

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KENT İÇİ YOLLARDA MOTOSİKLET GÜVENLİĞİNE ETKİYEN  
UNSURLARIN İRDELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Erdi ÖZTÜRK**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Ulaştırma Mühendisliği Programı**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hüseyin Onur TEZCAN**

**MAYIS 2018**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KENT İÇİ YOLLARDA MOTOSİKLET GÜVENLİĞİNE ETKİYEN  
UNSURLARIN İRDELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Erdi ÖZTÜRK  
(501151426)**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Ulaştırma Mühendisliği Programı**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hüseyin Onur TEZCAN**

**MAYIS 2018**



İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501151426 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Erdi ÖZTÜRK**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**KENT İÇİ YOLLARDA MOTOSİKLET GÜVENLİĞİNE ETKİYEN UNSURLARIN İRDELENMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :** **Doç. Dr. Hüseyin Onur TEZCAN** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :** **Prof. Dr. Kemal Selçuk ÖĞÜT** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Dr. Öğr. Üyesi Fatih YONAR** .....  
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

**Teslim Tarihi** : 4 Mayıs 2018  
**Savunma Tarihi** : 8 Haziran 2018



## ÖNSÖZ

Motosiklet konusunda ülkemizde çok az akademik çalışma yapılmaktadır. Bu çalışma ile motosiklet güvenliğine katkı sağlamak amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında motosiklet güvenliğine etkileyen unsurlara dair saha verileri toplanmış ve toplanan verilerden faydalanılarak model öngörülmüştür. Öngörülen modele dayanarak kent içi yollarda motosiklet güvenliğine etkileyen unsurlar irdelenmiştir. Çalışma sırasında bilgisiyle bana yol gösteren tez danışmanım Doç.Dr.Hüseyin Onur Tezcan'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Motosikletin koltuğuna her oturduğumda diken üstünde olmalarına rağmen tercihime saygı duyan ve hayatımın her evresinde olduğu gibi bu tez çalışmasında da desteklerini ve sevgilerini eksik etmeyen başta annem Gülten ÖZTÜRK'e, babam Nuri Arslan ÖZTÜRK'e, hayatımı fikirleri ve deneyimleri ile kolaylaştıran abilerim Emre ÖZTÜRK ve Emrah ÖZTÜRK'e, desteğini esirgemeyen sevgili arkadaşım Efsane KARAKOÇ'a çok teşekkür ederim.

Mayıs 2018

Erdi ÖZTÜRK  
(İnşaat Mühendisi)



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|  |             |
|--|-------------|
| <b>ÖNSÖZ</b> .....   | <b>v</b>    |
| <b>İÇİNDEKİLER</b> .....                                   | <b>vii</b>  |
| <b>KISALTMALAR</b> .....                                   | <b>ix</b>   |
| <b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....                               | <b>xi</b>   |
| <b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....                                 | <b>xiii</b> |
| <b>ÖZET</b> .....  | <b>xv</b>   |
| <b>SUMMARY</b> .....                                       | <b>xvii</b> |
| <b>1. GİRİŞ</b> .....                                      | <b>1</b>    |
| <b>2. MOTOSİKLET ÖZELLİKLERİ</b> .....                     | <b>3</b>    |
| 2.1 Motosikletin Tanımı .....                              | 3           |
| 2.2 Motosikletin Tarihi.....                               | 4           |
| 2.3 Motosiklet Çeşitleri .....                             | 5           |
| 2.4 Motosikletin Diğer Taşıtlar ile Karşılaştırılması..... | 6           |
| 2.5 Motosiklet Sürücülerini İsteklendirme Çeşitleri .....  | 7           |
| 2.6 Motosiklet Sürücülerinin Davranış Tipleri .....        | 9           |
| 2.6.1 Motor-tek taşıt ilişkisi .....                       | 9           |
| 2.6.2 Motor-çok taşıt ilişkisi .....                       | 10          |
| 2.7 Motosiklet Sürüş Tiplerinin Modellenmesi.....          | 10          |
| <b>3. ÜLKEMİZDE MOTOSİKLET KULLANIMI</b> .....             | <b>15</b>   |
| 3.1 Motosiklet Sınıfları .....                             | 15          |
| 3.2 Sayısal Veriler .....                                  | 16          |
| 3.3 Sürücü Belgesi ve Eğitimi.....                         | 17          |
| 3.4 Motosiklet ile İlgili Kanunî Düzenlemeler.....         | 19          |
| <b>4. MOTOSİKLET GÜVENLİĞİ</b> .....                       | <b>21</b>   |
| 4.1 Motosiklet Koruyucu Donanımları .....                  | 21          |
| 4.1.1 Baş bölgesi .....                                    | 22          |
| 4.1.2 Gövde bölgesi .....                                  | 22          |
| 4.1.3 Bel altı bölgesi .....                               | 22          |
| 4.2 Motosiklet Güvenliğini Etkileyen Unsurlar .....        | 23          |
| 4.3 Kaza İstatistikleri.....                               | 26          |
| <b>5. VERİNİN TANITILMASI</b> .....                        | <b>33</b>   |
| 5.1 Veri Toplanan Bölgenin Tanıtılması .....               | 33          |
| 5.1.1 Geçki seçimi.....                                    | 34          |
| 5.1.2 Çalışma bölgesinin özellikleri.....                  | 35          |
| 5.2 Açıklayıcı İstatistikler .....                         | 43          |
| <b>6. MODEL ÇÖZÜMLEMESİ</b> .....                          | <b>47</b>   |
| 6.1 Modelin Yapısı .....                                   | 47          |
| 6.2 Model Testleri .....                                   | 49          |
| 6.3 Model Kurulumu ve Sonuçları .....                      | 50          |
| 6.4 Senaryo Uygulamaları .....                             | 57          |

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| <b>7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b> | <b>59</b> |
| <b>KAYNAKLAR.....</b>               | <b>61</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>                | <b>67</b> |



