bir yarım araba modeli kullanılarak bilgisayar analizleri yoluyla kontrol edildiği belirtilmektedir. Singapur yollarında yapılan saha ölçümleri sonucunda elde edilen tasarım verileri Birleşik Krallık’taki en iyi dikey ivme sonuçları ile karşılaştırıldığında, genel uygulamaların makul bir tasarım yapabilmek için kullanılabileceği sonucuna varılmıştır (Fwa ve LiaW, 1992)

“Hız Tümsekleri ve Sapmalarının Karşılaştırmalı Bir Değerlendirmesi” adlı çalışmanın sonuçları, hem hız tümseklerinin hem de sapmaların araç hızlarını düşürmede etkili olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, hız tümseklerinin, özellikle daha büyük araçlar için hızları düşürmede sapmalardan daha etkili olduğu bulunmuştur. Çalışma ayrıca, hız tümseklerinin yaklaşma ve ayrılma noktalarında hızları düşürmede daha büyük bir etkiye sahip olduğunu bulmuştur. Genel olarak, çalışma, hız tümseklerinin ve sapmaların her ikisinin de etkili trafik sakinleştirme önlemleri olduğu, ancak etkinliklerinin belirli yol koşullarına ve yolu kullanan araç türlerine bağlı olduğu sonucuna varmıştır (Kılık ve Faghri, 1993).

“Hız kesici platformların Bilgisayar Yardımı ile Tasarımı” adlı çalışmada, altı parametrelili bir taşıt modeli; farklı profillere sahip hız kesici platformlar üzerinde bir bilgisayar programı vasıtası ile simüle edilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Farklı hız kesici platformlar ve taşıt parametrelerinin sürüş konforu üzerindeki hassasiyetini saptamak için parametrik bir çalışma yürütülmüştür. Değişik hız limitleri için optimum hız kesici platform parametreleri elde edilmiştir. Hız kesici platformun optimum uzunluğunun, tasarlanan hız kesici platform için tayin edilen hız limitin artması ile doğru orantılı olarak artacağı kanısına varılmıştır. Sürüş konforunun; hız artışı, lastik basıncının yüksekliği ve süspansiyon yaylarının sertliği ile azaldığı anlaşılmıştır. İncelenen farklı hız kesici platform profilleri arasında çift harmonik hız kesici platform profilinin, aynı hız kesici platform karakteristikleri için maksimum rahatsızlığı verecek profil tipi olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada rahatsızlık katsayısı hesaplanırken vibrasyon süresi, lastik ebatı ve taşıt gövdesindeki sapmalar dikkate alınmamıştır (Joseph, 1993).

“Otomobiller ve Otomobil Süspansiyonu için Hız Kontrol Kamburunun Alternatif Optimizasyonu” adlı makale optimize edilmiş bir hız kontrol tümseğinin geliştirilmesi araştırılmıştır. Hız kontrol tümseklerinin araçlar üzerindeki etkisini azaltırken, hızlanan araçları yavaşlatmadaki etkinliklerini korumaya devam eden alternatif bir optimizasyon yaklaşımı önermektedir. Çalışma, tümsek profilinin optimum tasarımını ve araç süspansiyonu üzerindeki etkisini belirlemek için bilgisayar simülasyonlarından yararlanmıştır. Sonuçlar, önerilen tümsek tasarımının, hız yapan araçları etkili bir şekilde yavaşlatırken, araçlar ve yolcular üzerindeki etkiyi azalttığını göstermektedir. Makale, önerilen tümsek tasarımının, hız kontrol

tümseklerinin mevcut tasarımına uygun bir alternatif olabileceği sonucuna varmaktadır. Böylelikle; izin verilen hız kısıtlamalarının üzerindeki hızlarda sürüş konforunu azaltacak bir etki oluşturularak, sürücünün hızlanmasını minimize eden, optimum bir hız kontrol hız kesici platformu tasarımı oluşturulmaya çalışılmıştır (Maemori, 1995).

“Hız Tümseklerinin Tasarım ve Uygulamasına İlişkin Güncellenmiş Yönergeler” adlı çalışmada hız tümsekleri, Kuzey Amerika ve uluslararası yargı mercileri tarafından trafik sakinleştirme aracı olarak kabul görmüştür. Bununla birlikte yapılan tasarımla uygulanan model arasında farklılıklar görülmektedir. Ayrıca yapılması planlanan tümsekler yol kullanıcıları ve bölge halkının direnciyle karşılaşmıştır. Bunun için ITE (Institute of Transportation Engineers) 1997 yılında hız tümseklerinin tasarımı ve uygulaması için bir tavsiye uygulaması yayınlanmıştır. ITE hız tümseği tavsiye uygulamasını güncellemek için hız tümseği uygulayan kurumların deneyimlerini kapsamlı bir literatür taramasıyla elde etmiştir. Literatür taraması, Kuzey Amerika ve uluslararası yetki alanlarını hedefleyen çevrimiçi bir anketle desteklenmiştir. Bu makale, bir ajansın önerilen çerçeveye genel bir bakış sunmakta ve kendi yetki alanlarında hız tümsekleri veya hız kasisleri uygulamaktadır. Bu çerçeve, birçok kurum tarafından belgelenen deneyimlere dayanmaktadır (Parkhill, 1997).

“Hız Kesici Platformlarla İlgili Bir Çalışma” adlı bu çalışmada, hız kesici platformların geometri tasarım standartları, hangi şartlar altında kullanımlarının yarar sağlayacağı, bu hız kesici platformların uygulanması kararını alan yerel idarelerin; bunların kullanımından doğacak olası maddi hasar ve yaralanmalara karşı hukuki yükümlülükleri, avantajları ve sakıncaları, çevre ve semt sakinleri üzerindeki olumlu ya da olumsuz etkileri kapsamlı bir biçimde ele alınmıştır (Smith ve Giese. 1997).

“Hız Kontrol Platformlarının Biçim Optimizasyonu” adlı çalışmada amaç platform hız limitlerinin altında geçildiği zaman araç sürüş konforunu mümkün olduğu ölçüde arttırmak; hız limitlerinin üzerinde geçildiği zaman ise sürüş konforunu mümkün olduğu ölçüde azaltmaktır. Çok bileşenli bir sistemin simülasyonundan elde edilen hassas nümerik değerlerle, optimizasyon sağlanmıştır. Optimizasyon işlemi; Ardışık Doğrusal Programlama (Sequential Linear

Programming - SLP) yöntemi ile yapılmıştır. Birçok sürücü, platformları yüksek hızlarda geçmenin daha az rahatsız edici olduğuna inanmaktadır. Bu gözlemin doğru olduğu ve platformun tatmin edici bir tasarıma sahip olmamasından kaynaklandığı ifade edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, hız kesici platformların tasarımında büyük gelişmeler kaydedilebileceğini göstermiştir (Pedersen, 1998).

“Kanada standartlarına doğru hız tümseklerinin geometrik tasarımı” adlı makale, sokakların sadece motorlu araçlar için verimli yolların bulunduğu sürelerde, yayalar, bisikletçiler, alışveriş yapanlar ve bölge sakinleri için güvenli, erişilebilir, uygun ve sessiz olması gerektiğini savunmaktadır. Bu doğrultuda, trafiği sakinleştirme önlemi olarak hız tümsekleri ortaya çıkmaktadır. Çalışmanın amacı, Kanada'da otobüs seferleri ve otobüs dışı güzergahlarda hız tümsekleri için geometri tasarım standartlarının geliştirilmesine yardımcı olmaktadır. Bu standartlar, otomobil ve ağır araç hızlarını azaltmayı, araçta bulunanların rahatsızlık hissetmemesini, araç hasarlarının kaldırılmasını, genel yol performanslarını en üst düzeyde kullanma, araç genişlemelerini ve yer değiştirmeyi en aza indirmeyi, kurulum ve bakım maliyetlerini de minimize etmeyi hedeflemektedir (Philip and Eng, 1998).

“Yol tümseklerinden kaynaklanan trafik gürültüsü ve rahatsızlıklar” adlı makalede yol tümsekleri üzerinden geçen araçlardan ya da yol tümseklerine yakın hız düşürmeye çalışan araçlardan kaynaklanan gürültü ve rahatsızlıklardan bahsedilmiştir. Yol kenarında yaşayan insanlar bu rahatsızlıklara ve gürültüye daha çok maruz kalmaktadırlar. Danimarka’da ilk kez tümseklerden kaynaklı gürültü, rahatsızlık ve sürüş şekli incelenmiştir. Karayolları tarafından yapılan gürültü çalışması sonucu tüm araç kategorileri dahil olmak üzere tümsekten kısa bir süre sonra gürültünün arttığı tespit edilmiştir. Bu çalışmada kasisten 20 m mesafede elde edilen ortalama, maksimum ve minimum gürültü seviyesi ölçümleri sırasıyla 74,3, 84,0 ve 67,2 dB (A)'dır. Bu gürültü seviyeleri, okul alanlarındaki gürültü seviyeleri için önerilen standart sınırları (sınırlarda gündüz 50 dB(A)) aşmaktadır ve maruziyeti en aza indirmek için sınıflar trafik yollarından önemli ölçüde uzakta konumlandırılmadığı sürece okul çocukları için ciddi sorunlara neden olabilmektedir. (Bendtsen vd. 2000; Wewalwala vd. 2011; Sofi vd. 2017).

“Hız tümsekleri gerçekten trafik hızını düşürür mü? Bir İtalyan deneyimi” adlı çalışma hız düşümünü incelemiştir. İtalya, kentsel caddelerde araçların yüksek hızları sebebiyle yayalarda yüksek ölüm oranını azaltmak için 1990 yılında hız tümsekleri kullanımı yaygınlaştırmıştır. Çalışma, hız tümseklerinin takılmasından sonra araçların hızının önemli ölçüde düştüğünü bulmuştur. Ancak hızdaki azalma, araç tipine ve hız tümsekleri arasındaki mesafeye bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Genel olarak makale, hız tümseklerinin trafik hızını düşürmenin etkili bir yolu olabileceği sonucuna varmaktadır ancak istenen sonuçları elde etmek için bunların tasarımı ve yerleşiminin dikkatle değerlendirilmesi gerekmektedir. (Pau ve Angius, 2000)

“Yol tümseklerini kullanarak araç hız kontrolü” adlı makale, yol tümseklerinin araç hız kontrolü ve yol güvenliği açısından önemli bir rol oynadığını ve tasarımlarının araştırılmasının sınırlı olduğunu vurgulamaktadır. Makalede sunulan çalışma, benzersiz bir yaklaşım kullanarak yol tümseklerinin tasarım problemlerini çözmeye odaklanmaktadır. Çalışmanın sonuçları, tümsek yüksekliği, tümsek genişliği ve birbirini izleyen iki yol tümseği arasındaki etkili mesafenin araç hız kontrolünü etkileyen üç önemli değişken olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışma, tümsek yüksekliğini belirlemek için tümseği parabolik olarak ele alır ve hareketin iki aşamasını analiz eder. Trigonometrik fonksiyonlar birinci aşama davranışını modellemek için kullanılırken, ikinci aşamada sıfır fonksiyonel değeri kullanılır. Makalenin temel amacı, tümsek üzerinden araçların güvenli geçmelerini sağlamaktır (Salau, 2004).

“Çocuklarda Yaya Yaralanmalarını Azaltmada Hız Tümseklerinin Etkinliğini Değerlendiren Eşleştirilmiş Bir Vaka-Kontrol Çalışması” yerleşim bölgelerinde çocuk yaralanmalarını azaltmada hız tümseklerinin önemi bu çalışmada değerlendirilmiştir. Hız tümseklerinin, çocukların mahallerde veya evin önünde yaralanma olasılıklarının daha düşük olduğunu gösterilmiştir. Yapılan çalışmada hız tümseklerinin çocukların yaşam ortamlarını daha güvenli hale getirdiği gösterilmiştir. Hız tümseklerinin, mahallelerde bir aracın çarptığı çocuklar arasında yaralanma veya ölüm olasılıklarında %53-%60 arasında azalma olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada hız tümseklerinin çocukluk çağındaki yaya yaralanmaları doğrudan etkilediğini ve azalmayla ilişkili gözlemsel kanıtlar sağlamaktadır (Tester vd. 2004).

“Hız Tümsekleri, Hız Yuvaları ve Hızın Karşılaştırmalı Bir Çalışması” adlı çalışma hız tümseklerini ABD’de popülerlik kazanan iki yeni trafik sakinleştirme cihazı olan hız aralığı ve hız yastığı ile karşılaştırmaktı. ABD’de karşılaştırılacak trafik sakinleştirme cihazları 12-ft(3,65m) ve 22-ft (6,7m) asfalt hız tümsekleri, 14-ft (4,25m) prefabrik hız tümsekleri, 22-ft hız yuvaları ve 10-ft hız yastıklarıdır ve hepsinin yüksekliği 2,5-4 inç (6-10 cm) arasında değişmektedir. Yaklaşık 2000 araç için veri toplandıktan sonra, hız yuvalarının ardından kurulan 22 fitlik hız tümseklerinin en yüksek ortalama ile yüzde 85’lik geçiş hızlarına izin verdiği ölçülmüştür. Hız yastıkları, 12 fitlik hız tümsekleri ve 14 fitlik prefabrik hız tümsekleri, en düşük geçiş hızını ve nispeten yüksek frenleme manevralarını kaydetmektedir. Hız tümseği ve hız yastığının tasarımları, sürücüleri şeritlerinde merkezi olarak seyahat etmeye teşvik etmektedir. Hız aralığını geçerken yanal konumlandırma değiştirildi; sürücülerin büyük bir yüzdesi aracın sol lastiklerini yuvaya yerleştirmeye çalışmaktadır (Johnson ve Nedzesky, 2004).

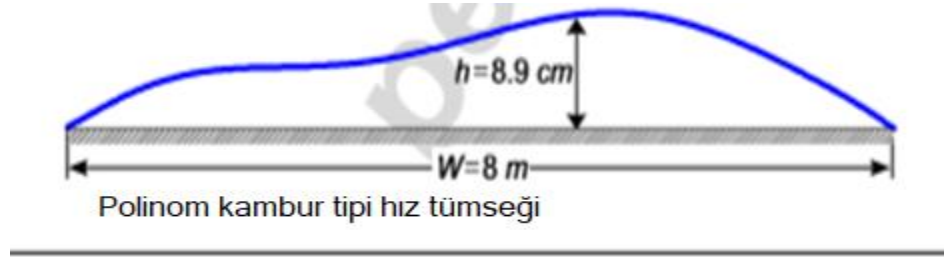
“Yuvarlak Tepeli ve Düz Tepeli Hız Kesici Platformlar – Tasarımın Etkisi” adlı makalede, tümseklerin uzunluğu, yüksekliği, rampa yapıları gibi fiziksel yapılar konfor ve geçiş hızı üzerinedir. Özel gelişmiş bir araç kullanılarak yapılan ölçümlerle, dikey ivme ile geçiş hızı arasındaki ilişki lineer regresyon analizini kullanılarak tanımlanmaya çalışılmıştır. Makalede, tümsek platformlarının dikey hızlanma ve geçiş hızı arasında benzersiz ve doğrudan bir ilişki olduğu ve rahatlık konfor ile geçiş hızı arasında kalıcı bir ilişki olabileceği vurgulanmaktadır. Ayrıca, tümsek platformlarının tasarımında bu birikimlerin dikkate alınması gerektiği belirtilmektedir. Makale, yuvarlatılmış tümsek platformlarının dikey ivmenin en yüksek olduğu ve orta rampalı/uzun düz hızlı tümsek platformlarının en düşük dikey hızın gözlemlendiği hızlarda en düşük geçiş hızına sahip olduğunu ortaya koyuyor. Ancak, çalışma sırasında dikey ivme ile fiziksel yapılar arasında bağlantı kurmada çeşitli zorluklarla karşılaşmıştır (Bjarnason, 2004).

“Hız kesici platformların Optimum Tasarımı ile İlgili Bir Nümerik Çalışma” adlı çalışmada taşıt – sürücü sistemi on iki parametrelili matematiksel bir modelle temsil edilmiştir. Parametrelerin yedisi sarsıntı sırasındaki insan vücudu; kalanı ise araç gövdesi, süspansiyon sistemi ve lastikler için kullanılmıştır. Konfor kriteri, sürücünün baş bölgesindeki ivme ile ölçülmüştür. Optimizasyon tekniğinde

sinüzoidal-dairesel, düz tepeli ve polinomial olmak üzere üç tip hız kesici platform dikkate alınmış ve değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda Kuveyt'teki mevcut hız kesici platform tasarımlarının değişik tipte yeni optimum tasarımlarla iyileştirilmesinin gerekliliği ortaya çıkmıştır. Makalede dikkate alınan üç hız kesici platform tipi arasında profilinin esnekliğinden dolayı tasarım bakımından en uygun olanın polinomial profil olduğu sonucuna varılmıştır. Hız kesici platformun boyu uzadıkça, daha iyi bir optimum tasarım elde edilebileceği belirtilmiştir. Nümerik denemeler; boy uzadıkça pik ivmenin daha yüksek hızlarda oluşacağını ve daha doğrusal etkiler yaratılacağını göstermiştir. Buna ilaveten; kritik hız arttıkça, optimum hız kesici platform yüksekliğinin azalacağı ifade edilmiştir (Khorshid ve Alfares, 2004).