## KISALTMALAR

|             |  |
|-------------|--|
| <b>ABD</b>  | : Amerika Birleşik Devletleri  |
| <b>CC</b>   | : Santimetreküp  |
| <b>DBQ</b>  | : Sürücü Davranış Anketi (Driver Behaviour Questionnaire)                        |
| <b>GPS</b>  | : Küresel Konumlama Sisemi (Global Position System)                              |
| <b>HIZ</b>  | : Motosiklet hızını temsil eden değişken   |
| <b>KTLM</b> | : Kilometreye düşen kesim içindeki kavşak sayısını temsil eden değişken          |
| <b>MDBQ</b> | : Motosiklet Sürücüsü Davranış Anketi (Motorcycle Rider Behaviour Questionnaire) |
| <b>MSAY</b> | : Minibüs hat sayısını temsil eden değişken                                      |
| <b>MSF</b>  | : Motosiklet Güvenliği Kuruluşu (Motorcycle Safety Foundatin)                    |
| <b>OSAY</b> | : Otobüs hattı sayısını temsil eden değişken                                     |
| <b>OTAK</b> | : Ortalama zaman cinsinden aralığı temsil eden değişken                          |
| <b>PARK</b> | : Yol kenarı parklanma olup olmasını temsil eden kukla değişken                  |
| <b>SER</b>  | : Şerit sayısını temsil eden değişken  |
| <b>TRFK</b> | : Kilometreye düşen kesim içindeki trafik ışığı sayısını temsil eden değişken    |
| <b>TSE</b>  | : Türk Standartları Enstitüsü  |
| <b>TUM</b>  | : Kilometreye düşen kesim içindeki tümsek sayısını temsil eden değişken          |
| <b>YAGE</b> | : Kilometreye düşen kesim içindeki yaya geçidi sayısını temsil eden değişken     |
| <b>YOLC</b> | : Yol çizgisi olup olmasını temsil eden kukla değişken                           |
| <b>ZRV</b>  | : Zirve saat içinde olup olmasını temsil eden kukla değişken                     |



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

|  |    |
|--|----|
| Çizelge 3.1 : Motosiklet saatteki asgari ve azami hız sınırları .....            | 20 |
| Çizelge 4.1 : ABD motosiklet kaza istatistikleri .....                           | 27 |
| Çizelge 4.2 : Almanya motosiklet kaza istatistikleri .....                       | 28 |
| Çizelge 4.3 : Yeni Zelanda motosiklet kaza istatistikleri .....                  | 29 |
| Çizelge 4.4 : 2006-2015 yılları arası kaza istatistikleri .....                  | 29 |
| Çizelge 4.5 : 2002-2016 yılları arası motosiklet kaza istatistikleri .....       | 30 |
| Çizelge 4.6 : Otomobil artış oranları ve motosiklet artış oranıyla kıyası .....  | 31 |
| Çizelge 4.7 : Ülkere ait kaza istatistikleri .....                               | 32 |
| Çizelge 5.1 : Kesimlere ait fiziksel veriler .....                               | 41 |
| Çizelge 5.2 : Kesimlere ait trafik verileri .....                                | 42 |
| Çizelge 5.3 : Kesimlere ait ortalama fren sayısı .....                           | 43 |
| Çizelge 5.4 : En yüksek/düşük ortalama hız-fren sayısı ilişkisi .....            | 44 |
| Çizelge 5.5 : Gün-ortalama fren sayısı ilişkisi.....                             | 45 |
| Çizelge 5.6 : Günlere ait ortalama hız değerleri .....                           | 45 |
| Çizelge 5.7 : Trafik nicelikleri-ortalama fren sayısı.....                       | 46 |
| Çizelge 6.1 : Seviyelere karşılık gelen kilometre başına düşen fren sayısı ..... | 50 |
| Çizelge 6.2 : Değişkenlerin ismi ve kısaltmaları .....                           | 51 |
| Çizelge 6.3 : Fayda fonksiyonu korelasyon tablosu.....                           | 52 |
| Çizelge 6.4 : Model öngörü sonuçları.....  | 53 |
| Çizelge 6.5 : Öngörü sonuçlarının gerçek ile karşılaştırması .....               | 57 |
| Çizelge 6.6 : Mevcut durum ile senaryoların güvenlik olasılıkları. ....          | 58 |



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

|  |    |
|--|----|
| Şekil 2.1 : Motosikletin yolda göstermiş olduğu davranış görseli .....                           | 12 |
| Şekil 2.2 : Yanal güvenli uzaklık modellerinde kabul edilen davranışları gösteren diyagram ..... | 12 |
| Şekil 2.3 : Geçki seçimi görseli .....   | 13 |
| Şekil 3.1 : 2002-2017 yılları arası Türkiye'deki motosiklet sayısı.....                          | 16 |
| Şekil 4.1 : Kazaya karışan motosiklet sayısının toplam içindeki payı .....                       | 31 |
| Şekil 5.1 : Veri toplanan bölge üzerindeki geçki.....  | 34 |
| Şekil 5.2 : Kesim-1'e ait görsel .....   | 35 |
| Şekil 5.3 : Kesim-2'ye ait görsel .....  | 35 |
| Şekil 5.4 : Kesim-3'e ait görsel .....   | 36 |
| Şekil 5.5 : Kesim-4'e ait görsel .....   | 36 |
| Şekil 5.6 : Kesim-5'e ait görsel .....   | 37 |
| Şekil 5.7 : Kesim-6'ya ait görsel .....  | 37 |
| Şekil 5.8 : Kesim-7'ye ait görsel .....  | 38 |
| Şekil 5.9 : Kesim-8'e ait görsel .....   | 38 |
| Şekil 5.10 : Kesim-9'a ait görsel .....  | 39 |
| Şekil 5.11 : Kesim-10'a ait görsel .....   | 39 |
| Şekil 5.12 : Kesim-11'e ait görsel .....   | 40 |
| Şekil 5.13 : Kesim-12'ye ait görsel .....  | 40 |
| Şekil 5.14 : En yüksek/düşük ortalama hız-fren sayısı ilişkisi .....                             | 41 |



## KENT İÇİ YOLLARDA MOTOSİKLET GÜVENLİĞİNE ETKİYEN UNSURLARIN İRDELENMESİ

### ÖZET

Motosiklet kent içi ulaşımının önemli bir parçasıdır. Özellikle büyükşehirlerde trafik sıkışıklığından kurtulmak için kullanılmaktadır. Çevre şartlarına ve kullanım amaçlarına göre ülkelerdeki toplam taşıt filosu içindeki payları değişiklik göstermekte olup, ülkemizin toplam taşıt filosunun %14'ünü oluşturmaktadır. Motosiklet kamu gündemine genellikle kazalar ile gelmektedir. Bunun nedeni motosiklet sürücülerinin kaza yapma ve kazada yaralanma/ölme olasılıklarının diğer taşıtlara oranla yüksek olmasıdır.