Yapılan bütün çalışmalarda hız tümseklerinin maddi veya manevi olumsuzlukları dile getirildi “Taşıtların hız kesicilerden geçişi esnasında maruz kaldıkları titreşimin analiz edilmesi” adlı çalışmada ise araçların yüksek hızlarından ya da yapılan yanlış tümsek geometrisinden kaynaklı arabada oluşan titreşimin sürücü ve yolcu konforuna etkisi araştırılmıştır. Yüksek hızda giden araçların araçta bulunan insanların iç organlarının hız arttıkça titreşim tesirinden daha az etkilendiği gösterilmiştir. Bu ilk başta mantığa yanlış gelse de yapılan süspansiyon modelinin amortisör açıklığını sönümleme kuvvetinin büyüklüğünden dolayı titreşimi olduğundan daha az iletmediği saptanmıştır. Başka bir çalışmada ise hız arttıkça sürücü ve yolcudaki oluşan rahatsızlığın arttığı sonucuna varılmıştır. Erzurum ilinde toplam 10 adet tümseğin araç ve yolcu üzerindeki etkileri araştırılmıştır. 15, 20, 25, 30 ve 35 km/sa. hızlarda bulunan düşey ivme değerlerine göre bir konfor değerlendirmesi yapılmıştır ve araştırma sonucunda hem geometrik olarak hem de yüzey şekilleri açısından eni 0,6 m ve yüksekliği 5 cm hız tümseği olumlu sonuç vermiştir. Geri kalan tümseklerin gözden geçirilmesi sonucu ortaya çıkmıştır. Araç içindekilerin sağlığına zarar verebilecek şok miktarı araç hızına, tümsek geometrisine, araç tipine, araç içindekilerin konumuna ve değerlendirme yöntemine bağlıdır. Kullanılan araçlar oluşturduğu vücut titreşimleri hız tümsekleri geometrisinden çok tümsek yüksekliğinden etkilenmektedir. Önde oturan sürücüye kıyasla arkada oturan yolcu da yüksek sağlık riski altındadır. İyi süspansiyon-koltuk sistemlerine sahip araçlar, hız tümseklerinden geçerken olası sağlık risklerini azaltabilir. Mevcut var olan hız

tümsekleri üzerine bir tasarım çalışması yapılmıştır ve bunlarda Polinom kambur tipi Şekil.1.1’de sürücüye düşük seviyede şok verildiğinde BS 6841 standardına göre minimum sağlık riskine sahip olduğu için Ergonomik kambur olarak etiketlenebilir. Polinom kambur tipli tümsek diğer tümsek çeşitlerine göre aracın arka koltuğunda oturan yolcuya daha düşük titreşim vermektedir (Khorshida vd. 2007; Kırbaş, 2022; Yanıkören vd. 2020; Yurtbaş vd. 2021).



Şekil 1.1: Polinom kambur tipi hız tümseği **Kaynak:** Khorshida (2007)

“Hız kesicilerin trafik yüklemesi altındaki dinamik simülasyonu” adlı çalışmada Matlab/simulink programı ile farklı hız tümseklerinden, farklı hızlarda geçen araçların tepkisi simülasyon yöntemi ile gözlemlenmiştir. Hız tümseklerinde hızın artması ile tekerlek ve araç ivmesinin arttığı, tekerlek ve araç yer değiştirmesinin ise azaldığı görülmüştür. Büyük tip hız kesicilerden hızlı giden araç ile yavaş giden araç arasında ciddi bir fark olduğu görülmüştür. Küçük tip hız kesicilerde bu görülmemiştir. Belirtmiş olduğumuz sonuçların doğrultusunda büyük tip hız tümsekleri küçük tip hız tümseklerin göre daha olumlu sonuçlar vermiştir. Büyük tip hız tümseklerinden hızlı geçen araçların cezalandırıldığı, küçük tiplerde ise bu amaca varılmadığı sonucuna varılmıştır. Küçük tip hız tümsekleri amacından uzaklaşmıştır. Yurt dışında büyük tip hız tümsekleri daha yaygın olmasına rağmen, yurdumuzda küçük tip hız tümsekleri kullanımı yaygındır (Sözen, 2007).

“Hız Tümsekleri Üzerine Bir Çalışma” adlı araştırma, güvenli görüş mesafesi, yaya çalışmaları, araç sınıflandırması, trafik sayımı ve ortalama hız gibi çeşitli faktörleri göz önünde bulundurmıştır. Tümseklerin en iyi çözüm olduğu belirlenirse, uygun şekilde tasarlanmalı, kurulmalı ve bakımı yapılmalıdır. Tümsekler, 12fit (3,66m) uzunluğunda ve 3-4 inç (7-10cm) yüksekliğinde olmak üzere tasarım kriterlerine uygun olmalı, uyarı işaretleri ile birlikte olmalı ve güvenli bir görüş mesafesi sağlamak için görünür bir desenle boyanmalıdır. Genel olarak, hız

tümsekleri uygun şekilde tasarlanır, kurulur ve bakımı yapılırsa yerleşim bölgelerinde araç hızlarını azaltmak için güvenli ve etkili bir yöntem olacaktır (Smith ve Giese, 2007).

“Hız kesici platformların Çok Amaçlı Biçim Optimizasyonu” Hız sınırlayıcı platformların çok amaçlı genetik optimizasyonuna göre ve hız sınırlayıcı platform tasarım hızının iki katına kadar olan süratler için uygulanmıştır. Optimizasyon için üç adet bağımsız amaç fonksiyonu seçilmiştir. Sinüzoidal profil için iki parametre (yükseklik ve uzunluk) ve trapez profil için üç parametre (rampa yüksekliği, rampa genişliği ve rampa açısı) seçilmiştir. Bu çalışmadaki yaklaşım; hız limitlerinin altındaki hızlarda sürücünün hissettiği şoku minimize etmek ve limitin üzerindeki hızlarda da bu şoku maksimize ederek sürücünün cesaretini kırmak suretiyle, hız kesici platformdan önce yavaşlamasına neden olmaktadır. Hız limitleri içerisindeki çeşitli süratlerde optimum hız kesici platform tasarımının dikkat çekici bir düzeyde etkili olduğu bulgusu çalışmanın önemli sonuçlarından birisidir (Ardeh vd. 2008).

“Hız Kesici Platform Profillerinin Optimizasyonu” adlı makalede yol güvenliği için hız kontrol tümsek profilerinin optimizasyonu ele alınmaktadır. Çalışma, yolcuları rahatsız etmeden trafik akışını yavaşlatmak için en etkili ve verimli tümsek profilini belirlemeyi amaçlamaktadır. Yazarlar, yeni bir tümsek profili geliştirmek için araç dinamik parametrelerine, yol yüzeyi özelliklerine ve tümsek geometrilerine dayanan bir matematiksel model kullanmışlardır. Model, saha ölçümleri ve simülasyonlar kullanılarak kalibre edilmekte ve doğrulanmaktadır. Sonuçlar, önerilen tümsek profilinin yolcular için konforlu bir sürüş sağlarken aracın hızını da önemli ölçüde azalttığını göstermiştir. Çalışma, tümsek profilini optimize etmenin, yolcu konforundan ödün vermeden aracın hızını etkili bir şekilde azaltılabileceği ve yol güvenliğini arttırılabileceği sonucuna varmıştır (Başlamışlı ve Ünlüsoy, 2009).

“Hız kontrol tümseklerinden kaynaklanan şok titreşimlerin şehir içi otobüs şoförlerinin sağlığına etkisi” adlı makale, hız tümseklerinin üzerinden geçerken genellikle şok titreşimlerine maruz kalan otobüs sürücülerinin sağlığı üzerindeki etkilerini tartışmıştır. Sonuçlar, şok titreşimlerinin sürücünün sağlığı üzerindeki etkisinin otobüsün hızına, hız tümseği geometrisine ve günlük geçiş sıklığına bağlı

olduğunu göstermektedir. Çalışma, 0,03 m yüksek hızlı tümseklerin sürücünün sağlığı üzerinde düşük veya önemsiz bir etkiye sahip olduğunu, 0,05 m yüksek hızlı tümseklerin ise 15 km/s veya daha yüksek hızlarda ciddi hasara neden olduğunu bulmuştur. Düz platformlar, özellikle 45 km/s gibi daha yüksek hızlarda sürücünün sağlığı üzerinde önemli bir zararlı etkiye sahip olmuştur. Belgrad'da gerçek bir otobüs güzergahı üzerinde farklı hız tümseklerinden geçmenin kümülatif etkisi de analiz edilmiştir. Çalışma, hız tümseği türüne göre otobüslerin hızının kontrol edilmesini önermekte ve özellikle sürücülerin 55 yaşına kadar aktif olarak çalıştığı düşünüldüğünde, uzun vadeli sağlık etkilerinin dikkate alınmasının önemini vurgulamaktadır (Sekulić vd. 2011; Jasūnienė vd. 2017).

“Hız Kontrol Tümsek Boyutlarının Değerlendirilmesi için Dinamik Analiz” adlı çalışma, teorik dinamik analizlere dayalı olarak hız kontrol tümseklerinin montaj boyutlarının özelliklerini değerlendirmek için yapılmıştır. Daha sonra, araç ve insanın tamamen birleştiği varsayılan tek serbestlik dereceli modeller kullanılarak darbe yükleri altındaki yer değiştirme davranış spektrumları elde edilmiştir. Analiz sonuçları tümseklerin genişliği ve yüksekliği arttıkça insan algısının genişlediğini, ancak aşırı derecede yüksek rahatsızlıktan kaçınılması gerektiğini göstermiştir. Ek olarak, tümsekler tasarlanırken ve monte edilirken genişlik ve yükseklik arasındaki oran dikkate alınmalıdır çünkü oran dikey ivme büyüklüğünü yönetmektedir (Shim vd. 2011).

“Bhubaneswar (Hindistan’da) Şehrinde Hız Kontrol Tümseklerinin Geometrik Tasarımı” adlı makale, trafik mühendisliğinde hız yönetiminin önemine odaklanarak, Bhubaneswar'da kullanılan yol tümseklerinin geometrik tasarımını ele almaktadır. Çalışma, saha deneyleriyle elde edilen veriler kullanılarak, tümsek geometrisi ve tümsek geçiş hızları arasında yaygın olarak yayılan regresyon ilişkilerinin kurulabileceğini göstermiştir. Bu ilişki, hız kontrol tümseklerinin geometrik özellikleri ile otomobillerin hızları arasındaki mesafeyi tanımlayarak, belirli bir tümsek geçiş hızı için uygun tümsek geometrisini tasarlamak için bir araç olarak kullanılabilir. Makale, uygulamalı mühendislerin kullanımına yönelik modeller önermektedir ve hız kontrol tümseklerinin etkili bir yol kullanıcılarının güvenlik aracı olduğunu vurgulamaktadır (Sahoo vd. 2012).

“Hız kesici platform Genişliğinin İşletme Hızına Etkisi” adlı çalışmada 3,70 m uzunluğunda ve 100 mm yüksekliğindeki Watts profilli bir hız kesici platformdan geçişte, hız kesici platform genişliğinin (yol genişliğine kıyasla) hız kesici platform geçiş hızına etkisi araştırılmıştır. Hız kesici platformun genişliğinin yol genişliğine oranının, hız kesici platform geçiş hızı üzerinde etkili olduğu kanaatine varılmıştır. Ayrıca çalışma sonuçları; özellikle geniş caddelerde nispeten dar hız kesici platform genişliklerinin uygulanmasının daha faydacı olduğu, ancak dar sokaklar için bunun gerekli olmadığı ve hız kesici platform genişliğinin tüm sokak genişliğince uygulanmasının bir sakınca teşkil etmeyeceği hükmüne varılmıştır (Daniel, 2012).

“Hız kesicilerin üzerinden geçen bir arabanın ön süspansiyon bileşenlerindeki gerilmelerin incelenmesi” adlı çalışma hız kesicilerin araçlar üzerindeki etkisine ilişkin deneysel ve teorik bir çalışmayı tartışmaktadır. Hız kesicinin hücum açısının tekerlek aksındaki dinamik darbe kuvvetini etkilediği ve bunun da hız kırıcının geometrik boyutlarına bağlı olduğu bulunmuştur. Çalışma, dinamik kuvvetlerin hızla arttığını ve amortisörde ve kontrol kolunda yüksek gerilimlere yol açabileceğini göstermektedir. 65 km/sa hızlarda, bu gerilimler yumuşak çeliğin akma dayanımına ulaşabilir, bu da plastik deformasyonlara ve süspansiyon geometrisinin bozulmasına neden olur. Statik ve dinamik yükün neden olduğu gerilimler karşılaştırılarak $k=1,82$ 'lik bir dinamik katsayı hesaplanır. Çalışma, 20°'den daha yüksek hücum açısına sahip hız kesicilerin yalnızca yerleşim yerlerinde kullanılmasını ve 30 km/s'nin üzerindeki hızlardan kaçınılmasını önermektedir (Georgiev ve Kunchev, 2012).

“Hız tümseklerinin kritik analizi: Kamerun'daki Yaoundé-Douala-Bafoussam-Yaoundé Otoyolu Üçgeni Örnek Olay İncelemesi” adlı çalışma, hız tümsekleriyle ilgili iki ana sorunu tanımlamaktadır: malzemelerle ilgili olanlar ve trafik işaretleri ile ilgili olanlar. Kamerunlu yetkililer, maksimum güvenlik ve sorunsuz kullanım sağlamak için ülke yollarına çok sayıda hız tümseği inşa etmektedir. Bununla birlikte, standartların eksikliği, çeşitli sonuçlara yol açan düzensiz bir sistemle sonuçlanmaktadır. Çalışma, asfalt betondan yapılan hız tümseklerinin önemli bir yüzdesinin çöktüğü veya bozulduğunu ve zırlı betondan yapılanların standart boyutları karşılamadığını bulmuştur. Birçok işaretin olmaması veya yanlış olması ve bazılarının yanlış konumda olması nedeniyle trafik işaretleri de

önemli bir sorun olarak bulunmuştur. Çalışma, yetkililerin Yaounde-Douala-YaoundeBafoussam üçgenindeki kritik hız tümsekleri üzerine bir çalışma yürütmesini ve tasarımda iyileştirmeler yapmasını vurgulamaktadır (Madjadoumbaye vd. 2012).

“Hız kesici platform Tasarımı Optimizasyonu: Malezya Yerleşim Alanı Yolları İlgili Örnek Çalışma” Bu makalenin amacı hız kesici platform tasarımı ile bağlantılı olarak hızlarda azalma sağlamaktır. Taşıt hızlarındaki azalmanın etkisini anlayabilmek için hız kesici platform yüksekliği, uzunluğu ve genişliği gibi parametreler kullanılmıştır. Modelde çoklu regresyon analizinden faydalanılmıştır. Araştırma sonuçları; hızlarla ilişkili saha çalışmasına ve hız kesici platform geometrik tasarımına dayanarak istatistiki olarak anlamlı regresyon ilişkileri kurulabileceğini göstermiştir. Geliştirilmiş modelin toplayıcı yollar ve yerleşim bölgeleri yollarında uygulanabileceği vurgulanmıştır. Bu çalışmanın sonucunun önemli olduğu ve Malezya’nın mevcut prensip ve standartlarına olumlu katkıda bulunabileceği ve Malezya’nın yerleşim alanlarındaki hız kesici platformların tasarım veya yeniden tasarımlarında önemli bir rol oynayabileceğinin umut edildiği belirtilmiştir (Zainuddin vd. 2012).

“Kuala Lumpur’da Bir Yerleşim Alanında Motorlu Araçların Hızını Düşürmede Yol Tümseğinin Etkisi” adlı makalede Taman Setepak yerleşim bölgesinde trafiği sakinleştirme önlemlerinin araç hızını düşürmedeki etkinliği üzerine bir çalışma yapılmıştır. Birincil verileri toplamak için saha gözlemleri ve anlık hız araştırması yapılmıştır. Saha gözlemi, yol tümseklerinin tasarım özellikleri ve yol geometrikleri hakkında veri toplamak için gerçekleştirilmiştir. Nokta hız araştırması, yol tümseklerine yakın farklı noktalarda araç hızlarını toplamak için uygulandı. Başlıca bulgular arasında, ilk olarak, yol tümseklerinin araçların hızını azaltmada etkili olduğu kanıtlanmıştır ve ikinci olarak, yol tümseklerinin tasarım özellikleri, araçların hızını azaltmada önemli bir faktör olduğu görülmektedir. Araç, hız tümseklerine yaklaşımadan önce hızları 30 km/sa iken tümsek üzerinde 10 km/sa’ın altına düşmektedir. Bu bulgular yol tümseklerinin tasarım profillerinin araç hızları üzerinde bir etkisi olduğunu gözlemlemektedir. Sonuç olarak hız tümsekleri yerleşim bölgelerindeki halkın huzurunu ve sükunetini etkilemektedir (Yaacob ve Hamsa, 2013).

“Tümsek yüksekliklerinin araç hızının azalmasına etkisi - Belgrad deneyimi” adlı çalışmada farklı yükseklikte (3,5-7 cm) hız tümseklerinin araç hızını azaltmadaki etkisini göstermektedir. Hız tümseklerinin amacı okul bölgelerinde çok sayıda yaya ve diğer savunmasız yol kullanıcılarının belirlendiği meskun bölgelerde, yaralanmaları mümkün olabildiğince düşük seviyelere indirmektir. Hız ölçümleri, hız tümsekleri takılmadan önce, takıldıktan 1 gün sonra ve 1 ay sonra yapılmıştır. Tukey-Kramer’in çoklu karşılaştırma testi kullanılarak ANOVA analizi ve post hoc analizi, uygulanarak hız tümsekleri ayarlanmadan önce ve sonra ortak 50. Yüzdelik ve 85. Yüzdelik hız arasında karşılaştırma yapılmıştır. Tümseklerin ayarlandığı yerlerde ayar öncesi döneme göre önemli bir hız düşüşü olduğu görülmüştür. Araştırma sonuçlarına göre, hassas yol kullanıcılarının aşırı derecede tehlike altında olduğu yerlerde 5 ve 7 cm yüksekliğinde hız tümseği, daha az tehlikede olan yerlerde ise 3 cm yüksekliğinde hız tümseği konulabileceği önerilmiştir (Antic vd. 2013).

“Hindistan'daki Hız Kesicilerin Değerlendirilmesi Üzerine Bir İnceleme” adlı çalışmada geleneksel hız tümseklerinin yanlış tasarım ve konumlandırılması nedeniyle maddi ve manevi kazalara neden olabileceği belirtilmiştir. Fakat günümüz hız kesicileri geleneksel hız tümseklerine kıyasla daha güvenli ve çevre dostu olan akıllı hız kesicilere doğru ilerlemektedir. Bu makalede çalışmasında var olan bütün geleneksel hız tümsekleri üzerinde yenilikçi bir araştırma yapılmıştır. Günümüzde aşırı hızı kontrol etmek için geleneksel hız tümsekleri tam bir çözüm değildir. Ancak bu yeni teknoloji çağında akıllı hız kesici, trafik kontrolünü sağlama ve aşırı hızlanma için en iyi ve güvenli çözümü olabilir. Düşük maliyetle yol güvenliği için dünyanın daha akıllı ve yenilikçi hız kesicilere ihtiyaç duyduğu sonucuna varılmıştır (Chattaraj, 2014; Rajput vd. 2020).

“Karayollarındaki hız kesici tümseklerden elektrik üretimi” adlı çalışmada araç hızını yavaşlatmak için kullanılan hız kesicilerden enerji elde etmek için araştırma yapılmıştır. Hız kesici tümsek tasarımları ile hidrolik sistem birleştirilerek mekanik enerji üretilmiştir. Mekanik enerji, dinamo kullanılarak enerji sistemine dönüştürülmüştür. Elde edilen elektrik trafik sinyalizasyonunda, yol aydınlatma direklerinde ve hız tümseğini varlığını belirlemek amacıyla etrafına döşenen LED ışıklarını aydınlatmak için kullanılmıştır. Elde edilen elektrik hız tümsekleri üzerinden geçen araçların ağırlıklarından yararlanarak üretilmiş, hız tümseklerinden

geçen araçların ağırlıklarına göre üretilen enerji değişmektedir. İçi boş hız tümseklerin içerisine hidrolik sıvı doldurularak araç tarafından kuvvet uygulanmış (Şekil 1.2), kuvvet hız tümseği içinde bulunan sıvıyı harekete geçirmiştir. . Basınçlı sıvının hidrolik motora iletilmesi ile dairesel hareket oluşturulmuştur. Elde edilen hareketin redüktör sistemi sayesinde devir sayısı artırılmıştır. Devri artırılan hareket dinamoya iletilerek elektrik enerjisi üretilmiştir. Farklı araçlarla deneyler yapılmıştır. Hız tümseğinden 5 km/sa hızla 1000 kg'lık otomobil ve 2500 kg'lık minibüs geçmiştir. Araçların ağırlığına bağlı olarak otomobil geçtiğinde maksimum 15 V, 200 mA ve 3 W minibüs geçtiğinde ise 20 V, 200 Ma ve 4W'lik elektrik güç elde edilmiştir. Elde edilen basınç neticesinde 7 Ah, 12 V akünün dolması için geçmesi gereken araç sayısı 7800 olarak hesap edilmiştir (Demircan, 2014; Demircan vd. 2015; Güzel vd. 2019; Jägerbrand vd. 2018).



Şekil 1.2: Hidrolik sıvı dolu hız tümseği **Kaynak:** Demircan (2014)

“Hız Tümseklerinin ve Kasislerin Motosiklet Hız Profilleri Üzerindeki Etkileri” adlı çalışmada motosikletlerin ana ulaşım merkezi olan Tayland’ın taşra şehrinde bir vaka çalışması yapılmıştır. Hız tümsekleri ve kasisleri olan altı konum seçilmiştir. Ancak geçiş süreleri her trafik sakinleştirilmiş bağlantı noktası boyunca 12 noktada eş zamanlı olarak kaydedilmiştir. Bu verilerden yola çıkarak hız tümsekleri ve kasislerin motosiklet ve binek araç sürücüleri üzerinde farklı etkiler yaratmıştır. Daha küçük boyutlu hız tümsekleri araç sürücü hızlarını etkin bir şekilde

kontrol eder ancak sürücü davranışı üzerinde çeşitli etkilere sahiptir (Satiennam vd. 2014).

“Hız Kesici Tümsek Modellemesi ve Taşıt Düşey Dinamikleri Tahmini” Adlı çalışmada, yanlış boyutlandırılmış veya yerleştirilmiş trafik sakinleştirme cihazlarının trafik güvenliği için zararlı olabileceğini düşündürmektedir. Bu kusurların aracın farklı bileşenleri ve yolcuları üzerindeki etkisini belirlemek için "Matlab TM" adlı bir simülasyon programı geliştirilmiştir. Program, aracın çeşitli dinamik bileşenlerini, hız tümseğinin geometrisini ve aracın hızını dikkate alır. Hız tümseklerinin araç üzerindeki etkilerini analiz etmek için bir bilgisayar yazılımı geliştirilmiştir. Bu yazılımı geliştirmek için hız tümseğinin geometrisi uzunluk ve yükseklik olmak üzere iki temel parametreye dayalı olarak modellenmiştir. Hız tümseğinin geometrisini modellemek için prefabrik bir hız tümseği seçildi. Ayrıca, aracın ve yolcularının hız tümseği etkisi altındaki davranışlarını analiz etmek için bir araç modelinin uygulanması gerekiyordu. Yanal kuvvetler ve yanal ağırlık aktarımı yalnızca dikey bileşenlere indirgenerek araç dinamikleri basitleştirildi. Aracın hız tümseği üzerinden geçerken tüm dikey hareketlerini net bir şekilde tanımlayan araç dinamiklerini modellemek için "yarım araç modeli" tercih edilmiştir. Dört parametre dikkate alınmıştır: süspansiyon kütle ivmesi, eğim açısı, yaysız ön kütle ivmesi ve yaysız arka kütle ivmesi. Araştırma bulguları araç ve hız tümseği parametreleri arasında çapraz etki olduğunu göstermektedir. Yanal kuvvetler ve yanal ağırlık aktarımı yalnızca dikey bileşenlere indirgenerek araç dinamikleri basitleştirildi (Pozuelo vd. 2014).

“Toronto, Kanada'da hız tümsekleri ve yaya-motorlu araç çarpışmalarının kurulumu: yarı deneysel bir çalışma” adlı çalışmada Toronto’da, hız tümseklerinin kuruldukları yollar boyunca yaya-motorlu araç çarpışmasında vaka oranlarını azaltmada etkili olduğu gösterilmiştir. Hız tümseklerinin en büyük olumlu etkisi çocuk yayalarda gözlemlenmiştir, çünkü hız tümsekleri genellikle Toronto’da çocukların yürüme eğiliminde olduğu yerleşim bölgelerindeki yerel yollarda bulunmaktadır. Yerel yollarda daha fazla hız tümseği kurulumu, yaya-motorlu araç çarpışmasının daha az olma potansiyeline sahiptir. Hız tümseklerinin kuruldukları yollar boyunca yaya-motorlu araç çarpışma oranlarını düşürmedeki etkinliği kanıtlanmıştır (Rothman vd. 2015).

“Yerleşim ortamlarında trafik hızı üzerindeki yol tümseklerinin etkisine kuramsal bir bakış” adlı çalışmada Malezya’da konut yaşam ortamını iyileştirmede trafiği sakinleştirme önlemi olarak yol tümseklerinin etkinliğini analiz etmeye yönelik bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada araçların çalışma hızlarının tümsek tasarımı ve tümsekler arasındaki boşluktan etkilenmesi incelenmiştir. Yanlış bir tümsek tasarımı araçta bulunan yolcularda büyük bir rahatsızlığa ve araçta maddi hasar oluşmasına neden olabilmektedir. Ayrıca Malezya bölge halkının tümseklerin araç hızlarını düşürmede etkili olduğunu söylemektedir. Ancak, Malezya’da bulunan yol tümseği şemalarının etkinliğini etkileyebilecek günlük trafik hacmi ve sürücü davranışı gibi etkenler bulunmaktadır (Bachok vd. 2015).

“Kampüs Tümseğinin Sürücülerin Odaklanma Dağılımı ve Hız Azalmasına Etkisi” adlı çalışmada hız ve yörünge verileri iki gruba ayrılmıştır: çarpma olmayan vaka için birinci grup ve 5 cm’lik çarpma vakası için ikinci grup. Gözlemsel öncesi-sonrası analizi, iki vaka arasındaki istatistiksel anlamlılığı göstermektedir. Bireysel araç hızı analizi şunu ortaya koymuştur: kampüs içine yerleştirilen 5 cm’lik hız tümsekleri, 30 m yukarı akıştan 15 m aşağı akışa kadar olan mesafe içinde araçların hızlarının yaklaşık %60’ını belirli bir ölçüde azaltır. Sürücülerin sabitleme noktaları onlar tümseği görmeden önce 30–45 m dağılır ve tümseğin 15–30 m aşağısında normal seviyeye geri döner. Bu bulgular, mühendislerin hız tümseklerini en uygun yerlere kurmasına yardımcı olacaktır (QianXu vd. 2015).

“Hız Tümsekleri Araç Hızlarını, Hacimlerini ve Sürücü Kazalarını Azaltmaya Yardımcı Olur mu?” adlı çalışmada California’nın, Redwood şehrinde yapılan çalışmalar sonucunda hız tümseklerini kullanan yayalar, bisikletliler ve sürücülerin maruz kaldığı kazaları, araç hızları ve trafik hacmini azaltmada etkili olduğu gösterilmiştir. Bu araştırma aynı zamanda hız tümseklerinin sakin sokaklarda meydana gelen motor kazalarını azaltmada etkili olduğunu ve yerel topluluklar üzerinde bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir (Werner, 2015).

“Araçlarda hız tümseklerinin kullanımı ve etkileri: Bir inceleme” adlı makale, hız tümsekleri, iç hasar ve yakıt tüketimindeki gibi hızlardan kaynaklı olumsuzlukları yaşayan çalışanlar, analistler ve devlet kurumları için faydalı olabilecek bir literatür sunmaktadır. Bu tarama, 1985’ten 2015’e kadar yapılan tüm çalışmaları

kapsamaktadır. Ancak, Pakistan gibi gelişmekte olan ülkelerde geniş kapsamlı, özellikle de motosiklet kullanıcıları için hız tümseklerinin etkileri hakkında yeterli araştırma yapılmamıştır. Bu nedenle, uygun tasarım ve mevzuatın yanı sıra, hız tümseklerinin belirli listelerine uygun şekilde monte edilmesi için planlama yapılması gerekmektedir. Bu sayede, hız tümsekleri insanların hayatını kurtaracak bir araç olabilir (Ullah vd. 2016).

“Tatillerde Trafik Akışının Engelsiz Olabilmesi İçin Okul Yakınlarında Portatif Hız Tümseklerinin Kullanılması” adlı çalışma sonucu ilkokul, ortaokul ve lise okullarının önüne en az iki tane hız kesici tümsek bulundurulması gerektiği saptanmıştır. Bu şekilde öğrencilerin, öğretmenlerin ve velilerin okula güvenli bir şekilde girmesi sağlanacaktır. Hindistan gibi dünyanın en kalabalık nüfusuna sahip ülkelerden biri olarak her okulun önüne hız kesici tümsekler bulundurmaktadır. Fakat okulların uzun süreli tatil olduğu dönemlerde trafiğin çok yoğun olduğu zamanlarda hız tümsekleri üzerinden geçen araçların gereksiz yavaşlamalar yaptığı için ani frenlemeler gösterirler. Bu durum sürücülerde de rahatsızlığa neden olur, ara sıra yaralanmalara, yakıt tüketiminde ve kirlilik seviyesindeki artışa sebep olmaktadır. Bunun çözümü yalnızca taşınabilir hız tümsekleri kullanmaktır. Bu şekilde oluşan sorunlarda okullar tatil olduğu dönemlerde önlenebilecektir (Parsuvanathan, 2016).

“Konut refahını iyileştirmede trafik gürültüsü üzerindeki yol tümseği etkilerine teorik bir genel bakış” Adlı çalışmada trafik hızı ve gürültüsü incelenmiştir. Yerleşim alanlarında artan trafik hızı ve gürültü gibi sorunlar bölge halkını rahatsız etmekte ve dolayısıyla yaşadıkları çevrenin kalitesini düşürmektedir. Yol tümseklerinin araçların hızını azaltmadaki etkisi tartışılmaz, araştırmalar hız azaltmanın genellikle trafik gürültüsünü azaltmasına yol açtığını göstermiştir. Bu nedenle bu makale, konut yollarında potansiyel olarak trafik gürültüsünü azaltmada yol tümseklerinin etkinliğini tartışmıştır. Bununla birlikte, özellikle yavaşlayan ve hızlanan araçların neden olduğu artan gürültü emisyonları nedeniyle, yol tümseklerinin gürültü azaltıcı bir önlem olarak daha az uygulanabilir olduğu bulunmuştur (Bachoka vd. 2016).

“Hız Tümseklerinin Sürücü Hızları Üzerindeki Etkilerinin Mobil Kameralar ve Anket Uygulaması Yoluyla Belirlenmesi” adlı makalede Türkiye'deki bir

üniversite kampüsü yol ağında trafiği sakinleştirme önlemlerinin, özellikle hız tümseklerinin uygulanmasını ve etkinliğini tartışmaktadır. Hız tümseklerinin sürücü hızları üzerindeki etkisi, bir mobil ortalama hız uygulama sistemi aracılığıyla değerlendirilmiştir ve bunların etkinliğine ilişkin sürücü görüşleri de incelenmiştir. Tümseklerin kullanılması sürücü hızlarını düşürürken, anket sonuçları birçok sürücünün hız tümseklerinin sıklığının çok yüksek olduğuna inandığını ortaya koymaktadır. Makale, kampüs yollarında güvenliği artırmak ve farklı ulaşım türlerinin kullanımını dengelemek için yasal hız sınırlarına uymanın önemini vurgulamaktadır (Ilgaz ve Saltan, 2017).

“Hız Tümseklerinin Araç ve Sürücüler/Yolcular Üzerindeki Etkilerinin Simülasyon Yöntemi ile Araştırılması” Adlı çalışmada incelenmiştir. Hız tümseği uygulamalarının mevcut standartlara uyumluluğu belirlenirken hız azaltma hedefine ulaşip ulaşmadığı ve araç-yolcu üzerindeki etkilerinin belirlenmesi gibi hususların araştırılması önem taşımaktadır. Bu çalışma Bursan’ın Nilüfer bölgesinde Uludağ Üniversitesi de yaygın olarak kullanılan hız tümseklerinin TS uyumluluğu kontrol edilerek sürücü-yolcu üzerindeki etkileri konfor açısından değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına bakıldığında tümseklerin sürücü-yolcu üzerindeki etkilerinin tümseğin boyutu ve araç hızına bağlı olarak değiştiği açık olarak görülmüştür. Tümseğin genişliği arttıkça o oranda konfor düzeyi de artmıştır. Yükseklik ne kadar artarsa konforsuzluk ve rahatsızlık da o kadar artar (Jasūnienė vd. 2017; Arslan ve Hossainy, 2020).

“Hız Tümseklerinin Etkinliğini Etkileyen Dış Faktörlerin Belirlenmesi” adlı çalışmada dış faktörler incelenmiştir. Japonya’da hız sınırı 30 km/sa belirlenmesine rağmen hala yollarda aşırı hızlanma ve trafik güvenliğini tehlikeye sokan sürücüler bulunmaktadır. Ancak daha önceki çalışmalarda kavşak varlığı, yol geçişi ve yol geometrisi vb. gibi çeşitli dış etkenlerden etkilenebilen tümsekler hız düşüşünde karasız olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle tümsek montajından sonra serbest akışta hız düşüşündeki tutarsızlığı etkileyebilecek dış faktörler belirlenmesi için tasarlanmıştır. Bu çalışmada çoklu regresyon analizi kullanılmıştır. Regresyon modellerinden elde edilen sonuçlara göre kavşağın varlığı, yol kavşağı, yerleşim bölgesi, trafik hacmi, yol geometrisi ve diğer demografik değişkenler gibi bir birkaç dış etkenlerden etkilenecektir (Rahman vd. 2017).

“Hız Tümseklerinin Bisikletliler ve Motorlu İki Tekerlekli Araç Sürücülerini Üzerinde Neden Olduğu Rahatsızlığın Karşılaştırılması” adlı çalışmada motorlu ve motorsuz araçlar üzerinde bir araştırma yapılmıştır. Bisikletlilerin hız tümsekleri üzerinden geçerken rahatsızlıkları konusuna odaklanarak bu yönde bir girişimde bulunulmuştur. Farklı hızlarda değişen geometriye sahip tümsekler üzerinde aletli bisikletleri ve motorlu iki tekerlekli araçları sürmeleri ve hissettikleri rahatsızlık düzeyini bildirmeleri istenen dokuz gönüllü kullanılarak bir deney gerçekleştirilmiştir. Sürücülerin tepkileri dikkate alındığında, aynı hız için bisikletlilerin tümseklerin üzerinden geçerken motorlu iki tekerlekli araç kullananlara göre daha fazla rahatsızlık yaşadıkları görülmüştür (Vasudevan vd. 2017).

“Farklı Araç Tipleri için İdeal Tümsek Geometrik Özelliklerinin Geliştirilmesi "Örnek Çalışma" Kafr El-Sheikh Şehrindeki (Mısır) Kentsel Yollar” adlı çalışma, farklı araç türleri de ve geçiş hızlarında hız tümsekleri için ideal geometrik özelliklerin geliştirilmesini amaçlamıştır. Veriler Mısır'ın Kafr El-Sheikh kentinin üç şehir yolundaki 24 hız tümseğinden toplanmış, regresyon analizi ve logger program yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışma, binek otomobiller, mikrobüsler ve motosikletler için tümsek özellikleri ile tümsek geçiş hızları arasında istatistiksel olarak anlamlı regresyon ilişkileri bulmuştur. Tümsek geçiş hızı ile tümsek özellikleri arasında güçlü bir ilişki bulunmuştur; yükseklik negatif bir korelasyon ve ardışık tümsekler arasındaki uzunluk ve mesafe pozitif bir korelasyon göstermiştir (Shwaly vd. 2018).