Motosiklet sürücü davranışı ve fiziksel özellikleri diğer taşıtlardan farklıdır. Bu yüzden diğer taşıtlar için geçerli güvenlik unsurları motosiklet için değişiklik gösterebilmektedir. Bu tez çalışmasının amacı motosiklet güvenliğini etkileyen unsurların ve derecelerinin model öngörü sonuçlarına dayanarak belirlenmesidir.

Motosiklet tarihi çok eskiye dayanmayan en basit tanımıyla tek doğrultuda iki tekerli olan, bacaklar arasına alınarak kullanılan gidon ile kontrol edilen, üç tekerlekli gibi farklı çeşitleri olabilen karayolu taşıtıdır. Motosiklet diğer taşıtlar ile karşılaştırıldığında boyutu küçük, geniş bir görüş açısına sahip, güç/ağırlık indeksi yüksek, ortalama frenleme ivmesi düşük taşıttır. Motosiklet sürücü davranışları, ilişkide olduğu taşıt sayısına göre motosiklet-tek taşıt ve motosiklet-çok taşıt ilişkisi olmak üzere iki başlıkta incelenir. Sürücü davranışı modellenirken alınan parametreler ön, arka ve yanındaki araçlar ile olan ilişkisinden elde edilmektedir.

Motosiklet güvenlik donanımları korudukları bölge göz önüne alınarak üçe ayrılır. Bu bölgeler baş, gövde ve bel altıdır. Yapılan çalışmalar göstermektedir ki baş bölgesi koruyucuları en kritik olanıdır. Ülkemizde ve birçok ülkede yasa ile koruma başlığı ve gözlüğü zorunlu hale getirilmiştir. Diğer koruyucu donanımlar sürücünün kararına bırakılmıştır.

Ülkemizde 2015 yılına ait verilere göre motosiklet kazalarında 880 kişi hayatını kaybetmiş 39.368 kişi yaralanmıştır. Almanya, ABD ve Yeni Zelanda ile karşılaştığımızda motosiklet başına en fazla yaralanma ülkemizde görülmüştür.

Bu çalışma, Üsküdar-Kadıköy ilçeleri arasında kalan Nuh Kuyusu Caddesinde başlayarak yine bu cadde üzerinde sonlanan, toplamı 12 km uzunluğunda olan, 12 adet yol kesiminde yapılmıştır. Kesimlerin her biri kendine has özellikler taşımaktadır.

Yapılan çalışmada 12 değişken için veri toplanmıştır. Bu değişkenler; kesimlerdeki şerit, tümsek, yaya geçidi, kavşak, minibüs hattı, otobüs hattı ve trafik ışığı sayıları ile ölçüm saati (zirve/zirve dışı), motosiklet seyir hızı, ortalama zaman cinsinden aralık, yol kenarı parklanma ve yol çizgisi durumu ile ilgi sayım ve gözlemleri içermektedir. Toplanan veriler korelasyon açısından değerlendirilerek minibüs hattı, otobüs hattı ve yaya geçidi sayısı değişkenlerine modelde yer verilmemiştir. Çalışma kapsamında kesikli değişkenlerin seçim çözümlemesinde kullanılan lojit model yaklaşımından

yararlanılmıştır. Oluşturulan modelde seçim değişkeni kilometre başına düşen fren sayısı olarak belirenmiş ve sürekli değişken özelliğinde olan bu değişkenin kesikli bir değişkene dönüştürülebilmesi amacıyla fren sayıları belirlenen eşiklere göre üç farklı seviyede temsil edilmiştir. Kilometre başına fren sayısının artması ile birlikte motosiklet seyir güvenliğinin azalacağı öngörüsüne paralel olarak, seçim modelinde yukarı seviyelere doğru gidildikçe motosiklet seyir güvenliği düştüğü kabul edilmiştir.

Model katsayı öngörü sonuçlarına göre zirve saat yolculuk yapılmasının yanı sıra motosiklet hızının, tümsek sayısının ve ortalama zaman cinsinden aralığının artması motosiklet seyir güvenliğini artırdığı görülürken; yol kenarı parklanma ve/veya şerit çizgisinin bulunması ile trafik ışığı, kavşak ve şerit sayısının artmasının motosiklet seyir güvenliğini azalttığı görülmüştür. Çalışmada ek olarak, model katsayı öngörülerinin de dikkate alınması yoluyla motosiklet seyir güvenliğini artırıcı senaryolar denenmiştir. Denenen senaryolar tüm kesimler boyunca yol kenarı parklanmasının yasaklanması (Senaryo-1) ile her kesimde en az bir tümsek bulunmasıdır (Senaryo-2). Bu senaryolar öngörülen model katsayıları aynı kalmak kaydıyla yalnızca senaryo değişkeninin değerinin değiştirilmesi yöntemi ile uygulanmıştır. Yol kenarı parklanmanın kaldırıldığı senaryoda birinci seviyenin payının önemli oranda arttığı diğer seviyelerin paylarının ise azaldığı görülmüş, tümsek senaryosunda ise birinci seviyenin payında değişiklik olmaksızın üçüncü seviyeden ikinci seviyeye geçiş olmuştur. Her iki senaryonun da motosiklet seyir güvenliğini artırıcı yönde etkisi bulunmaktadır. Ancak senaryo sonuçları yol kenarı parklanmanın kaldırılmasının daha etkin bir uygulama olacağını ortaya koymuştur.

# **A STUDY OF FACTORS AFFECTING MOTORCYCLE SAFETY ON URBAN ROADS**

## **SUMMARY**

Motorcycle is an important part of urban transportation. Especially, motorcycles are used to avoid traffic congestion in metropolis. Environmental condition and intended purpose affect percentage of vehicle fleet. In Turkey, 14 percent of vehicles fleet is motorcycle. Motorcycle often becomes topic because of accidents that involved in it. This is because motorcyclists have higher probability in terms of accident risk and being died/injured during accident compared to other vehicles.