“Araç Hızını Düşürmede Tüm Tümseklerin Etkinliğinin Değerlendirilmesi: Bir Üniversite Yerleşkesi Vaka Çalışması” adlı çalışmada Malezya, Skudai kasabesindeki UTM kampüsünde tek şeritli yollarda gerçekleştirilen yol tümseği etkisi çalışmasında 5 adet üstü yuvarlak ve 5 adet üstü düz yol tümseğinin geometrik tasarımları belirlemek için saha gözlemleri yapılmıştır. Her iki hız tümseğinin de araçlarda hız limitini düşürmede etkili olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte düzgün monte edilen hız kesici tümseklerde araç hızını düşürmede üstü yuvarlak hız kesici tümsekler %46 ve üstü düz tepeli olan tümseklerde ise %52 oranında hızları düşürmede etkili olduğu sonucu çıkmıştır. Çalışma aynı zamanda tümsek yüksekliğinin çoğunlukla sürüş konforu üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu

bulmuştur. Ayrıca araç ağırlığının artması, sürücü tarafından algılanan rahatsızlık hissini azaltmaktadır (Gedik vd. 2018; Mashrosa vd. 2020).

“Hız azaltmada yeni 3D görsel efektli hız tümseğinin etkinliği” adlı bu araştırma çalışması Batu Pahat (Malezya) bölgesindeki Taman Murni, Kampung Merdeka ve Taman Bahagia Koperasi olmak üzere üç (3) farklı yerleşim yerinde gerçekleştirilmiştir. Seçilen yere geçici olarak kurulan 3D görsel efektli hız tümseği (Şekil 6), aracın hızını etkili bir şekilde azaltır. Oysa, trafiği sakinleştirme (hız tümseği) gibi davranılan 3D görsel, sürücüye herhangi bir fiziksel etki yapmaz. Renk tonunun etkisi, yolun kapalı olduğu ve sürücünün araca yavaş tepki verdiği algısı veya tasavvuru vermiştir. Ayrıca kavşakta durmayan araçların sıklığı ve nihai olarak kavşakta araç hızının düşürülmesi için uygun trafik modülatörüne yönelik önerilerde bulunulabilir (Ambak vd. 2018).

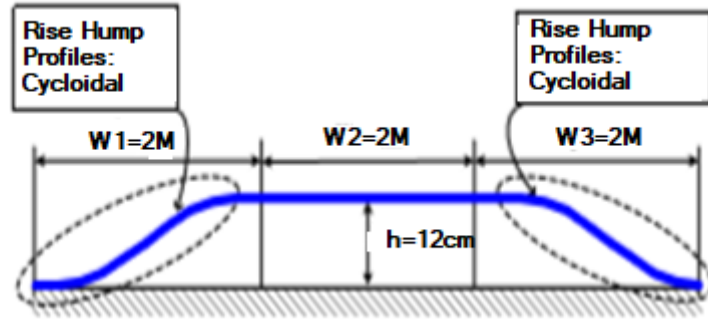


Şekil 1.3: 3D Boyutlu hız tümseği tasarımı **Kaynak :** Ambak (2018)

“Hız tümseklerinin optimum tasarımı için temel bir deneysel yaklaşım” adlı çalışma, yol güvenliğini tehlikeye atmadan bir aracın hızını en fazla azaltabilecek hız tümseği için en uygun tasarımı belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışma, bir hız tümseği için en uygun boyutların 5,0 cm genişlik ve 2,8 cm yükseklik olduğunu, 1:6 oranlı bir ortamda 30 cm genişlik ve 16,8 cm yüksekliğe kadar ölçeklendirildiğini bulmuştur. Araştırma, hız tümseğinin genişliği ile hız azalması arasında parabolik bir ilişki ortaya çıkarmıştır, ancak kuvvet bileşenleri hakkındaki hipotezi destekleyememiştir. Öte yandan, optimal yüksekliğe odaklanan araştırma, bağımlı değişkenler arasında negatif bir korelasyon ve bazı hız tümseklerinin neden atlanamayacağına dair bir açıklama sunarak hipotezi desteklemiştir. Çalışma; kısıtlamaları, tekerleğin ilk hızını

kontrol etme ve tekerlek için yalnızca bir projeksiyon hızı kullanma becerisiyle ilgilenmektedir. Gelecekteki araştırmalar, hız tümsekleri için en uygun aralığı ve hız tümseklerinin şeklinin ve eğriliğinin performansları üzerindeki etkisini içerebilmektedir (Lava vd. 2019).

“Sağlık ve konfor kriterlerine göre hız kontrolü tümseklerinin ve düşüşlerinin performans analizi” adlı çalışmanın temel amacı, hız kontrol cihazlarının farklı tasarımlarının konfor ve insan sağlığı açısından karşılaştırılmasıdır. Çalışma, sikloidal ve Seminole profilli hız kontrol eğimi ve tümseğinin, halihazırda halka açık yollarda kurulu olan hız tümseklerinden daha iyi performansa sahip olduğunu göstermektedir. Şekil 4’te gösterilen Sikloid-seminol-sikloidal profil, bu testlerde diğer profillerle karşılaştırıldığında en iyi performans indeksine sahiptir. Halka açık yollara kurulan tümsekler, aktif süspansiyon sistemleriyle donatılmış araçlara veya spor hizmet araçlarına karşı etkili değildir (Khorshid vd. 2019).

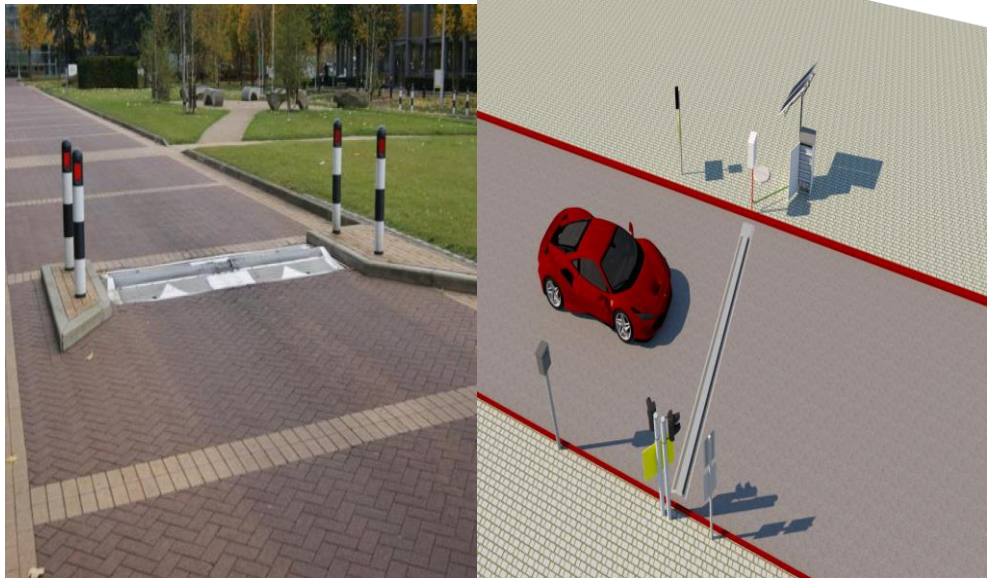


Şekil 1.4: Sikloid-seminol-sikloidal profil **Kaynak:** Khorshid (2019)

“Saha testleri ve simülasyon aşaması ile optimum hız tümseği/masa profillerinin belirlenmesine yönelik bir yaklaşım” adlı çalışma, arazi testlerinden ve simülasyon aşamasından elde edilen dikey ivme verilerinin değerlendirilmesi ve karşılaştırılmasına dayalı olarak en uygun hız tümseği/masa profillerinin seçilmesi için titiz bir yaklaşım oluşturmayı amaçlamaktadır. Çalışma, parabolik hız tümseklerinin en çok 20-30 km/s aralığında etkili olduğu, hız tablolarının ise 30 km/s araç hızının ötesinde başarılı olduğu sonucuna varmaktadır. Hız tümseklerinin ve masaların tasarım aşaması, sürücü tarafından algılanan ve dikey hızlanma ile ters orantılı olan rahatsızlık seviyesinden ciddi şekilde etkilenecektir. Makale, gelecekteki çalışmaların, karar vericilerin daha hassas tasarlanmış hız

tümsekleri/tabloları üretmesine yardımcı olmak için daha geniş bir araç hız aralığı ve hız tümsek/tablo profilleri içermesi gerektiğini önermektedir. Sonuç olarak, uygun trafik sakinleştirme cihazlarının uygulanması, ölüm ve yaralanmalarla sonuçlanan trafik kazalarının sayısını azaltabilir, şehir içi yollardaki hasar maliyetlerini azaltabilir ve işgücü kaybını önleyebilir (Bilgina vd. 2019).

“Otomatik Hız Kesicilerin Geleneksel Hız Kesicilerle Karşılaştırılması” Sonuçlar, geleneksel hız kesici sistemindeki gecikmenin, farklı araç türleri için yoğun saatlerde ortalama 21.96 saniye ve yoğun olmayan saatlerde 38.97 saniye ortalama gecikme ile otomatik sistemden önemli ölçüde daha yüksek olduğunu göstermektedir. Buna karşın, otomatik hız kesici sistemindeki seyahat süresi, yoğun saatlerde %61,26 ve yoğun olmayan saatlerde %78,12 daha fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca, otomatik hız kırıcı sistemindeki yakıt tüketimi ve emisyonların, bir yılda yoğun saatlerde %58,1 ve yoğun olmayan saatlerde %31,2 azalma ile konvansiyonel sistemden önemli ölçüde daha düşük olduğu tespit edildi. Ancak otomatik hız kesici (Şekil 5) sistemin geliştirme maliyetinin konvansiyonel sisteme göre %31,3 daha yüksek olduğu görülmüştür (Raj vd. 2019).



Şekil 1.5: Otomatik hız kesici sistem **Kaynak:** madoors.com.tr

“Hız Profillerinin Hız Kamburunda Çeşitli Boyutlar Altında Analizi ve VISSIM Kullanılarak LOS'lerinin Simüle Edilmesi” adlı çalışmanın ilk aşaması, farklı araçlar için farklı boyutlardaki hız tümseklerinin performansına odaklanmayı ve çoklu doğrusal regresyon analizi kullanarak hız tümseğinin boyutları ile araç hızı arasında istatistiksel bir ilişki kurmayı amaçlamaktadır. Kalibre edilmiş sonuçlar, tümsek geometrisindeki değişiklik nedeniyle hız düşüşünde %70'ten fazla varyasyon olduğunu göstermiştir. Çalışmanın ikinci aşaması, mikro simülasyon yazılımı VISSIM kullanılarak tümsek olan ve tümsek olmayan olarak seçilen çalışma alanlarının gecikmelerini ve hizmet seviyelerini değerlendirerek hız tümseğindeki araçların performansını tahmin etmeyi amaçlamaktadır. Sonuçlar, daha fazla hız tümseği nedeniyle Hizmet Seviyesinin (LOS) büyük ölçüde etkilendiğini göstermiştir. Bu sonuçlar tümsek geometrisini tasarlamak için bir araç olarak kullanılabilir (Kiran vd. 2019).

“Hız Tümseklerinin U Dönüşü Trafiğine Etkisinin Simülasyonu” adlı bu çalışma Irak’ın Diwanayah şehrinde “U” dönüşlerinin bulunduğu yerlerin ikisinin önünde hız tümseği olup bir tanesinde olmadığı durumlarda seçilen “U” dönüşü alanlarındaki trafik hareketlerini taklit etmek için VISSIM mikro simülasyon modelini kullanmaktadır, trafik verilerini video kayıt sistemiyle gözlemlemektedir. Sonuçlar, hız tümseğinin dönüş konumuna yaklaştıkça birleştirme için harcanan sürenin daha kısa olduğunu göstermektedir. Tümseklerde trafik hızlarının artması ile harcanan zaman değerleri artmaktadır. Yardımcı şerit ve hız tümseği bulunan site için diğer sitelere göre daha yüksek kapasite değeri elde edilmektedir (Al-Obaedi, 2019).

“Hız tümsekleri ve hız tabloları: Araç hızı, kirleticisi madde emisyonları ve yakıt tüketimi üzerindeki dışsallıklar” adlı Çalışma, hız tümseklerinin şekli ve aralıkları dikkate alınarak bir toplayıcı cadde üzerinde gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, hız tümseklerinin şekli ve boyutunun, tümsekler arasındaki maksimum hızı azaltmada en önemli faktörler olduğunu göstermiştir. Hız tümsekleri arasındaki mesafe, aracın hızını önemli ölçüde etkilemez ancak araçların kirleticisi emisyonları ve ekstra yakıt tüketimi üzerinde etkisi vardır. Çalışma, hız tümseği özelliklerini hesaplamak ve farklı yol gereksinimleri için hangi geometrik şekillerin

kullanılacağına karar vermek için tahmini modelleri kullanmayı önermektedir. Hız tümseklerinin verimliliği boyutlarına ve geometrik şekillerine bağlıdır (Saúl, 2019).

“Araç Dinamik Performans Modellemeye Dayalı Hız Tümsek Profillerinin Optimizasyonu” adlı makale, düz tepeli, parabolik ve sinüzoidal profiller dahil olmak üzere farklı hız tümsek türlerinin dinamik performansını tartışmaktadır. Bir hız tümseğinin uzunluğunun ve yüksekliğinin performansında önemli bir rol oynadığı sonucuna varılmıştır. Profil 8* 0.08, ağır taşıt yolları için en iyi hız tümseği iken, profil 4* 0.08 şehir içi caddeler için daha uygun olduğu öne sürülmüştür. Düz tepeli tümsekler, daha düşük maliyetleri ve benzer dinamik performansları nedeniyle sinüzoidal ve parabolik tümseklerden daha iyi bir seçenektir. Frenleme, özellikle yüksek hızlarda sinüzoidal tümseklerde araçların maksimum dikey ivmesini artırır ve bu da sürücü rahatsızlığını etkileyebilir. Çalışmanın sonuçları ve dinamik modeller, verimli hız tümsekleri geliştirmede, sürücü konforunu artırmada, araç hasarını azaltmada ve güvenliği artırmada yardımcı olabilmektedir (Molan ve Kordani, 2020).

“Dikey trafik sakinleştirme cihazlarının çevresel gürültü üzerindeki etkisi” Adlı çalışmada Hırvatistan’ın Zagreb kentinde yedi yol üzerinde farklı fiziksel engel türleri test edilmiştir. Sonuçlar, tüm araçlar geçerken yavaşladığından, yalnızca enine lastik hız tümseğinin gün içindeki gürültü seviyelerini azaltmada etkili olduğunu göstermiştir, ancak gece boyunca taksilerin hızlı geçişi nedeniyle gürültü seviyeleri artmıştır. Makale, bu fiziksel engellerin trafik güvenliğine yayılmasında bulunup bulunmadığını veya gürültüden uzaklaşmayı kötüleştirip arttırıp arttırmadığını da tartışmaktadır. Araştırma, trafik sakinleştirme cihazlarının konumlandırılması için daha fazla araştırma yapılması ve diğer yol kullanıcılarının ve toplumun itiraz ve önerilerinin dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır (Džambas vd. 2020).

“Hız tümseklerinin hızı sakinleştirici etkisi üzerine geniş çaplı bir çalışma” adlı çalışma, 50 km/s hız sınırı olan yollarda 570'den fazla hız tümseği değerlendirilmiştir. Danimarka’da yol ağındaki kentsel alanlarda araç hızını azaltmak için tümsekler yaygın olarak kullanılır. Fakat hız azaltıcı etkilerinden yeterince faydalanılmamaktadır. Ana sonuçlar, hızın yaklaşık 60 km/s’de 200 m’ye kadar hız tümsekleri arasındaki aralıkla arttığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, hız tümsekleri arasındaki aralığın, araç sürücüleri arasında hız seçimini etkileyen tek faktör

olmadığı bildirilmiştir. 0,1 m yüksekliğinde ve 9,5 m uzunluğundaki hız tümseklerinin yaygın olarak kullanıldığı Danimarka'da, hız sınırı 50 km/s olan yollarla ilgili bu geniş ölçekli çalışmada bunların hız kontrol etkisi değerlendirilmiştir (Agerholma vd. 2020).

“Dar ve Geniş Hız Kesici Tümseklerin Sürüş Hızını Sakinleştirme Açısından Karşılaştırmalı Performans Analizi” adlı çalışmada, kentsel alanlarda çok önemli hız yönetimi araçlarından biri olan hız kesici tümseklerin araç hızlarını azaltmadaki performansları değerlendirilmiştir. Değerlendirmede 5-10 cm yüksekliğinde iki adet dar tipli ve iki adet geniş tipli hız keçisi tümsekler incelenmiştir. Bu inceleme iki farklı taşıt hızı ölçümleri ile yapılmış, serbest akım ve doygun akım ölçümleri ayrı ayrı yapılmıştır. Değerlendirme sonucunda binek araçların hızlarını azaltma konusunda Şekil 2’de gösterilen 10 cm yüksekliğinde olan geniş tipli hız tümseklerinin en doğru seçim olacağı görülmüştür(Şekil 2)(Kırbaş, 2022).