Motorcycle rider behavior and physical feature of motorcycle are different from other vehicle rides. For this reason, motorcycle safety factors are not same. The aim of this study is determination of motorcycle safety parameter and their severity via model estimation results.

The history of motorcycle is not going too far dates. The definition of motorcycle is simply that motorcycle is single-track, two-wheel vehicle designed to be straddled by its rider and having handlebars for control, but variation exist such as three-wheel design. The fundamental differences between motorcycles and passenger cars in both vehicle dynamics and the intimate interaction between these dynamics, the throttle settings and rider weight positioning and control strategies and the control of these machines, unsurprisingly lead both to their different behavioral patterns on roads and to personal attributions to the behaviors as observed by each group of the other. All this may lead them to have more freedom in a traffic stream and also perform some characteristic behaviour patterns in mixed traffic flow. For example, motorcycles generally present more complex behaviour than passenger cars do, exhibit more erratic and chaotic trajectories when making progress, and do not always follow the lane disciplines strictly. However, the conventional traffic flow theories and traffic simulation models seem to put their main focus on passenger cars and, accordingly, place less consideration on the uniqueness of motorcycles. This may cause such theories and models to have difficulties when describing mixed traffic and assessing the influence of motorcycles upon the traffic flow, particularly in busy urban networks or in a congested stream.

Motorcycles and motorcycling have a number of characteristics that are at least potential contributors to the high accident liability of motorcyclists. Motorcycles tend to have much higher power-to-weight ratios than cars, and increasing numbers of motorcycles are capable of very high speeds and accelerations. Being a 'single track' vehicle, a motorcycle can easily become unstable and capsize if braking, accelerating or a slippery road surface cause a wheel to lose adhesion.

In thinking about the different factors involved in motorcycle crashes, it is useful to consider motorcycling as a system involving three elements: (a) a machine element (i.e., the motorcycle), (b) an environmental element (e.g., traffic conditions, road type and conditions, weather conditions) and (c) a human element (rider).

Motorcycle rider behavior that they are different in terms of associated two types with vehicle number. They are motorcycle-single vehicle rider behavior and motorcycle-multi vehicles rider behavior. Motorcycle features create motorcycle-single vehicle rider behavior and motorcycle-single vehicle rider behaviors create motorcycle-multi vehicles rider behavior. Motorcycle rider behavior is related to vehicles that motorcycle near, rear and front. There are 15 motivations for motorcyclist. These are grouped by rider feature.

There are three types of motorcycle safety equipment. They are used for protect head, torso and rest of body. The most crucial part of this equipment is for head. Most of countries, including Turkey has forbidden riding motorcycle without using helmet.

According to 2015 accident statistics, 880 people died and 39.368 people got injured due to motorcycle accidents. Turkey has the highest number of injury for per motorcycle, when comparing with Germany, United State of America and New Zealand.

In Turkey, Uskudar-Kadıkoy district are selected for this study. The trajectory of this study begins and ends up with Nuh Kuyusu Street. The trajectory includes 12 parts which total length of that parts is 12 km. Every one of them has idiosyncratic features so variables of study makes them comparable from each other.

In this study, data was gathered for 12 variables. These variables are; number of lane, number of hump, number of intersection, number of bus line, number of minibus line, number of traffic light, number of crosswalk, peak hour, pathline, headway and parking on road. Considering correlation matrix, number of bus line, number of minibus line and number of crosswalk were removed. In this study, logit model approach using for analyzing discrete variables is utilized. The choosing variable is brake number per kilometer for established model. After that three level are decided via threshold values in order to convert continuous variables to discrete variables. It is accepted that while increasing break number, motorcycle safety decrease and level number increase.

The result of model estimation shows that peak hour, increasing headway, increasing hump of number, increasing motorcycle speed have positive effects on motorcycle safety. On the other hand, parking on road, increasing traffic light number, pathline, increasing divergence-entrance number and number of lane have negative effects on motorcycle safety.

Due to result of model estimation, two different scenarios that improve motorcycle safety were founded. First scenario is related to abolish parking on road (Scenario-1). Second scenario includes that all parts of trajectory have least a hump (Scenario-2). While running model for scenarios, the values of scenario variables was changed but the coefficients of model was not. Abolishing parking on road scenario (Scenario-1) dramatically increases percentage of Level 1 and decreases percentage of others. Adding a hump to parts that have not a hump scenario (Scenario-2) do not change percentage of Level 1. On the other hand Scenario-2 increases percentage of Level 2 and decreases percentage of Level 3. The two of scenarios have positive effect on motorcycle safety. These scenarios were compared to each other and present situation through model estimation. First scenario has

the highest positive influence on motorcycle safety. Finally, based on scenarios and comparisons, some suggestions are presented to improve the motorcycle safety.





## 1. GİRİŞ

Günümüzde insanlık birçok sorunla yüz yüze kalmış durumdadır. Bunların en önemlilerinden birisi ise trafik sıkışıklığıdır. Dünyanın birçok şehrinde karşılaşılan bu problem genellikle büyükşehirlerde yaygındır. Türkiye’de özellikle İstanbul, Ankara, İzmir gibi büyükşehirlerimizde trafik sıkışıklığı sıkça ortaya çıkan problemlerdendir. Küresel Konumlandırma Sistemi (Global Position System, GPS) verilerinden trafik yoğunluğu verisi toplayarak hesaplanan trafik sıkışıklığı indeksi incelendiğinde, İstanbul ülkemizde yıllık ortalama değeri en yüksek olan şehir olarak karşımıza çıkmaktadır (Tomtom Navigasyon, 2017). İstanbul 14.804.116’lık nüfusu ile Türkiye’nin en kalabalık ve kilometreye düşen 2.849 kişi ile en yoğun şehri olmasının yanı sıra, 3.875.145’lik taşıt filosu ile Türkiye’de en çok taşıt bulunduran şehirdir. Motosikletler açısından incelendiğinde, 274.487 motosiklet sayısı ile Türkiye’de en çok motosiklet bulunduran şehirdir (TÜİK, 2017).

Trafik sıkışıklığından kurtulmak için kullanılan çözüm yollarından birisi şehir içi yolculuklarda motosikleti tercih etmektir. Motosiklet kullanımı Asya ülkelerinin (Tayvan, Malezya, Endonezya, Çin, Hindistan) birçoğunda binek taşıtlardan çok daha fazla tercih edilmektedir (Tien-Pen ve diğ., 2003). Motosiklet kullanımı park sorununu ortadan kaldırmakta, yakıt tasarrufu sağlamakta, bunun yanında çevreye diğer ulaşım taşıtlarına oranla daha az zarar vermektedir (Barutçu, 2015). Ayrıca servis ağının her geçen gün genişlemesi, ekonomideki iyileşmeler ve genç nüfustaki artışlar gibi sebeplerden ilerleyen yıllarda dünyadaki motosiklet sayısının artması beklenmektedir (Özkan ve diğ., 2011). Motosiklet bir kısım kullanıcısı için bir ulaşım aracından çok özgürlük hissi veren, eğlendiren ve daha birçok sebep sunabilecek bir hobidir (Ensanian, 2016). Fakat bu temele dayanarak motosiklet sürmeyi tercih eden sürücüler genellikle şehir içi kullanımı tercih etmemektedir. Motosikleti kullanma ve kullanım amacı; iklim koşulları, ekonomik etkenler, altyapı gelişmişliği, nüfus yoğunluğu ve

motosikletin kültür geçmişi sebeplerinden dolayı değişiklik gösterebilmektedir (Minh ve diğ, 2007).

Motosikletler diğer taşıtlar ile güvenlik açısından karşılaştırdıklarında kullanıcıları için daha çok risk barındırmaktadır. Motosiklet kazaları orta ve düşük gelirli ülkelerde yaralanmalı kazaların %50'den fazlasını oluşturmaktadır. Dört tekerli taşıtların kazalarına oranla 20 kat daha fazla yaralanma riski taşırken, sürüş pratiği zayıf olanların ölüm oranı yüksektir (Woratanarata ve diğ, 2013). Motosikletin, diğer taşıtlarla karşılaştırıldığında, belirli bir şeride bağlı kalmaksızın hareket edebilmesi, hareketinin tanımlanmasını zorlaştırmaktadır (Nguyen ve Hanaoka, 2012). Bu bilgiler göz önüne alındığında, motosiklet güvenliğini etkileyen unsurların ve bunların derecelerinin belirlenmesinin önemi ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmanın amacı toplanan verilerden faydalanılarak öngörülen model ile kent içi yollarda motosiklet güvenliğine etkileyen unsurların irdelenmesidir.

Bu çalışmanın konu aldığı alan, Üsküdar ve Kadıköy İlçeleri arasında toplam uzunluğu yaklaşık 12 km olan ve içinde farklı özellikler barındıran yol kesimlerinden oluşan gzergāhtır. Belirlenen 12 km'lik kesimde motosiklet ile 1.600 km yol alınmıştır. Bu alışma kapsamında, motosiklet için risk oluşturacak durumlar ve dereceleri incelenmeye çalışılmıştır. Bu unsurlar belirlenirken genel olarak izlenen yol; motosikletin tanımı, ülkemizdeki motosiklet eğitimi ve kullanımı, motosiklet sürücü davranışları ve güvenliği, araştırma sahası ve çıkan sonuçların anlamlı ilişki içinde olup olmadığının incelenmesi şeklinindedir. Bu çalışmanın diğer çalışmalardan genel farkı; kesitte değil, kesim boyunca yapılmış olmasıdır. Bunun yanında taşıt dışı değil taşıt üstü çekimlerden faydalanılmıştır.

## 2. MOTOSİKLETİN ÖZELLİKLERİ

Motosiklet kullanımı ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir. Ülkemiz de dâhil olmak üzere birçok ülkede motosiklet ana ulaşım aracı olmazken bazı ülkelerde trafikteki payı taşıtlar içinde baskın olabilmektedir (Minh ve diğ, 2007). Fakat genelleme yapılacak olursa, motosikletler diğer taşıtlar ile karşılaştırıldığında sayısı ve sürülen toplam km miktarı az olmasına karşın ölümcül kaza riski 30 kat fazla, ciddi yaralanma riski sekiz kat daha fazladır (Cheng ve diğ, 2017). 2014 yılında yapılan bir çalışmaya göre, motosiklette ve binek taşıtta toplam 100 milyon km yol alındığında motosiklet kazalarında gerçekleşen ölüm sayısı, binek araca göre 23 kat daha fazladır (Cheng ve diğ, 2017). Motosikletlerde yüksek hasar riskinin yanında, tanımlanması zor hareket kinematiki ve sürücü davranışı mevcuttur. Bu bölümde motosikletin tanımı ve tarihinden başlanarak çeşitleri, diğer taşıtlarla farkları, motosiklet sürücülerini isteklendirme çeşitleri, sürücü davranışı ve motosiklet sürüş tiplerinin modellenmesinden sırasıyla bahsedilecektir.

### 2.1 Motosikletin Tanımı

Motosikletin tanımı çeşitli kaynaklarda farklı şekillerde yer almaktadır. Ülkemizdeki resmi tanım Türkiye Cumhuriyeti'nin 1983 tarihli 2918 numaralı Karayolu Trafik Kanunu'nun 3. maddesinde yer alan ve 2013 yılında değişikliğe uğrayan haliyle aşağıdaki gibidir:

“Azami tasarım hızı 45 km/saatten ve/veya silindir kapasitesi 50 santimetreküpten fazla olan sepetli veya sepetsiz iki veya üç tekerlekli motorlu taşıtlar ve net motor gücü 15 kilovattı, net ağırlığı 400 kilogramı, yük taşımacılığında kullanılanlar için ise net ağırlığı 550 kilogramı aşmayan dört tekerlekli motorlu taşıtlardır. Elektrik ile çalışanların net ağırlıklarının hesaplanmasında batarya ağırlıkları dikkate alınmaz. Bunlardan karoseri yük taşıyabilecek şekilde sandıklı veya özel biçimde yapılmış olan

ve yolcu taşımalarında kullanılmayan üç tekerlekli motosikletlere yük motosikleti (triportör) denir.”

Motosikleti daha anlaşılır tanımlayabilmek adına diğer taşıtlar ile karşılaştırdığımızda; motosikleti; diğer taşıtlara oranla daha kısa ve dar, ortalama 0,75 m genişliğe ve 1,6 m uzunluğa sahip taşıt olarak tanımlamak mümkündür. Ayrıca daha atik, hafif, güç/ağırlık indeksi yüksek ve yük/yolcu kapasitesi daha düşük olan, tek doğrultuda tekere sahip karayolu aracına denir (Lee ve diğ, 2012).