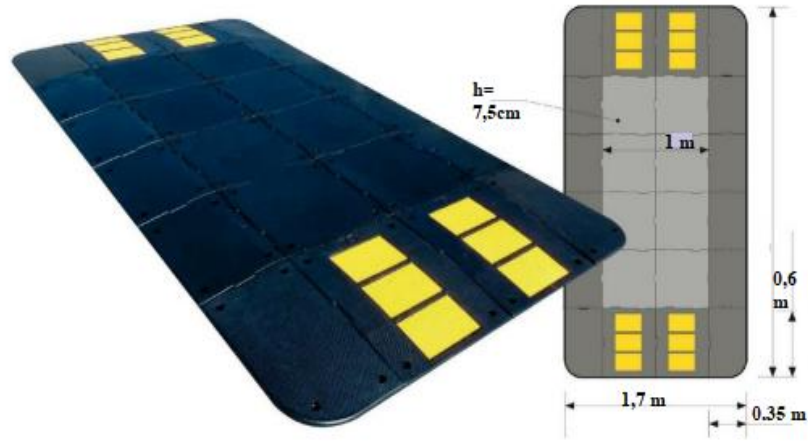


Şekil 1.6: Geniş tipli hız kesici tümsek **Kaynak:** Kırbaş (2022)

“Kasis Profilinin Pasif Süspansiyon Sistemli Çeyrek Araba Modeli Kullanılarak Sürüş Konforuna Etkisi” Sürüş konforu, sürücü sağlığı ve araç sürüşünün daha güvenli olması için önemli bir faktördür. Yol profiline bağlı olarak araç içi vücut ivmesini azaltmak sürüş konforunu artırabilir. Kasis uzunluğu TS 6283 standardına göre 3,6 m olarak alınmıştır. Tümsek boyunun vücut ivmelenmesine etkisi karşılaştırmak için diğer tümsek hızının boyu 2,4 m olarak belirlenmiştir. Yol profilinden araç geçiş hızı arttıkça yerleşme zamanının azaldığı fakat vücut yer değiştirmesinin arttığı gözlemlenmiştir. Hesaplanan ortalama ivme değerlerinden

$L=3.6$ m için 16 km/sa, $L=2.4$ m için 10.6 km/sa'ten daha düşük hızlarda konforlu olduğu belirtilmiştir. Kasis uzunluğunun azalmasıyla sürüş konforunun azaldığı belirlenmiştir (Cülcüloğlu ve Daş, 2022)

“ Kentsel Bağlamda Hız Minderi Etkinliğini Etkileyen Faktörlerin Analizi: İtalya, Bari Şehrinde Bir Vaka Çalışması Deneyi” adlı çalışmada, Berlin Hız Yastıklarının (Şekil 7) sürüş hızlarını azaltmadaki etkinliğini ve bunların kentsel alanlarda savunmasız yol kullanıcıları üzerindeki etkisi tartışılmıştır. Çalışma, İtalya'nın Bari şehrinde gerçekleştirilmiş ve günün saati, haftanın günü ve ortalama saatlik trafiği dikkate alarak farklı uzunluklardaki hız yastıklarının kurulumlarından önce ve sonra sürüş hızları üzerindeki etkisini analiz etmiştir. Çalışma, Berlin hız yastıklarından hemen önce ve sonra hızı ortalama %30 oranında azalttığını ve hız düşüşünün sabah saatlerinin akşam saatlerinden daha belirgin olduğunu bulmuştur. Yastığın uzunluğu da (2.2m, 2.70m ve 3.20m) hız düşüşünü etkilemekte, daha kısa yastıklar daha da etkili olmaktadır. Çalışma, hız yastıklarının mevzuatla düzenlenmesi ve yaya alanlarından 5-10 metre uzakta, 2.20m ile 2.70m arasında bir yastık uzunluğu ile yerleştirilmesi gerektiğini önermektedir (Berloco vd.2023)



Şekil 1.7: Berlin hız yastığı modeli **Kaynak :** Berloco (2023)

“Otobüs güzergahlarında kullanım için yol tümsekleri” yerel yetkilerin sokaklardaki araçların hızını ve hacmini kontrol altına alabilmek için uygulamada var olan trafiğin bir parçası olarak görülen genellikle hız tümsekleri veya yükseltilmiş kaldırımları kullanmayı önermektedir. Hız yapmak için müsait olan çoğu cadde ve sokaklarda servis otobüslerin geçtiği caddeler olur. Tasarlanmış çoğu

hız tümsekleri otobüs hızını, sürücü stresini ve yolcu konforunu etkiler. Otobüs şoförleri, sendikalar ve yerel yönetim hem 2000 mm hem de 2500 mm rampa uzunluklarına sahip yükseltilmiş tümseklerin, otobüs hızlarının 24 k/s hıza kadar indirmesini kabul edebilir. Ancak 2500 mm rampalı tümsekler trafiğin hafif yüksek geçiş hızları, ana arter olmayan yollar için aşırı bulunmuştur ve 2000 mm rampa ve 8 m uzunluğunda yükseltilmiş tümseğin makul bir denge olarak kabul edilebileceği sonucuna varılmıştır (WEB_1)

“Araç hızlarının kontrolü için yol körfezleri” adlı çalışmanın yedi farklı araç, çeşitli tümseklerin fark edilebilirliği ve rahatsızlığı hakkında tahminlerde bulunmak için kullanılmıştır. Kısa ve uzun tümsekler olmak üzere iki ana tümsek sınıfı incelenmiş ve uzun tümseklerin daha etkili olduğu bulunmuştur. Tümseklerin uzunluğu 2 inç ila 12 ft (0,05m - 3,66m) ve yüksekliği 0,5 inç ila 6 inç (13mm – 152mm) arasında değişmektedir. 6 inç (152 mm) uzunluğunda ve 0,75 ile 1,5 inç (19mm ve 38 mm) arasında yüksekliği olan bir tümsek, fark edilebilir bir titreşim üreterek sürücüleri uyarabilmektedir. Kısa tümseklerin yüksekliğinin artırılması, kontrolün kaybedilmesi veya karaya oturma nedeniyle aracın hasar görmesi gibi güvenlik sorunları ortaya çıkardı ve lastikler aracın süspansiyonu üzerindeki darbenin şiddetini artırdı. Bir tümseğin uzunluğunu artırmak, tehlikeyi azaltma eğilimindeydi ve 12 ft (3,66m) uzunluğunda ve 4 inç (0,10m) yüksekliğindeki bir tümsek, araç hızlarının kontrol edilmesi için umut vaat etmektedir (WEB_2)

2. MATERYAL VE METOT

Araçlar trafik yol boyunca tümsek hız kesicilerinin üzerinden geçtiğinde eğer hız, limitlerin altında ise bir rahatsızlık oluşmaması ya da hız limitlerin üstünde ise bir konforsuzluk oluşması durumunda araç içinde bulunan sürücü ve yolcuların rahatsızlık belirtileri yapılan çeşitli çalışmalar sonucunda kaynak arama bölümünde verilmiştir. Fakat yapılan çalışmalarda hem problemi ele alış yöntemi hem de problemin çözüm yöntemi açısından eksiklikler bulunmaktadır. Bu çalışmada önceden tasarlanmış, var olan hız kesicileri üzerine eksik yönler belirlenerek daha konforlu ve tedbirli yeni hız kesici tümsekleri modellemek amaçlanmış, hem alternatiflerine hem de özgün başka yaklaşımlarda kullanılan materyal ve metottan bahsedilmiştir (Kurşun, 2015).

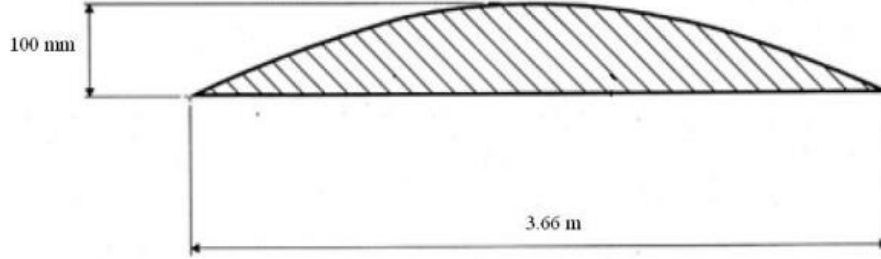
2.1. Hız kesici tümsek tipleri

Hız kesici tümsekler modellerine göre 3 gruba ayrılır.

2.1.1. Uzun Tümsekler

Uzun tümseklerle ilgili ilk olarak İngiltere de TRLL tarafından yürütülen çalışmalar neticesinde, G.R.Watts 1973 yılında hız kontrolünü sağlamak için yol boyunca daha uzun olan tümsekler kullanmanın uygun olacağı sonucuna varılmaktadır. G.R. Watts'ın araştırmaları sonucunda elde ettiği verilere göre, araçları 25 km/saat hız limitine getirecek ideal bir tümseğin 3.66 m boyunda ve 100 mm yüksekliğinde olması gerektiğini savunmaktadır. Daha sonra yıllar içerisinde deneme yanılma yoluyla hız tümsekleri ile ilgili olarak TSE tarafından hazırlanan TS6283 kodlu standardın en son 2000 yılında yenilenmesi ile son halini almıştır. Standartta göre tümseğin uzunluğu araçların dingil mesafesine bağlı olarak 3.6-3.8m,

tümseğin yüksekliği ise 7.5-10 cm olmalıdır. Şekil 2.1. ve Şekil 2.2(TS 6283, 1998) (Sözen, 2007)



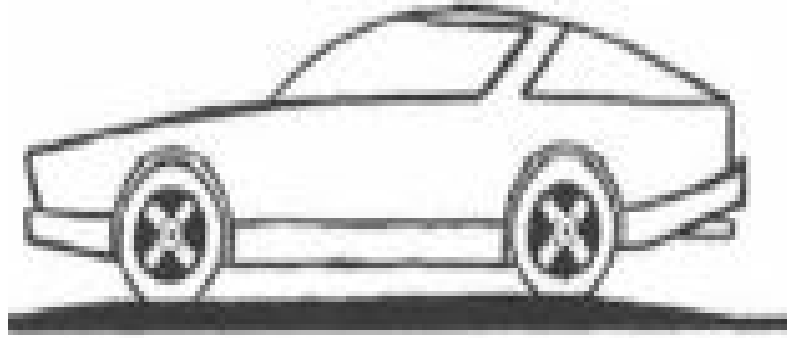
Şekil 2.1. Uzun tümsek modelleme profili **Kaynak:** Gürer (2006)



Şekil 2.2. Uzun tümsek modelleme örneği **Kaynak:** Sözen (2007)

2.1.2. Düz Tepeli Tümsekler

İniş ve çıkış rampaları arasında belirgin uzunlukta düzlük bulunan, uzunlukları ortalama 6-7 m, tepelerindeki düzlük uzunluğu 3 m seviyelerinde olup ve yine yüksekliği 100 mm olan tümsek tipidir (Şekil 2.3). Genel olarak tepelerindeki uzunca düzlük sayesinde bu hız kesici tümseklerden geçmekte olan otomobillerin iki tekerleğinin de aynı anda düzlük üzerinde durması sağlanır. Bu durumda uzun hız kesici tümseklerden olduğundan, görünen şekilde ön ve arka aksların farklı rampalarda ters düşey yönlerde hareket etmesi önlenmiş ve hız düşürmeyi sağlayacak rahatsızlık mekanizmalarından biri elenmiş ve konfor düzeyi yukarı çekilmiştir. (Arslan ve Hossainy, 2020)



Şekil 2.3. Düz tepeli tümsek modeli **Kaynak:** Arslan (2020)

2.1.3 Kısa Tümsekler

Kısa hız kesici tümsekler yükseklikleri 30–100 mm, uzunlukları ise trafiğin aktığı yöne doğru 300-900 mm aralığında bulunan tümseklerdir (Şekil 2.4). Kısa hız kesici tümsekler diğer tümsek modellerine göre uzunluğunun az olmasından kaynaklı sert darbeler yaratmaktadır. Birçok ülkede otopark ve özel mülkiyet yerleri dışında kullanılması yasaklanmıştır. Kısa tümsekler binek araçlarda bulunan yolculara ciddi rahatsızlıklar verdiği halde ülkemizde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Kısa tümsekler, üzerlerinden oldukça düşük hızlarda geçilse dahi araçta bulunanlarda belirgin rahatsızlık hissi yaratırlar. Bunun başlıca sebebi uzunluklarının otomobillerin aks mesafelerine oranla çok düşük kalmasıdır. (Gürer, 2006)



Şekil 2.4. Kısa tümsek modeli

2.2. Hız Tümseklerinin (Kasisler) Uygulama Detayları

Hız kesici tümsekleri, yol boyunca hareket halinde olan binek araçların hızlarını kontrol etmek amacıyla karayolu üzerinde modellenmiş, yükseltilmiş bir tasarıma sahip fiziksel önlemlerdir. Araç sahiplerinde öngörülen sürüş hızında az rahatsızlık vererek yolculuk etmelerine izin veren tümsekler, belirtilen hızdan daha yüksek hızlarda hareket edildiğinde rahatsızlığın artmasına neden olur.

Kasisler sıklıkla görebileceğimiz trafik sakinleştirme araçlarından biridir. Kasisler okul, konut alanları, çocuk bahçesi, hastane gibi düşük yol yapısı nedeniyle hız yapmanın mümkün olduğu fakat aynı zamanda yaya yoğunluğu da yüksek olan yol kesimlerinde sıklıkla tercih edilebilir.

Hız kesici tümsekleri, gösterildiği gibi kalıcı veya çıkarılabilir olabilir. Kalıcı hız kesiciler tipik olarak asfalt, dokulu veya renkli asfalt ile dökülmüş veya damgalı betonla yapılırken, geçici hız kesiciler geri dönüştürülmüş kauçuk ve plastik malzemelerden yapılabilir (WEB_3)

Kasisler TSE'ye (1988) göre şu özellikleri taşımalıdır:

- Taşıt yoluna dikey (enine) bir pozisyonda olmalı ve yoldaki kaplama malzemesiyle aynı malzemeden yapılmalıdır. Asfalt üzerinde kullanılacaksa mastik asfalt tercih edilmelidir.
- Kasis uygulaması yapılan çift yönlü yolların bitiş ve başlangıç noktalarında tek yönlü yolun başındaki kasis uygulamasından en az 50 metre önce kasisin varlığı ve uygulamanın uzunluğuyla ilgili gerekli bilgilendirici levhalar ve trafik işaretleri koyulmalıdır.
- Yolun en fazla 800 metrelik kısmında, 50 ile 150 metre arayla birden çok sayıda uygulanabilmektedir
- Birinci derece yollarda şehir dışı yollarda uygulanamamaktadır.
- Hız kesici tümsek, aracın hızını ayarlamasına olanak tanımak için yol girişinden itibaren en az 20 metrede olmalıdır.
- Kasisin yüksekliği 7,4 ile 10 santimetre, uzunluğu ise 3,5 ile 3,9 metre arasında değişebilmektedir.

- Sürücülerin kolaylıkla fark edebilmesi için beyaz renge boyanmalıdır.

Kasislerin, olumlu etkilerinin yanında acil servis araçları (Ambulans, itfaiye ve polis) üzerindeki olumsuz etkileri de bulunabilmektedir: örneğin itfaiye gibi araçların müdahale süresini azaltmak veya ambulansla taşınan hastaların, sağlık çalışanlarının konforunu etkilemek gibi olumsuz sonuçlar meydana getirebilmektedir. Bu nedenle acil durum araçları tarafından yoğun olarak seyahat edilen rotalar için önerilmemektedir. Uygulamaların üzerinden geçen araçların hızlanması sonucu ani fren yapması veya tamirat gerektiren araçların yavaşlamasının kaynaklı çıkan bazı seslerden gürültü kirliliği yaratabilir (Bilgin, 2018; Gürer, 2006)

2.3. 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.

2.3.1. Hız tümseklerinin 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 (Hossamy, 2019).

2.3.2. Hız tümseklerinin dezavantajları;

- Araçlar tümseklere yaklaştığı zaman sürücülerin rahatsız edici sarsıntılara ve titreşimlere maruz kalmamak için ani olarak fren yapmaları gerekir ve bundan dolayı arkadaki aracın ani duran araca çarpma ihtimali vardır.

- Yanlış tasarlanmış veya yükseltilmiş tümsekler araçlarda maddi hasara yol açabilir.

- Araçların tümsekten geçişleri sırasında oluşan titreşimlerden dolayı araçlar hasar görebilir.

- Hız tümsekleri ambulans, itfaiye ve polis araçlarında gecikmelere neden olur. Yapılan bir araştırmada bu gecikmenin itfaiye için 3 ile 5 saniye ve ambulans için yaklaşık 10 saniye olduğunu göstermiştir.

- Aracın hızını azalttığı zaman tekrar hızlanması yakıt tüketimini artırmakta; ayrıca hava ve gürültü kirliliğine de neden olmaktadır.

- Hız tümsekleri spor hizmet 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 (Hossainy, 2019)

2.4. Sınıflandırma Yöntemi ve Kullanılacak Şablon

Yapılan literatür taraması sonucunda aşağıdaki başlıklar altında sınıflandırma yapılacaktır. Toplamda 10 tane sınıflandırma yapılacaktır.

- Malzeme
- Tasarım ve geometri
- Titreşim
- Gürültü
- Ekonomiklik
- Güvenlik
- Konfor
- Sürdürülebilirlik
- Araç açısında etkisi
- Farklı modelleme

Yapılan bu araştırmalar neticesinde yukarıda verilen sınıflandırma başlıkları ortaya çıkmaktadır. Bu başlıklar bize tümsekler arasında bir kıyaslama yaparak en ideal ve uygun tümseğin belirlenmesinde yardımcı olacaklardır. Sınıflandırma altında toplanan bu çalışma başlıkları öncelikle kendi içinde sonra da genel olarak birbiriyle kıyaslanacaktır.

Bu sınıflandırma ve kıyas için aşağıdaki tablo şablon olarak kullanılacaktır.