Motosiklet ait bir diğer basit tanım ise; motosiklet, tek doğrultuda iki tekerli olan, bacaklar arasına alınarak kullanılan, gidon ile kontrol edilen, üç tekerlekli gibi farklı çeşitleri olabilen taşıtlar olarak ifade edilebilir (MSF, 2014).

## **2.2 Motosikletin Tarihi**

Motosikletlerin tarihi çok eskiye gitmemektedir. Motosikletler ilk olarak bisikleti çok gelişmiş fonksiyonlar taşıyan hale getirme fikriyle ortaya çıkmıştır. Fakat bu fikirler ilk ortaya çıktığında günümüz motosikletine pek yakın olamamakla birlikte nehirlerin üzerinden atlayabilen, zıplayabilen bir bisiklet şeklinde düşünülmüştür (John, 2013). Buhar motoru taşıyan ilk taşıt Fransa’da 1769 yılında Nicholas-Joseph Cugnot tarafından geliştirilmiştir. Üç tekerlekli, buhar motorlu ve boyutları büyük olan taşıt dört yolcusu ile 20 dakikada ancak 3,6 kilometre yol alabilmiştir (Okemwa, 2005). Bu taşıt günümüz motosikletlerinden ziyade diğer taşıtların atası olarak kabul edilmektedir. Motosiklet fikri; içten yanmalı motorların keşfi ile tam anlamıyla mümkün hale gelmiştir. Motosikletler için küçük ve hafif motorlar gerekli olması nedeniyle buhar motorları hiçbir zaman gelişmiş fonksiyonlara sahip bisiklet denebilecek ilk motosikletler için uygun olmamıştır. Buna karşılık içten yanmalı motorların hafif ve nispeten küçük olmasının yanında 200 mil (yaklaşık olarak 321 kilometre) gidebilecek kadar yanında yakıt bulundurabilmesi motosikletler için uygun olarak düşünülmüştür (John, 2013). Günümüzdeki örneklerine benzeyen ilk motosikletin icadı 1845 yılında Daimler tarafından bisiklete içten yanmalı motoru eklenerek yapılmıştır. Günümüzdeki başarılı motosiklet üreticileri ise bu motorların benzerini ilk olarak 1903 senesinde yapmaya başlamıştır (Motorcycle Mechanics, 2017). Motosikletler tarihi özellikle 1. Dünya Savaşı ve 2. Dünya Savaşından çokça etkilenmiştir. Savaş sırasında kullanılmak için geliştirilen motosikletler savaş sonrası,

savaştan bunalmış ve dünyayı gezmek isteyen insanların tercihiyle kullanılmaya devam ederek günümüze kadar uzanmıştır (Creative Commons Attributes, 2011).

### 2.3 Motosiklet Çeşitleri

Motosikletin kullanım amacı değişikçe özellikleri de değişmektedir. Motosikletler genel olarak cadde motosikletleri (street motorcycles), çift amaçlı motosikletler (dual-purpose motorcycles) ve yol dışı kullanım motosikletleri (off-highway motorcycles) olmak üzere üçe ayrılabilirler.

Cadde motosikletleri caddelerde kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Genel olarak beş farklı cadde motosikleti çeşidi mevcuttur:

- Standart motosikletler: Genel yeteneklere sahiptirler, boyutlarının küçük olması nedeniyle çıplak motorlar olarak da adlandırılabilirler. Dik oturuş pozisyonunda kullanılırlar (MSF, 2014).
- Spor Motosikletler: Tasarımlarında aerodinamiğe dikkat edilmiştir. Güç/ağırlık oranı daha yüksek olabilir. Arkaya oturarak ve öne eğilerek sürüşü gerçekleştirilir. Yatay dönemeçlerde diğer motosikletlere göre daha avantajlıdır. Geliştirilmeye en elverişli motosiklet türüdür (Barutçu, 2015).
- Cruiser: Klasik olarak adlandırılan türüdür. Ayaklar öne uzatılarak ve arkaya oturularak kullanılır (MSF, 2014). Selesi alçak, tekerlekler arası uzundur.
- Touring: Bu tür, uzun ve konforlu sürüşler için tasarlanmıştır. Büyük motorlara, ekstra bagaj kapasitelerine ve büyük rüzgâr önleyicileri sahiptirler. Genellikle diğer motosiklet tiplerinden ağırdırlar (MSF, 2014).
- Scooter: Otomatik viteslidir, şehir içi kullanıma uygundur. Tekerlek çapları genelde küçüktür. Bundan dolayı dönemeç ve fren becerileri düşüktür (Barutçu, 2015).

İkinci motosiklet çeşidi olan çift amaçlı motosikletler, hem caddelerde hem de yol dışında kullanılabilirlerdir. Çeşitli motor seçenekleri sunmakta ve Touringler kadar büyük motorları olabilmektedir. Yüksek seleye ve güçlü süspansiyonlara sahiptirler (MSF, 2014).

Yol dışı motosikletler ise kullanım yerlerine göre üçe ayrılırlar:

- Enduro: Uzun yolda dayanıklı, rahat ve hızlı olmaları için tasarlanmıştır. Büyük lastik çapları sayesinde bozuk zeminlerde rahatlıkla yol alabilirler (Barutçu, 2015).
- Motocross: Yol dışındaki bozuk zeminlerde atlamak-zıplamak için tasarlanmış büyük tekerlekli tek kişilik motosiklet çeşitleridir (Barutçu, 2015).
- Trials: Düşük hızda, oluşturulan engelleri aşmak için kullanılan motosiklet tipidir (MSF, 2014).

## 2.4 Motosikletin Diğer Taşıtlar ile Karşılaştırılması

Motosikletler diğer taşıtlardan bir hayli farklıdır. Motosikletin dinamiği, çevre etkileşimi, gaz ayarı, sürücünün konumu, kontrol stratejisi ve sürücü davranışları diğer taşıtlarla arasında farklılık oluşturan konulardır (Lee ve diğ, 2012). Bu farklardan ötürüdür ki kaza sayıları ve yaralanma dereceleri diğer taşıtlara oranla yüksektir (Cheng ve diğ, 2017).