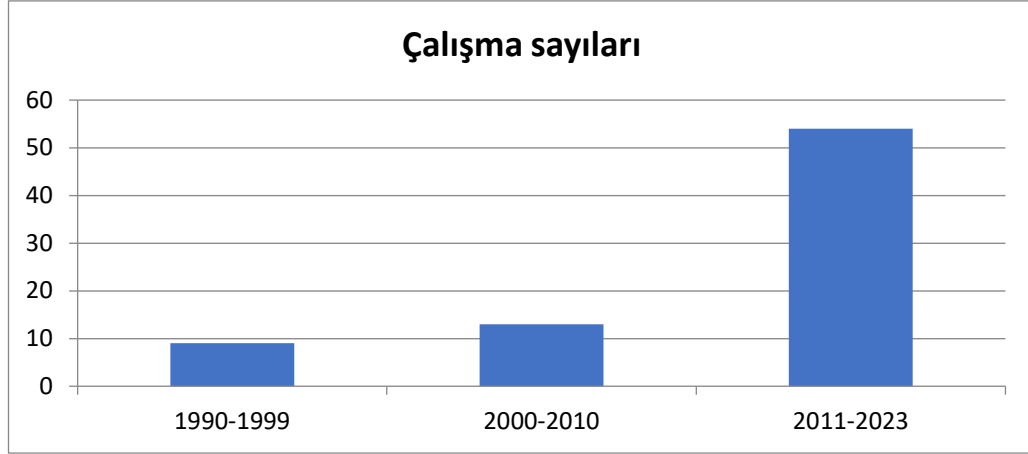
Tablo 2.1. Sınıflandırma ve kıyaslama için kullanılacak şablon

Sınıflandırma	Yapılan çalışmalar	Karşılaştırma	Tartışma/Yorum
...	..	..	
...	..	..	
...	..	...	

3. İRDELEME VE TARTIŞMA

Hız kesici tümsekler, trafiği sakinleştirme ve trafikte oluşan yoğunluğu dengelemek, araçlardaki hızları en aza indirerek trafikte kaza oluşumunu engellemek ve yayaların geçişlerini güvenli bir şekilde sağlamak için etkili bir çözüm aracıdır. Bu çözümleri sayesinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Hız kesici tümsekler diğer trafik sakinleştirme ve hız kesme araçlarından farklı olarak direkt binek araca temas ederek müdahale etmektedir.

Bu çalışma kapsamında taranan makalelerin yıllara göre sistematik sınıflandırması yapılmış, 1990-2023 yılları arasında yapılmış çalışmaların sayısı ve atıf oranları sırasıyla Şekil 3.1. ve Şekil 3.2. de verilmiştir. Şekillerden görüldüğü üzere yıllara göre çalışma sayılarında ve atıflarda artışların olduğu görülmektedir. İlgili şekillerde verilen detaylar üzerinden değerlendirdiğimizde yıllar ilerledikçe artan insan nüfusu ve araç sayısına istinaden oluşan insan ve araç trafiğinin bazı noktalarında hız kontrolü noktasında tümseklerinin önemi ortaya çıkmaktadır. Özellikle ülkemizde 1992-2004 yılları arasında araç sayısının günümüze göre azlığından dolayı hız tümseklerinin çok bir aktivitesi görülmemiştir. Fakat 2004-2021 yılları arasında hızla artan insan nüfusu ve artan araç sayısının trafikte oluşturduğu yoğunluğu ve dengesizliği azaltmak için mevcut var olan hız tümseklerinin önemi ortaya çıkıp daha da geliştirilmeye çalışılmıştır. Geldiğimiz nokta itibarıyla çalışma sayılarında artış açıkça görülmesine rağmen, yapılan çalışmaların hala yetersiz olduğu söylenebilir.



Şekil 3.1. Yıllar içinde yapılan çalışma sayıları



Şekil 3.2. Yapılan çalışmalardan alınan alıntı sayıları

Yukarıda yıllara göre yapılan çalışmalar ve atıf sayılarındaki değişim verilmiştir. Tablo 3.1’de ise tez kapsamında taranan çalışmaların yıllara göre getirdikleri yenilikler ve bilime katkıları verilmiştir. Yapılan irdelemeler sonucunda; 1990-1999 da yapılan çalışmaların daha çok hız tümseklerinin araçlar üzerinde bir caydırıcı özelliği olup olmadığı araştırılmıştır. Hız tümseklerinin bu dönemlerde ağır vasıtalı araçlar üzerinde hız düşürdüğü görülmüştür ve geliştirilmeye yoğunlaştığı tespit edilmiştir. 2000-2010 da yapılan çalışmalar ise, araçların hız tümsekleri üzerinden geçerken oluşturdıkları titreşim yaratmış oldukları gürültüler ve insanların güvenliğini sağlamak için çalışmalar yapılmıştır. Son olarak 2011-2023 yılları arasında yapılan çalışmalarda ise inovasyon, malzeme, tasarım, uygulama, konfor,

güvenlik vb. gibi noktaların daha çok araştırıldığı anlaşılmıştır. Genel olarak bakıldığında 2011-2023 yılları arasında yapılan çalışmaların daha nitelikli olduğu söylenebilir. Uluslararası ve Türkçe kaynakların araştırılması sonucunda hız tümseklerinin yıllar içerisinde daha da büyük bir öneme sahip olduğu ortaya çıkmaktadır. Artan araç sayısı ve trafikte oluşan dengesizliği ortadan kaldırmak için hız tümsekleri üzerinde hala çalışmalar devam edilmektedir. İlk yıllarda bölge halkı tarafından kabul görünmeyen hız kesiciler yıllar içerisinde daha da geliştirilerek trafik sakinleştirmede, kaza oranını azaltmada ve yayalar için güvenli bir ortam oluşturmada birinci sırada yerini almaktadır.



Tablo 3.1: Yapılan çalışmaların yıllara göre sistematik sınıflandırılması ve getirdikleri yenilikler

Yıllar	Yapılan Çalışmalar	Katkı-Yenilikler
1990-1999	Zaidel, 1992; Fwa and Liaw, 1992; Kılık ve Faghri, 1993; Joseph, 1993; Maemori, 1995; Parkhill, 1997; Smith ve Giese. 1997; Pedersen, 1998; Philip and Eng, 1998	- Hız tümsekleri bölge halkı tarafından kabul edilmediği ve kurulumuna engel olduğu görülmektedir. - Geometrik tasarımlarına ilişkin bir standardın olmaması ve tasarımların genellikle mühendislik yargılarına veya kara yolları iradesinin geçmişine dayandığı görülmektedir. - Hız tümseklerinin genellikle büyük araçların hızlarını düşürmede etkili olduğu saptanmıştır. - Hız düşürmede tatmin edici bir platformun olmadığı görülmektedir. Buda hız kesici platformların tasarımında büyük gelişmeler kaydedilebileceğini göstermiştir.
2000-2010	Bendtsen vd. 2000; Pau ve Angius, 2000; Salau, 2004; Tester vd. 2004; Johnson ve Nedzesky, 2004; Bjarnason, 2004; Khorshid ve Alfares, 2004; Khorshida vd. 2007; Sözen, 2007; Smith ve Giese, 2007; Ardeh vd. 2008; Başlamışlı ve Ünlüsoy, 2009	- Hız tümseklerinin araçların yaratmış olduğu gürültüleri minimize ettiği görülmektedir. - Hız tümseklerinin mahalle aralarında kurulması yaya ve çocukların yaşam ortamını güvenli hale getirdiği kanıtlanmıştır. - Optimizasyon tekniğinde sinüzoidal-dairesel, düz tepeli ve polinomial hız kesici platform dikkate alınmış ve değerlendirilmiştir. Profilinin esnekliğinden dolayı tasarım bakımından en uygun olanın polinomial profil olduğu görülmektedir. - Hız tümseklerinin oluşturduğu titreşimin tümsek geometrisinden çok tümsek yüksekliğinden etkilendiği görülmektedir. Buda mevcut var olan hız tümsekleri üzerine bir tasarım çalışması yapılmış ve sonucunda en az titreşim sağlayan polinom hız tümseği olduğu görülmektedir. - Büyük tipli hız kesicilerin küçük tipli hız kesicilerden daha büyük caydırıcı özelliğe sahip olduğu vurgulanmaktadır. - Hız tümseklerin geometrik tasarımları zamanla gelişmektedir. Bu zaman aralığında gürültü ve yaratmış oldukları titreşim üzerinde çalışılmıştır. Trafik yoğunluğunda oluşan gürültünün azaldığı ve titreşimin daha az olması için yeni tasarımlar oluşmasında katkı sağlanmıştır.

2011-2023	Sekulić vd. 2011; Soo vd. 2011; Sahoo vd. 2012; Daniel, 2012; Georgiev ve Kunchev, 2012; Madjadoumbaye vd. 2012; Zainuddin vd. 2012; Yaacob ve Hamsa, 2013; Antic vd. 2013; Chattaraj, 2014; Rajput vd. 2020; Demircan, 2014; Satiennam vd. 2014; Pozuelo vd. 2014; Demircan vd. 2015; Rothman vd.2015; Bachok vd. 2015; QianXu vd. 2015; Werner, 2015; Ullah vd. 2016; Parsuvanathan, 2016; Bachoka vd. 2016; Ilgaz ve Saltan, 2017; Jasiūnienė vd. 2017; Rahman vd. 2017; Vasudevan vd. 2017; Shwaly vd. 2018; Gedik vd. 2018; Mashrosa vd. 2020; Ambak vd. 2018; Jägerbrand vd. 2018; Lava vd. 2019; Khorshid vd. 2019; Bilgina vd. 2019; Raj vd. 2019; Al-Obaedi, 2019; Saúl, 2019; Kiran vd. 2019; Güzel vd. 2019; Molan and Kordani, 2020; Džambas vd. 2020; Arslan ve Hossainy, 2020; Kırbas, Cülcüloğlu ve Daş, 2022; Agerholma vd. 2020; 2022; Berloco vd.2023	• Yapılan çalışmada tümseklerin genişliği ve yüksekliği arttıkça insan algısının genişlediğinin anacak aşırı derecede yükseklikten kaçınılması gerektiğini göstermiştir ek olarak tümsekler tasarlanırken ve monte edilirken genişlik ve yükseklik arasındaki oran dikkate alınmalıdır. • Hız tümseklerinin araç hızını azaltmamada etkili olduğu kanıtlanmıştır. Bununla birlikte yol tümseklerinin tasarım özellikleri araçların hızını azaltmada önemli bir faktör olduğu görülmektedir. • Günümüzde aşırı hızı kontrol etmek için geleneksel hız tümsekleri tam bir çözüm değildir. Ancak bu yeni teknoloji çağında akıllı hız kesici, trafik kontrolünü sağlama ve aşırı hızlanma için en iyi ve güvenli çözümü olabilir. Düşük maliyetle yol güvenliği için dünyanın daha akıllı ve yenilikçi hız kesicilere ihtiyaç duyduğu sonucuna varılmıştır • Hız tümseklerinin araçların hızı düşürmenin dışında ekonomik anlamda katkı sağlayacağı tasarımlar üretilmektedir. Bunlardan bir tanesi hız tümseklerinden elektrik enerjisi üretmek üretilen elektrik enerjisini trafik ışıklarında, yol aydınlatma direklerinde ve hız tümseğini belirlemek için etrafa döşenen LED ışıklarını aydınlatmada kullanılmıştır. • Araçları tümseklerinin yaratmış olduğu darbelere karşı korumak için Avrupa ülkelerinde caydırıcı özelliği olan 3D modelleme tümsekleri tasarlanmıştır. • Mevcut var olan tümseklerden ekonomikliği, hız limitini düşürme ve rahatsızlık derecesini minimize etmek için yapılan kıyaslamalar ve araştırmalar sonucunda İtalya’da Berlin hız yastığı tasarlanmıştır. İlk bulgular olumlu sonuçlar vermektedir. Berlin hız yastıkları üzerinde çalışmalar devam edilmektedir.
-----------	--	--

Materyal ve metot kısmında açıkladığımız tümsek çeşitlerini bu bölümde kendi aralarında, sınıflandırma başlıkları altında (malzeme yapısı, tasarım, titreşim, güvenlik, ekonomiklik, konfor, sürdürülebilirlik ve araçlara etkisi) kıyaslayarak sürücü ve yolcular açısından en güvenli ve en konforlu tümsek tipini Tablo 3.2’de irdelerek, yapımı ve kurulumu bakımından en ekonomik, ideal ve uygun tümsek tipine ulaşmaya çalışmaktadır.

Yayınlanan ulusal ve yerel çalışmaların incelenmesi sonucunda hız tümseklerinin tasarımı, kullanılan malzemenin yapısı ve kurulum/uygulama aşamaları hakkında çalışma eksikliğinin olduğu fark edilmiştir. Tablo 3.2’de sınıflandırma başlıkları altında kendi aralarında yapacağımız kıyaslama sonucunda eksik yönler ve çalışmalarda eksik olan konu başlıklarını bulmamıza yardımcı olacaktır.

Tablo 3.2’de yapılan çalışmaların kıyaslanması sonucunda hız kesici tümseklerin araçlar üzerinde büyük bir caydırıcı özelliği olduğu görülmektedir. Tümsekler hakkında kapsamlı bir çalışma olmadığı hem uluslararası kaynakların hem de Türkçe kaynakların yetersiz olduğu görülmektedir. Yayınlanan çalışmaların araştırılmasıyla kendi aralarında yapılan kıyaslama sonucunda oluşturulan Tablo 3.2 ve literatür çalışmalarının irdelenmesiyle malzeme konusunda geniş çaplı bir araştırma yapılmadığı fark edilmektedir. Literatür çalışmalarına bakıldığında hız tümseklerinin yaklaşık maliyetleri hakkında detaylı bir şekilde bilgi verilmemektedir. Kurum ve kuruluşlar için ekonomik anlamda en ideal hız tümseğinin hangi malzemeden ve hangi model olması gerektiği hakkında eksiklikler görülmektedir.

Tablo 3.2: Yapılan çalışmaların sınıflandırılması ve karşılaştırılması

Sınıflandırma	Yapılan Çalışmalar	Sonuçlar	Yorum/Tartışma
Malzeme	WEB_3	Tümsekler genelde kauçuk veya asfalttan yapılır. Plastik, beton ve metal yapıları da mevcuttur. Kauçuk ve plastik tümsekler sert ve uzun ömürlüdür fakat sıkıştırılmaları asfalt ve betona göre çoktur. Yere yakın olmasından kaynaklı araçlara zarar verme olasılığı düşüktür. Asfalt (mıcır ve zift) ve beton (kum, mıcır ve çimento) tümsek kurulumunda hassasiyet ve uzmanlık gerektirir yanlış imalatında araçlara büyük zarar verme potansiyeline sahiptir. Kauçuk tipli tümseklere göre sıkıştırılmaları daha azdır.	Kauçuk tipli hız tümsekleri asfalt tipli tümseklere göre kurulumu çok daha kolay ve basittir. Kauçuk tipli tümsekler yollara mantolama işlemi yapılarak kurulduğu için kış iklimlerinde yolları temizleme zamanlarında kar temizleme araçları tarafından çabuk sökülüp atılabilmektedir. Asfalt ve beton tümsekleri yağışlı zamanlarda aşınıp çatlamalarına rağmen kauçuk tipli tümseklerden daha karalı ve hız azaltmada daha etkili olduğunu göstermektedir.
Tasarım Geometri	Fwa and LiaW, 1992 Başlamışlı ve Ünlüsoy, 2009 Pedersen, 1998 Shwaly vd. 2018 Lava vd. 2019 Molan and Kordani, 2020 Philipand Eng, 1998 Maemori, 1995 Smith ve Giese, 1997 Joseph, 1993 Bjarnason, 2004 Khorshid ve Alfares, 2004 Ardeh vd. 2008 Zainuddin vd. 2012 Pedersen, 1998	Tasarlanacak hız tümseğinin ilk hedefi araçları hangi hız seviyesine düşürmek olduğudur. Tasarımda iki önemli unsur vardır hız limiti ve araçtaki düşey ivmedir. Tasarım parametrelerine baktığımızda uzunluk, genişlik ve yükseklik tümsek profilini oluşturmaktadır. Bu tasarım parametrelerini deneyerek uygun modelleme tümseğini oluşturmaktadır. Burada en önemli parametre uzunluk olarak görünmektedir çünkü çok kısa olan tümseklerde taşıtta oluşan düşey ivmenin artan hızla olan bağımlılığı azaltmakta, dolayısıyla istenilen karakteri sergileyememektedir. Tümseğin boyunun çok uzun olması durumunda ise ön ve arka aksın aynı anda farklı yönlerde hareketi engellenecek ve hissedilen rahatsızlık miktarı azalacaktır.	Tasarlanmış birçok hız tümsekleri araç hızını azaltırken geometrik şekilleri uygunsuz tasarlanmış tümsekler araçlara zarar vermekte ve kaza oluşumuna neden olmaktadır. Bu nedenle sürücülerin hız tümseklerini fark edebilmeleri için standartlara uygun bir şekilde tasarlayarak görünürlüğünü arttırmak için farklı bir renkle boyanmalıdır. Hız tümseklerini fark etmelerini sağlamak, araç hızını indirmek ve oluşabilecek kazaları azaltmak için üstü düz tepeli tümsek çeşidinin daha verimli olduğunu göstermektedir.