Motosikletler diğer taşıtlara göre daha dar ve daha küçük boyutlara sahiptir (Lee ve diğ, 2012). Motosikletler genellikle 0,75 m'ye kadar genişliğe 1,6 m'ye kadar uzunluğa sahip olurken otomobiller genellikle 1,6 m'ye kadar genişliğe 4,3 m'ye kadar uzunluğa sahip olurlar (Lee, 2007).

Motosiklet sürücüleri diğer taşıt sürücülerine göre daha geniş görüş açısına sahiptir. Çünkü diğer taşıtlarda sürücü bir kabin içindedir. Diğer taşıt sürücüleri önlerini daha kısıtlı gördüklerinden temkinli davranırlar ve zaman cinsinden aralıklarını motosiklete oranla daha fazla tutar (Lee, 2007).

Motosikletlerin diğer taşıtlara göre daha hafif olmasından dolayı motosikletlerin atikliği ve güç/ağırlık indeksi daha yüksektir. Bu durum motosikletlilere psikolojik olarak hızlı ivmelendiğini hissettirir (Lee, 2007).

Tek doğrultuda teker bulunduran bir taşıt olan motosiklet, gidon ve sürücünün vücudu ile manevra yapmaktadır. Sürücü ve motor arasında hassas bir ilişki vardır. Oysa diğer taşıtlarda direksiyonlar kullanılarak manevra gerçekleştirilir (Lee, 2007). Dört tekerli taşıtlar bu yüzden tek doğrultuda ilerlemek zorunda kalırken motosikletler tek doğrultu izlemezler (Minh ve diğ, 2007).

Motosikletlerin fren sistemleri oldukça karmaşıktır. Motosikletin ortalama yavaşlama ivmesi  $6,19 \text{ m/sn}^2$  bulunmuştur. Bu frenleme potansiyelin yaklaşık %56'sını oluşturmaktadır (Ecker ve diğ, 2001). Yavaşlama ivmesi, yapılan bir başka çalışmada ise benzer bir sonuçla  $6,6 \text{ m/sn}^2$  olarak bulunmuştur (Vavryn ve Winkelbauer, 2004). Bunlara benzer başka çalışmalarda benzer değerler bulunmuş fakat bu değerlerin sürücü eğitimi, taşıt, yol yüzeyi şartları, frenleme sistemi gibi unsurlardan ciddi şekilde etkilendiği vurgulanmıştır (Lee ve diğ, 2012).

Motosikletlerin hızları hakkında yapılan araştırmalarda ise ortak sonuçlara varılamamıştır. Hsu ve diğ. (2003) tarafından yapılan çalışmalarda motosiklet hızının binek taşıtlardan daha düşük olduğu fakat dar alanlarda motosikletin daha hızlı olabileceği belirtilmiştir. Diğer taraftan, Horswill ve Helman (2003) ise motosiklet hızlarının binek otomobillerden daha yavaş olmadığını belirtmiştir.

Motosikleti diğer taşıtlardan ayıran bir diğer özelliği ise sürücülerin algılama-tepki süresidir. Bu konuda çalışmalarda farklı sonuçlar elde edilmiştir. Lee (2007) yaptığı çalışmada algılama tepki süresinin 0,5-1,5 sn arasında değişiklik gösterdiğini belirtmiştir. Genel olarak motosiklet sürücülerinin algılama-tepki süresinin diğer taşıtların sürücülerine göre daha kısa olduğunu söylemek mümkündür. Bunun nedeni, diğer taşıtların sürücülerinin ayaklarını bir pedaldan çekip diğerine koyması gerekirken motosiklet fren pedalı için ayaklarını ve ellerini kullanabilmektedir (Minh ve diğ, 2007).

## **2.5 Motosiklet Sürücülerini İsteklendirme Çeşitleri**

Motosiklet kullanmak için her bireyin farklı nedenleri olabilir. Bu nedenler motosiklet sürmek için insanları isteklendirir. Bu isteklendirme kaynakları netleştirilerek sürücülerin davranışları daha anlaşılır hale getirilmeye çalışılmıştır. İnsanların motosiklet sürmek için sahip olduğu kabul edilen 15 isteklendirme şunlardır (Elliott ve diğ, 2003):

- Hazcılık: Sürüş ile keyif alma, eğlenme ve memnun olma gibi olumlu duyguları birleştirme durumudur.
- Gerçekten kaçış: Sürüşü gerçekten uçarak uzaklaşma ve sorunlarını geride bırakmak olarak görmektir.

- Dinamik sürüş bakış açısı: Hızlanma, yavaşlama, hareketli olma durumlarını yaşama isteğidir.
- Performans sürüşü bakış açısı: Sürüşü spor olarak görme durumudur.
- Gösteriş: Sürüşü sırasında insanlar tarafından sporcu gibi izlendiğine inanma durumudur.
- Rekabet: Diğer her şeyden hızlı ve iyi olduğuna inanma durumudur.
- Heyecan ve macera arayışı: Sürücünün heyecan ve risk arayışı durumudur, dinamik sürüş açısıyla bağdaştırılabilir.
- Akış durumu: Motorla birleşmek, onun parçası gibi hissetme durumudur
- Kimliğini bulma: Motosikletin hayatlarının önemli bir parçası olma durumudur.
- Güvenli hareket etme: Tüm donanımları giyip savunmaya dayalı sürüş gerçekleştirenlerin isteklendirmesi olarak tanımlanır
- Kontrol inancı: Bu tip sürücüler sürüşünün çok iyi olduğunu ve kendisi dışında her şeyi kontrol edebildiklerine inanmaktadır.
- Sosyal olma: Bir grubun ve bir aktivitenin parçası olma durumudur.
- Ekonomik olma: Birçok sürücü motosiklet sürüşünün sebebini ucuz olmasıyla açıklamaktadır.
- Bağımsızlık: Sürücülerin %39'u motosiklet kullanmayı özgürlüğü elde etmek olarak gördüğünü belirtmiştir. Özellikle kadın sürücüler için bu durum erkeklere oranla daha ön plandadır.
- Kolaylık: Birçok sürücü motosikletin kolay park etme, trafik içinde hareket edebilme gibi kolaylıklarından dolayı kullandığını belirtmiştir.