Tablo 3.2: Yapılan çalışmaların sınıflandırılması ve karşılaştırılması (devamı)

Sınıflandırma	Yapılan Çalışmalar	Sonuçlar	Yorum/Tartışma
Titreşim	Kırbaş, 2022; Yanıkören vd. 2020; Yurtbaş vd. 2021; Khorshida vd. 2007 Sekulić vd. 2011; Jasiūnienė vd. 2017 Gürer, 2006	Tümsekler araç hızlarını azaltırken geçiş esnasında araçlarda titreşime maruz kalmaktadır. Titreşime maruz kalmak sağlık ve konfor problemlerine yol açabilir. Sağlık problemleri genellikle kas-iskelet sistemine bağlı sırt ve boyun ağrıları şeklinde kendini gösterir. Titreşimin şiddeti tümsek yüksekliğiyle orantılıdır. Yapılan bir deneysel çalışmada üçü hazır tip kauçuk tümsek, beşi hız platformu ve ikisi yükseltilmiş yaya geçidi tipinde olmak üzere toplam 10 adet hız kesicinin tasarım standartlarına uygunluğu araştırılmıştır. Bu tümseklerden (eni 0,6 m ve yüksekliği 5 cm) kauçuk tipli hız tümseği olumlu sonuç vermiştir.	Araçların geçişleri esnasında bütün tümseklerde belli bir titreşime neden olmaktadır. Kısa tümseklerde fark edilebilirliği diğer tümseklere göre daha az ve araç tekerleğinin tam oturmaması nedeniyle araç üzerinde fazla bir titreşime neden olmaktadır. Bu nedenle uzun ve geniş tümsekler hem fark edilebilirliği hem de aracın dört lastiğinin de üzerine oturmasıyla araç üzerinde daha az bir titreşime neden olup daha çok tercih edilmesini sağlamaktadır.
Gürültü	Wewalwala vd. 2011; Bendtsen vd. 2000; Sofi vd. 2017 Džambas vd. 2020 Joseph, 1993	Bütün tümsek geçişleri sırasında, araçlarda hız azalımı olduğu gibi tümseklere belirli bir mesafe kaldığında araçların yavaşlaması ya da ani fren yapmasıyla ve tümsek geçişinden sonra yaptığı hızlanmayla çevre gürültüsüne neden olmaktadır. Araçların yavaşlaması ya da hızlanmanın dışında araç ve tümseğin bir birine yaptığı fiziksel temastan kaynaklı gürültüler de meydana gelebilmektedir.	Araçların ani fren yapmalarını engellemek için tümseklerin fark edilebilirliğini arttırmak gerekir. Tümsek geçişinden sonra araçların birden hızlanmalarıyla hem yakıt tüketimini hem de çevre gürültüsünü azaltmak için uyarıcı levhalarla ve görsel efektlerle caydırıcı önlemler almak gerekir.
Ekonomiklik	Demircan, 2014; Demircan vd.2015; Güzel vd. 2019; Jägerbrand vd. 2018 Brown, 2011 WEB_3	Asfalt ve kauçuk tipli tümsekleri kıyasladığımızda asfalt tipli tümsek çeşitlerinin kurulumu kauçuk tipli tümseklere göre maliyeti daha yüksektir. Bu tümseklerden geçiş esnasında yavaşlayıp hızlanma durumunda yakıt tüketimine neden olmaktadır. Yapılan çalışmalarda tümseklerden geçen araçların ağırlıklarından yaralanarak elektrik enerjisi üretilip sokak lambalarında, trafik ışıklarında ve tümsekleri belirlemek için etrafına döşenen LED ışıklarını aydınlatmak için kullanılır.	Kauçuk tipli tümseklerin maliyeti düşük olsa bile çabuk deformasyona uğrayıp hemen sökülüp atılmasına rağmen ülkemizde en çok tercih edilen tümsek çeşididir. Fakat elektrik üretiminde asfalt tipli tümsekleri kullanma imkanımız olmadığı için kısa tipli kauçuk tümseklerden faydalanmaktadır. Kısa tipli tümsekler uzun ve geniş tipli tümseklere göre daha az yakıt tüketimine fayda sağlamaktadır.

Tablo 3.2: Yapılan çalışmaların sınıflandırılması ve karşılaştırılması (devamı)

Sınıflandırma	Yapılan Çalışmalar	Sonuçlar	Yorum/Tartışma
Güvenlik	Mashrosa vd. 2020; Gedik vd. 2018 Ilgaz vd. 2017 Cülcüoğlu ve Daş, 2022 Arslan ve Hossainy, 2020; Jasūnienė vd. 2017 Tester vd. 2004 Bachok vd. 2015 Yaacob ve Hamsa, 2013 Kılık ve Faghri, 1993 Antic vd. 2013 Vasudevan vd. 2017 Satiennam vd. 2014 QianXu vd. 2019 Khorshid vd. 2019 Werner, 2015 Madjadoumbaye vd. 2012 Raj vd. 2019 Johnson ve Nedzesky, 2004 Ambak vd. 2018	Bütün tümsek çeşitlerinin araç hızlarını düşürerek yollarda, mahalle aralarında ve en çokta okul bölgelerinde bir güvenlik ağını oluşturduğunu göstermiştir. Uzun ve geniş tipli hız tümseklerinin fark edilebilirliği daha yüksek olduğu için araç hızını düşürmede kısa tümseklere göre daha etkili olduğunu ispatlamıştır.	Sürücünün psikolojisine bağlı olarak aşırı hızlanarak tümsek geçişlerinden araç hız kontrolünü ele almakta kısa tümseklerin daha etkili olduğu görülmüştür. Fakat çocukların ve yayaların olduğu bölgelerde üstü düz tepeli ve üstü yuvarlak tümseklerin trafik güvenliğini sağlama düzeyi daha yüksektir.
Konfor	Başlamışlı ve Ünlüsoy, 2009 Cülcüoğlu ve Daş, 2022 Arslan ve Hossainy, 2020; Jasūnienė vd. 2017 Daniel, 2012 Khorshid vd. 2019 Bjarnason, 2004 Joseph, 1993 Khorshid ve Alfares, 2004	Aracalar tümsekler üzerinden geçerken belli bir konforsuzluk ve rahatsızlık yaşayabilmektedirler. Araç süspansiyon tasarımcıları araçların istedikleri hızda konforlu bir şekilde sürüş yapmalarını isterken tümsek tasarımcıları da hız limitini aşan araçların geçiş esnasında araçların konfor seviyesini düşürmek isterler. Konfor düzeyi tümseğin uzunluk ve yükseklik parametrelerine bağlıdır. Tümsek yüksekliği arttıkça araç için konforsuzluk düzeyi artacaktır fakat uzunluk artıkça konfor düzeyi artmaktadır.	Araçların tümseklerden geçişinde hem hız limitini indirmek hem de konforlu bir şekilde rahatsızlık yaşamadan geçmesini sağlamaktır. Konfor düzeyini sağlayan yükseklik ve uzunluk parametreleri önem taşımaktadır. Kaza oluşumundan sonra hastaları taşıyan ambulansın içinde bulunan personellerin ve hastanın konforlu bir şekilde ilerlemesini sağlamak gerekir, tümsek çeşitlerine baktığımızda çıkış ve iniş rampaları, üstünün düz olmasıyla araçlara en iyi konforu sunan üstü düz tepeli hız tümsekleridir.

Tablo 3.2: Yapılan çalışmaların sınıflandırılması ve karşılaştırılması (devamı)

Sınıflandırma	Yapılan Çalışmalar	Sonuçlar	Yorum/Tartışma
Sürdürülebilirlik	WEB_3, Mashrosa vd.2020 Ilgaz ve Saltan, 2017 Cülcüloğlu ve Daş, 2022 Tester vd. 2004 Bachok vd. 2015 Yaacob ve Hamsa, 2013 Satiennam vd.2014 QianXu vd. 2015 Werner, 2019	Hız tümsekleri trafik sakinleştirme araçları arasında en çok kullanılan kurulumu ve maliyeti açısından en uygun olan hız düşürme araçlarından biridir. Trafik yoğunluğunu, araç hız limitini ve oluşabilecek trafik kazaları azalttığı görülmüştür. Uzun vadede asfalt tipli tümseklerin kullanılması gerekirken kurulumu ve uygun maliyeti açısından kauçuk tipli tümsek çeşitleri ülkemizde daha çok tercih edilmektedir.	Kurulumu ve maliyeti açısından kauçuk ve plastik tipli tümsekler her ne kadar yaygın olarak kullanılsa da asfalt ve beton tipli tümsekler gibi uzun süreli kullanılmazlar. Kauçuk tümsekler yere monte edildiğinden temizleme araçları ya da bölge sakinleri tarafından sökülüp atılabilmektedir. Bunun için sürdürülebilirlik açısından asfalt ve beton tipli tümseklerin kullanılması daha uygun olur.
Araç açısından etkisi	Ullahvd. 2016 Rothman vd.2015 Bachok vd. 2015 Rahman vd. 2017 Bachoka vd. 2016 Pau ve Angius, 2000 Bilgina vd. 2019 Georgiev ve Kunchev, 2012 Soo vd. 2011 QianXu vd. 2015 Khorshid vd. 2019 Khorshid ve Alfares, 2004 Pozuelo vd. 2014	Araçların ve yayaların yoğun olduğu bölgelerde oluşabilecek kazaları gözlemlemek için kurulan tümseklerin trafik yoğunluğunu, araç hızlarını ve trafik kazalarını azalttığı gözlemlenmiştir. Bunun yanında tasarım standartları dışında üretilen tümseklerin araç yapısına ve süspansiyon sistemine zarar verdiği görülmüştür. Tümsek yapısını değiştiren en önemli parametre yüksekliktir. Fazla yükseltelen tümsekler araç hızını düşüremeden aracın kaza yapmasına ya da maddi zarar oluşmasına neden olabilmektedir.	Araçların tümseklere hızlı girişleri sebebiyle araç tekerlek bilyelerinde, amortisörlerinde veya aks dingil sistemine zarar verebilmektedir. Kısa tümseklerin yükseklikleri standart dışında yükseltilmeleri araçların geçiş esnasında otomobil altına sürmesiyle maddi zarara yol açabilmektedir. Bununla birlikte itfaiye ve ambulans araçları gibi acil yetişmesi gereken vakalara tümseklerden dolayı hız kaybına neden olmaktadır.

Tablo 3.2: Yapılan çalışmaların sınıflandırılması ve karşılaştırılması (devamı)

Sınıflandırma	Yapılan Çalışmalar	Sonuçlar	Yorum/Tartışma
Farklı Modelleme	Ambak vd. 2018	Genel hız tümseklerin araçlara olan temaslardan kaynaklı oluşan rahatsızlık, konforsuzluk ve kazalardan kaynaklı yerleşim alanlarına 3D görselli hız tümsekleri çizilerek sürücülerde hız aşımını engellemiştir.	3D Modelleme tekniği sürücülerde hız düşürmede etkili olsa da bir zaman sonra sürücülerin buna alışmasıyla ya da yapılan görselin boyasının aşınmasıyla görmezden gelebilirler. Bunun için 3D Modelleme yöntemini sıklıkla görsel efektini ve kullanılan boya rengini değiştirerek sürücülerde bu caydırıcı özelliğini devam ettirebiliriz.
Berlin Hız Yastığı	Berloco vd. 2023	Kauçuk malzemesinden yapılmış görünümü üstü düz tepeli hız tümseklerine benzeyen yeni tasarlanmış bir tümsek tipidir. Günün farklı saatlerinde gözlemlenen Berlin hız yastığı sabah saatlerinde daha verimli olduğu görülmüştür. Kurulumundan önce ve sonrasında ciddi hız düşüşü farkı olduğu görülmektedir. Berlin hız yastığında uzunluk etkisinin de olduğu fark edilmiştir. Kısa olanların daha etkili olduğu görülmektedir.	Berlin hız yastıklarının hız düşürmesinin yanın da en büyük özelliği acil durum araçlarını etkilemediği için umut verici olmasıdır. Fakat sürdürülebilirliği açısından her hangi bir yorum yapılmamaktadır. Asfalt ve beton tümsekler kadar dayanıklılığı ve sıkışma miktarının ne kadar olacağı hakkında bilgi verilmemektedir.

Tablo 4.2’ de bu çalışma kapsamında irdelenen tümsek tiplerinin sayısal karşılaştırması verilmiştir. Yapılan literatür çalışmaları sonucunda araç hızlarını azaltmak için uzun ve geniş hız tümseklerin daha verimli olduğu görülmektedir. Avrupa ülkelerinde en çok kullanılan hız tipi tümsek gruplarıdır. Uzun ve geniş hız tümsekleri genel olarak asfalt malzemesinden yapılmakta buda maliyeti açısından yüksek olmasına neden olmaktadır. Ekonomik anlamda kauçuk tipli hız tümsekleri uygun olduğundan ülkemizde en çok kullanılan tümsek çeşidi olmaktadır diğer ülkelerde otopark ve özel mülkiyet dışında kullanılması yasaklanmış durumdadır. Mevcut var olan hız tümseklerinin hem maliyet, tasarım ve en önemlisi de sürdürülebilirlik açısından kendi aralarında kıyaslama yaptığımızda asfalttan yapılmış üstü düz tepeli tümsek tipi yaya ve sürücüler açısından; güvenlik, konfor, sürdürülebilirlik ve araçlara olan etkisi bakımından en ideal hız tümseği olduğu görülmektedir.

Tablo 4.2 Tümsek tiplerinin sayısal karşılaştırılması

Hız Tümseği Tipi	Kısa Hız Tümseği	Uzun Hız Tümseği	Üstü Düz Tepeli	Berlin Hız Yastığı
Hız Yavaşlatma Etkisi	Kötü	İyi	İyi	İyi
Maliyet	2.500-3.000 TL	7.500-10.000 TL	14.500-16.000 TL	5.500-6.000 TL
Malzeme Tipi	Kauçuk-plastik	Asfalt-beton-metal	Asfalt	Kauçuk
Tasarım-Geometri	30-90 cm ve 4-5 cm	3,6-3,8m ve 7,5-10 cm	6-7m ve 7,5-10cm	1,7m ve 7,5cm
Titreşim Etkisi	Kötü	Orta	İyi	İyi
Gürültü Etkisi	Kötü	Orta	Orta	Orta
Ekonomiklik	İyi	Orta	Kötü	Orta
Güvenli	Kötü	İyi	İyi	İyi
Konfor	Kötü	Orta	İyi	İyi
Sürdürülebilirlik	Kötü	İyi	İyi	Orta
Araç Etkisi	Kötü	Orta	İyi	İyi

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

4.1. Sonuçlar

Literatür taramalarını ve irdeleme ve tartışma konu başlığında oluşturduğumuz kıyaslama tablosunu ele aldığımızda aşağıdaki sonuçlar ve öneri kısmı oluşmaktadır.

- Tümsek imalatlarında genel olarak kauçuk (plastik) ve asfalt malzemesi kullanılmaktadır. Asfalt malzemeli tümseklerin daha az sıkışması ve deforme olmamasıyla daha çok tercih edilmektedir.
- Fazla yükseltilem tümsekler araç geçişleri esnasında arabanın alt tabanına sürterek maddi hasara sebebiyet verebilmektedir. Bu nedenle standartlara uygun tasarlanmış üstü düz tepeli tümsekler sürücü ve yolcular için daha konforlu ve güvenli olduğu görülmektedir.
- Uzun ve geniş tipli tümsekler, fark edilebilirliği daha kolay olduğundan araçların geçiş esnasında kısa tümseklere göre çok az bir titreşime neden olmaktadır.
- Kısa tümsekler ani frenlemelere ve araç temasında yüksek seste gürültüye neden olmaktadır. Bu nedenle uzun ve geniş tümseklerin çevre gürültüsünde daha verimli olduğu görülmüştür.
- Kısa tümseklerin imalatı, kurulumu ve maliyeti açısından uzun ve geniş tümseklerden daha verimli olduğu kabul edilmiştir.

- Uzun ve geniş tipli tümseklerin konfor düzeyi kısa tümseklere göre daha yüksek olduğundan sürücü ve yolcuların en çok tercih ettiği tümseklerdir.
- Asfalt tipli tümsekler yol yapım malzemesiyle aynı olduğundan sürdürülebilirliği, dayanıklılığı ve güvenirliliği kauçuk malzemeli tümseklerden daha yüksektir. Kauçuk malzemeli tümsekler temizleme araçları ya da bölge halkı tarafından kolayca sökülüp atılabilmekteyken asfalt tipli tümseklerde böyle bir sorunla karşılaşılmaz.
- Tümseklerin araç hızlarını azaltmada etkili bir araç olduğu görülmektedir. Fakat ambulans ve itfaiye gibi aciliyeti olabilen araçlarda hız azaltması tümseklerin dezavantajlarından bir tanesidir. Bu neden araç içinde bulunan çalışan ve hastaların, daha konforlu ilerlemesi için üstü düz tepeli tümsekler tercih edilmektedir.
- Tümseklerin araçlara fiziksel temasından dolayı bir süre sonra tümsekler araç sisteminde bozulmalara neden olmaktadır. Bu nedenle farklı çözümler üretilmiş ve araç hız limitini indirmenin sürücülerde caydırıcı olduğu tespit edilen 3D boyutlu tümsekler üretilmiştir.

Genel olarak tümsek çalışmaları ele alındığında ve yapılan araştırmalar sonucunda kısa tümseklerin asfalt ve beton tümseklerden daha ekonomik olması ve kurulumunun daha kolay olması nedeniyle ülkemizde en çok tercih edilen tümsek çeşididir. Fakat caydırıcı özelliği ve sürdürülebilirliği uzun ve geniş tümsekler kadar etkili olmadığından diğer ülkelerde çok tercih edilmemektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda araçlara etkisi, sürücü ve yolcular üzerindeki etkisi, trafik yoğunluğuna olan faydası, trafik kazalarına olan önlemleri ve uzun vadede kullanılması gereken tümsek çeşidinin asfaltdan yapılmış üstü düz tepeli tümsek çeşidinin olması gerektiği sonucuna varılmıştır.

4.2. Öneriler

Yapılan çalışmalar ve araştırmalar sonucunda tümseklerin sadece kauçuk ve asfalt malzemelerinden yapıldığı ve trafikte bir denge oluşturulmaya çalışıldığı görülmüştür. Farklı malzemeler kullanılarak tümsek tasarımı yapılan çalışmalara rastlanılmamıştır. Bu da yeni malzemeler kullanılarak var olan tümsek modellerini yeniden tasarlayıp bunun araçlar üzerindeki performansı ve sürdürülebilirliği araştırılabilir bir çalışma konusu olabilir.

Genel tümsek çalışmalarında kullanılan kauçuk ve asfalt malzemelerinin yerlerine farklı malzemeler kullanılarak yeni bir modelleme tasarlanarak oluşan tümsek tipinden nasıl bir verim alınacağı, caydırıcı özelliği ne kadar ve sürücü/yolcu üzerinde nasıl bir etki yaratacağı şeklinde bir çalışma yapılabilir.

Kısa tümsekler genelde kauçuk malzemelerden, uzun ve geniş tümsekler de asfalt malzemelerinden tasarlanmaktadır. Kısa tümsekleri asfalt malzemesinden, uzun ve geniş tümsekleri de kauçuk (plastik) malzemedan tasarlanarak nasıl sonuçlar elde edileceği araştırılabilir.

Hız tümseklerine alıcı eklenerek ve bu alıcıların da tüm araçlar ile uyumlu olarak yerleştirilmesi ve nihayetinde sürücü inisiyatifine bırakılmadan hız tümseklerine yaklaşan araçların uyarıcı vasıtasıyla otomatik olarak yavaşlaması

KAYNAKÇA

- Agerholm, N., Sørensen, L. H., Gøeg, P. R., Lahrmann, H., & Olesen, A. V. (2020). A large-scale study on the speed-calming effect of speed humps. *Transactions on transport sciences*, 11(2), 28-38.
- Ambak, K., Jemari, S., Daniel, B. D., Othman, M. H., & Borhan, M. N. (2018). The effectiveness of new 3D visual effect speed hump in speed reduction. *In MATEC Web of Conferences* (Vol. 250, p. 02001). EDP Sciences.
- Antić, B., Pešić, D., Vujanić, M., & Lipovac, K. (2013). The influence of speed humps heights to the decrease of the vehicle speed–Belgrade experience. *Safety science*, 57, 303-312.
- Ardeh, H. A., Shariatpanahi, M. and Bahrami, M. N. (2008). Multiobjective shape optimization of speed humps, *Struct Multidisc Optim*, 37, 203-214.
- Arslan, T. ve Hossainy, M. M. (2020)“Hız Tümsseklerinin Araç ve Sürücüler/Yolcular Üzerindeki Etkilerinin Simülasyon Yöntemi ile Araştırılması” OKÜ Fen Bil. Enst. Dergisi Cilt 3, Sayı 1, 11-16,
- Bachok, K. S., Hamsa, A. A. K., Mohamed, M. Z., & Ibrahim, M. (2016). A theoretical overview of road hump effects on traffic speed in residential environments. *Planning Malaysia*, (4).
- Bachok, K.S. R., Hamsa A. A. K., Mohd Zin Mohamed & Ibrahim M. (2016) “A theoretical overview of road hump effects on traffic noise in improving residential well-bein” 10-15 July
- Başlamışlı, S. Ç. and Ünlüsoy, Y. M. (2009). Optimization of speed control hump profiles, *Journal of Transportation Engineering* 135 (2009), 260-269.
- Bendtsen, H., & Larsen, L. E. (2000, August). Noise and nuisance from road humps. In *Proceedings inter. noise*.

- Berloco, N., Coropulis, S., Garofalo, G., Intini, P., & Ranieri, V. (2023). Analysis of the Factors Influencing Speed Cushion Effectiveness in the Urban Context: A Case Study Experiment in the City of Bari, Italy. *Sustainability*, 15(8), 6352. “
- Bilgin, E. “Kent İçi Yollarda Hız Kesici Platform Ve Tümsek Profillerinin Sürüş Konforu Üzerindeki Etkilerinin Arazi Testleri, Nümerik Ve Analitik Modeller Vastasıyla Belirlenmesi” , İstanbul Teknik Üniversitesi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, , İstanbul, 2018.
- Bilgin, E., Lav, A. H., & Gedik, A. (2019). An approach for the determination of optimal speed hump/table profiles by field tests and simulation stage. *Sustainable cities and society*, 51, 101716.
- Cülcüoğlu, C., & Taylan, DAŞ. Kasis Profilinin Pasif Süspansiyon Sistemli Çeyrek Araba Modeli Kullanılarak Sürücü Konforuna Etkisi. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 14 (1), 24-30.
- Daniel, B.D. (2012). Yol tümseklerinin genişliğinin çalışma hızına etkisi. *Yetenek Yönetimi Sempozyumunda*.
- Demircan, A. (2014). Karayollarındaki hız kesici kasislerden elektrik üretimi (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul-Türkiye).
- Demircan, A., Demetgül, M., & Yenitepe, R. (2015). Hız Kesiciden Elektrik Enerjisi Üretimi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(2), 655-662.
- Džambas, T., Dragčević, V. ve Lakušić, J. (2020). Dikey trafik sakinleştirme cihazlarının çevresel gürültü üzerindeki etkisi. *Građevinar* , 12 , 1131-1143.
- Hossainy, M. M. (2019). Hız tümseklerinin araç ve sürücüler/yolcular üzerindeki etkilerinin araştırılması (Doctoral dissertation, Bursa Uludag University (Turkey)).
- Fwa, T. F., & Liaw, C. Y. (1992). Rational approach for geometric design of speed-control road humps. *Transportation Research Record*, 66-66.

- Garcia-Pozuelo, D., Gauchia, A., Olmeda, E., & Diaz, V. (2014). Tümsek modellemesi ve araç dikey dinamiği tahmini. *Makine Mühendisliğindeki Gelişmeler*, 6, 736576.
- Gedik, A., Bilgin, E., Lav, A. H., & Artan, R. (2019). An investigation into the effect of parabolic speed hump profiles on ride comfort and driving safety under variable vehicle speeds: A campus experience. *Sustainable cities and society*, 45, 413-421.
- Georgiev, ZA ve Kunchev, LP (2019, Ekim). Hız kesicilerin üzerinden geçen bir arabanın ön süspansiyon bileşenlerindeki gerilmelerin incelenmesi. *GİB Konferans Serisinde: Malzeme Bilimi ve Mühendisliği* (Cilt 664, No. 1, s. 012012). IOP Yayıncılık.
- Gupta, A. (2014). Study on speed profile across speed bumps (*Doctoral dissertation*).
- Gürer, M. (2006). Hız tümseklerinin taşıt titreşim tekniği açısından incelenmesi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Güzel, N., Özdemir, Y., & Özdemir, Ş. (2019). Akıllı ulaşım ve akıllı kasis aydınlatma projesinin akıllı ulaşım kapsamında değerlendirilmesi. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1(2), 47-52.
- İlgaz, A. Ve Saltan, M. (2017). Tümseklerin sürücü hızlarına etkisinin mobil kameralar ve anket uygulaması ile belirlenmesi. *Cumhuriyet İlim Mecmuası*, 38 (4), 822-833.
- Jägerbrand, AK, Johansson, M., & Laike, T. (2018). Işık yayan diyot (LED) yol aydınlatması olan bir yerleşim yolundaki günün saatinden ve ışık koşullarından etkilenen hız tümseklerine hız tepkileri. *Güvenlik*, 4 (1), 10.
- Jasiūnienė, V., Pociūtė, G., Vaitkus, A., Ratkevičiūtė, K., & Pakalnis, A. (2018). Trapez hız tümseklerinin ve sürücü üzerindeki etkilerinin analizi ve değerlendirilmesi. *Baltık yol ve köprü mühendisliği dergisi*, 13 (2), 104-109.

- Jarnason, S. (2004). Yuvarlak tepeli ve düz tepeli tümsekler-Tasarımın etkiler üzerindeki etkisi.
- Johnson, L. ve Nedzesky, AJ (2004, Ağustos). Hız tümsekleri, hız yuvaları ve hız yastıklarının karşılaştırmalı bir çalışması. *ITE Yıllık Toplantısı ve Sergisinde* (Cilt 14).
- Joseph, P. P. (1993). Computer-aided design of speed humps. Florida Atlantic University.
- Khorshid, E. ve Alfares, M. (2004). Hız kontrol tümseklerinin optimal geometrik tasarımı üzerine sayısal bir çalışma. *Mühendislik Optimizasyonu*, 36 (1), 77-100.
- Khorshid, E., AlAli, F. ve Alfares, M. (2017). Sağlık ve konfor kriterlerine dayalı olarak hız kontrolü tümseklerinin ve düşüşlerinin performans analizi. *Uluslararası Araç Gürültüsü ve Titreşimi Dergisi*, 13 (3-4), 295-325.
- Khorshid, E., Alkalby, F. ve Kamal, H. (2007). Hız kontrol tümseklerinden maruz kalınan tüm vücut titreşiminin ölçümü. *Ses ve Titreşim Dergisi*, 304 (3-5), 640-659.
- Klik, M., & Faghri, A. (1993). A comparative evaluation of speed humps and deviations. *Transportation Quarterly*, 47(3).
- Kırbaş, U. Comparative Performance Analysis of Bumps and Humps In Terms of Ride Speed Calming. *El-Cezeri*, 9(3), 1013-1027.
- Kırbaş, U. (2022). Vibration Levels Exposed at Speed Bump and Speed Hump Transitions. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(2), 332-341.
- Kiran, KR, Molugaram, K. ve Sandeep, M. (2020). Hız tümseğinde hız profillerinin çeşitli boyutlarda analizi ve VISSIM kullanılarak LOS'lerinin simüle edilmesi. *Ulaştırma araştırması procedia* , 48 , 1200-1210.

- Kurşun, K., (2015) “Araç Hızlarının Kontrol Edilmesine Yönelik Olarak Optimum Forma Sahip Hız Banketlerinin Geliştirilmesi” Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, Antalya, 2015
- Lav, AH, Bilgin, E., & Lav, AH (2018). Hız tümseklerinin optimal tasarımı için temel bir deneysel yaklaşım. *Kaza Analizi ve Önleme*, 116, 53-68.
- Madjadoumbaye, J., Fokwa, D., Tchemou, G., Ngopnang, RBPB ve Tchewou, TTT (2012). Hız Tümseklerinin Kritik Analizi: Kamerun'daki Yaoundé-Douala-Bafoussam-Yaoundé Otoyolunun Örnek Olay İncelemesi. *Uluslararası Gelişen Teknoloji ve İleri Mühendislik Dergisi*, 2, 457-463.
- Maemori, K. I., & Ando, S. (1997). Alternate optimization of speed control hump for automobiles and automobile suspension: Reducing excessive shocks to drivers of heavy vehicles by multiobjective optimization of hump. *JSME international journal. Ser. C, Dynamics, control, robotics, design and manufacturing*, 40(1), 17-24.
- Mashrosa, N., Nora, MFM, Kurniab, AY, Hassana, SA, Hassana, NA, & Yunusa, NZM (2020) Araç Hızını Azaltmada Yol Tümseklerinin Etkinliğinin Değerlendirilmesi: Bir Üniversite Kampüsü Vaka Çalışması. *Uluslararası İleri Bilim Mühendisliği ve Bilgi Dergisi* .
- Molan, AM ve Kordani, AA (2014). Araç dinamik performans modellemesine dayalı olarak hız tümseği profillerinin optimizasyonu. *Ulaştırma mühendisliği dergisi*, 140 (8), 04014035.
- Ntcpm (2016) “Neighborhood traffic calming policy manual. Alaska: Traffic Department Municipality of Anchorage”
- Obregón-Biosca, SA (2020). Hız tümsekleri ve hız tabloları: Araç hızı, kirletici emisyonları ve yakıt tüketimi üzerindeki dışsallıklar. *Mühendislikte Sonuçlar*, 5, 100089.

- Parkhill, M., Sooklall, R. ve Bahar, G. (2007, Mayıs). Hız tümseklerinin tasarımı ve uygulaması için güncellenmiş yönergeler. *ITE 2007 Yıllık Toplantısı ve Sergisinde. Pittsburgh: Ulaştırma Mühendisleri Enstitüsü.*
- Parsuvanathan, C. (2016). Tatillerde Trafik Akışının Engelsiz Olabilmesi İçin Okul Yakınlarında Portatif Hız Tümseklerinin Kullanılması. *Sivil ve Çevresel Araştırma*, 2225-0514.
- Pau, M. ve Angius, S. (2001). Hız tümsekleri gerçekten trafik hızını düşürür mü? Bir İtalyan deneyimi. *Kaza Analizi ve Önleme*, 33 (5), 585-597.
- Pedersen, N. L. (1998). Shape optimization of a vehicle speed control bump. *Journal of Structural Mechanics*, 26(3), 319-342.
- Rahman, M., Hoang-Tung, N., Kojima, A., & Kubota, H. (2017). Hız tümseklerinin etkinliğini etkileyen dış faktörlerin belirlenmesi. *Doğu Asya Ulaşım Araştırmaları Derneği Dergisi*, 12, 2016-2034.
- Raj, M., Ghodmare, SD, Choubey, RK, Santosh, DBL ve Hindustani, G. (2019). Otomatik hız kesicilerin geleneksel hız kesicilerle karşılaştırılması.
- Rajput, K., Sharma M.R., Shinde Y., Khachane D. (2020) "A Review on Evaluation of Speed Breakers in India" *International Journal of Civil Engineering*, Volume 7 Issue 7, 1-6, July
- Rothman, L., Macpherson, A., Buliung, R., Macarthur, C., To, T., Larsen, K. ve Howard, A. (2015). Toronto, Kanada'da hız tümseklerinin ve yaya-motorlu araç çarpışmalarının kurulumu: yarı deneysel bir çalışma. *BMC Halk Sağlığı*, 15 (1), 1-7.
- Sahoo, P. K. (2009). Geometric design of speed control humps in Bhubaneswar City. *Intl. J. Adv. Tech. Civil Eng*, 70-73.
- Salau, TAO, Adeyefa, AO ve Oke, SA (2004). Yol tümseklerini kullanarak araç hız kontrolü. *Ulaşım*, 19 (3), 130-136.

- Satiennam, W., Satiennam, T., Urapa, P. ve Phacharoen, T. (2014). Hız tümseklerinin ve tümseklerinin motosiklet hız profilleri üzerindeki etkileri. *Advanced Materials Research*'te (Cilt 931, s. 536-540).
- Sekulić, D., Dedović, V., & Rusov, S. (2012). Effect of shock vibrations due to speed control humps to the health of city bus drivers. *Scientific Research and Essays*, 7(5), 573-585.
- Shim, JS, Choi, HG ve Kim, SM (2011). Hız kontrolü tümsek boyutlarının değerlendirilmesi için dinamik analiz. *Uluslararası Karayolu Mühendisliği Dergisi*, 13 (3), 15-20.
- Shwaly, S. A., Zakaria, M. H., & Al-Ayaat, A. H. (2018). Development of Ideal Hump Geometric Characteristics for Different Vehicle Types “Case Study” Urban Roads in Kafr El-Sheikh City (Egypt). *Advances in Civil Engineering*, 2018, 1-12.
- Smith, DE ve Giese, KL (1997). Hız tümsekleri üzerine bir çalışma. Ulaşım Ulaştırma Araştırma ve Eğitim Merkezi.
- Sofi, SSA ve Abdul, AKH (2017). Yerleşim Alanlarında Tümseklerin Trafik Hacmi, Hız ve Gürültü Üzerindeki Etkileri Üzerine Teorik Bir İnceleme. *JAPCM*, 1 (7), 48-56.
- Sözen, A. (2007) “Hız kesicilerin trafik yüklemesi altındaki dinamik simülasyonu” Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, Isparta, 2007
- Tester, J. M., Rutherford, G. W., Wald, Z., & Rutherford, M. W. (2004). A matched case-control study evaluating the effectiveness of speed humps in reducing child pedestrian injuries. *American journal of public health*, 94(4), 646-650.
- Ullah, A., Hussain, S., Wasim, A. ve Jahanzaib, M. (2016). Araçlarda hız tümseklerinin kullanımı ve etkileri: Bir inceleme. *Journal of Advanced Review on Scientific Research* , 28 (1), 1-17.

- Vasudevan, V., & Patel, T. (2017). Comparison of discomfort caused by speed humps on bicyclists and riders of motorized two-wheelers. *Sustainable cities and society*, 35, 669-676.
- Weber, PA (1998). Hız tümseklerinin geometrik tasarımı için bir Kanada standardına doğru (Doktora tezi, Carleton Üniversitesi).
- Werner, T. (2015). Do speed humps help reduce vehicular speeds, volumes, and motorist accidents?
- Wewalwala, SN ve Sonnadara, DUJ (2011). Hız tümseklerinden kaynaklanan trafik gürültüsü artışı. *Sri Lanka Fizik Dergisi*, 12, 1-6.
- Xu, Q., Shao, F., Guo, T. ve Gong, L. (2015). Kampüs Tümseğinin Sürücülerin Odaklanma Dağılımı ve Hız Azalmasına Etkisi. *Mühendislikte Matematiksel Problemler*, 2015.
- Yaacob, NA ve Hamsa, AAK (2013). Kuala Lumpur'da bir yerleşim bölgesinde motorlu taşıtların hızını düşürmede yol tümseğinin etkisi. *Tasarım ve Yapılı Çevre Dergisi*, 13 (1).
- Yanıkoren, M., Tezgel, S., Usanmaz, B., & Gündoğdu, Ö. (2020). Taşıt Titreşimlerinin Sürücü Konforuna Etkisi: Yarım Araba ve Sürücü Modeli. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(3), 796-803.
- Yurtbaş, E., Kuşkan, E., & Çodur, M. Y. (2022). Taşıtların hız kesicilerden geçişi esnasında maruz kaldıkları titreşimin analiz edilmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 28(6), 777-785.
- Zaidel, D., Hakkert, AS ve Pistiner, AH (1992). Kent sokaklarında hızları azaltmak için yol tümseklerinin kullanılması. *Kaza Analizi ve Önleme*, 24 (1), 45-56.
- Zainuddin, NI, Diah, JM, Adnan, MA ve Sulaiman, N. (2012, Aralık). Hız tümseği tasarımının optimizasyonu: Malezya yerleşim sokaklarında bir vaka çalışması. 2012'de *Beşeri Bilimler, Bilim ve Mühendislik üzerine IEEE Kolokyum (CHUSER)* (s. 368-373). IEEE.

WEB_1 <https://trid.trb.org/view/377217> “Road bumps for use on bus routes”

WEB_2 Ulaşım ve Yol Araştırma Laboratuvarı <https://trid.trb.org/view/139512>
(1973)

WEB_3. <https://www.reliance-foundry.com/blog/speed-humps-vs-speed-bumps#ref%3E>,