Yukarıdaki isteklendirme kaynaklarınının 12'si gruplandırırrsa: Keyif için sürüş yapanlar (hazcılık, kaçış, sosyal bakış açısı, akış içine dahil olma, kimliğini bulma), hızlı-rekabetçi spor olarak görenler (dinamik ve performans bakış açısı, gösteriş yapma, heyecan arama, rekabet) ve motosikleti kontrol altında tutanlar (kontrol inancı ve güvenli sürüş) olmak üzere üç ana başlıkta inceleyebilir. Bu isteklendirme gruplarına dahil olan bireyler ile ilgili yapılan çıkarımlar aşağıda paylaşılmıştır:

- Gençler motosiklet keyfinden daha çok etkilenmektedir.
- Gençlerin isteklendirme kaynaklarınının başında heyecan arama, rekabet ve gösteriş gelirken performans ve dinamik bakış açısına dair belirtiler bulunamamıştır.
- Gençler güvenli sürüşü bir isteklendirme kaynağı olarak görmemektedir.

- Motosiklet kontrolü konusunda genç sürücüler genç olmayan sürücülerden daha zayıftır.
- Crusier, spor ve yol dışı türü motosiklet kullanıcılarının isteklendirmesi haz almaktır.
- Spor motor sürücüleri dinamik ve performans bakış açısına sahiptir.
- Yol dışı motosiklet sürücüleri diğer sürücü gruplarına nazaran macera arama isteklendirmesine daha düşkündür.
- Spor ve touring motor sürücüleri motosikletin kontrolleri altında olduğuna diğer sürücülerden daha fazla inanmaktadır.

## **2.6 Motosiklet Sürücülerinin Davranış Tipleri**

Motosiklet diğer taşıt çeşitlerine göre farklı davranış göstermektedir. Bunun temel nedeni daha önce de bahsedildiği üzere, motosikletlerin yol çizgisi temelli hareket etmemesidir (Nguyen ve Hanaoka, 2012). Bu temel fark durumu motosiklet davranışını daha zor anlaşılabilir ve modellenir yapmaktadır. Birçok fiziksel farklılığının sonucu olarak da motosikletler için belli davranış kalıpları ortaya çıkmıştır.

Motosiklet davranış kalıplarını motor-tek taşıt ve motor-çoklu taşıt grubu olarak iki ana başlık altında toplamak mümkündür. Çünkü trafikte ilişkide olunan taşıt sayısına göre sürücülerin farklı davranışları ortaya çıkmaktadır. Şerit paylaşımı, çapraz izlem, yakın izlem davranışları motor-tek taşıt grubuna dâhil olurken; seri geçiş, kuyruğun başına geçme, organize olma ve yoldan çıkma davranışları motor-çoklu taşıt ilişkisi grubuna dâhildir. Motosikletin, küçük boyuta sahip olması, hafif ve atik olması, manevra yeteneğinin yüksek olması ve görüş açısının geniş olması temel özellikleri motor-tek taşıt ilişkisine etkili olurken motor-tek taşıt ilişkisi de motor-çoklu taşıt ilişkisi için belirleyici olmaktadır.

### **2.6.1 Motosiklet-tek taşıt ilişkisi**

Bir motosiklet sürücüsünün tek bir taşıt ile ilişkisini açıklayan davranışlar aşağıda tanımlanmıştır:

- Şerit paylaşımı (Travelling alongside another vehicle in the same lane): Motosiklet 0,75 m'lik genişliği ile 3 m'lik şeridin yaklaşık %25'ini ancak doldurabilmektedir. Yapılan birçok çalışma motosikletin boyutundan dolayı şeridi yatayda diğer taşıtlar ile kullanabildiğini vurgulamış ve temel davranışı olarak saptamıştır. Bu davranış biçimi sebebiyle motosikletin izlem uzaklığını belirlenmesi zordur. İki taşıt arasındaki açıklığın belirli bir değerin üzerine çıkması durumunda motosikletler burayı sanal şeritler oluşturarak kullanabilir (Lee, 2007).
- Çapraz izlem (Oblique following, echelon formation): Motosiklet önündeki taşıtı şerit içinde değişik noktalardan izlem edebilir ve şerit merkezinde ilerlemez. Bunun başlıca sebebi yine, boyutunun şeride göre oldukça küçük olmasıdır. Çapraz izlem, motosiklet sürücüsünün olası risklerden kaçınması amacıyla şerit paylaşımı yapmak yerine önündeki taşıtı çapraz olarak izlem etmesi ile ortaya çıkar. Ayrıca böylelikle sollama ve filtreleme manevraları, olanağını da ortaya çıkarmaktadır (Robertson ve diğ., 2002).
- Yakın izlem (Tailgating): Motosiklet öndeki taşıtı binek araçlara oranla çok yakın izlem edebilmektedir. Boyutları küçük olduğu için ve diğer manevra özellikleri sayesinde bu duruma toleransı yüksektir (Lee, 2007).

Yukarıda açıklanan motosiklet davranışlarından motosiklet-tek taşıt kapsamındaki davranışlar Karayolları Trafik Kanunu'nun 136. Maddesi gereğince yasaklanmıştır.

### 2.6.2 Motosiklet-çok taşıt ilişkisi

Motosikletin-çok taşıt ilişkisini açıklayan davranışlar aşağıda tanımlanmıştır:

- Filtreleme (filtering): Motosikletin yavaş hareket eden veya sabit şekilde duran taşıtların arasından seri olarak geçiş yapmasına verilen addır. Bu hareketi gerçekleştirirken kendine ait sanal şeritler kullanır. Diğer taşıtların bu hareketi gerçekleştirmesi boyutlarından dolayı mümkün değildir (Lee, 2007).
- Kuyruğun başına geçme (Moving to the head of a queue): Motosikletler seri geçiş yetenekleri olduğu için oluşan taşıt kuyruklarının en başına doğru hareket edebilmektedir. Buradan yola çıkarak, kavşaklarda motosikletlerin tıkanıklığa etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır (Lee, 2007). Bunun yanı sıra yapılan gözlemlerde şerit paylaşma özelliği sayesinde emniyet şeridi ya da banket bulunmasa dahi motosikletlerin bu davranışı gerçekleştirebildiği görülmüştür.

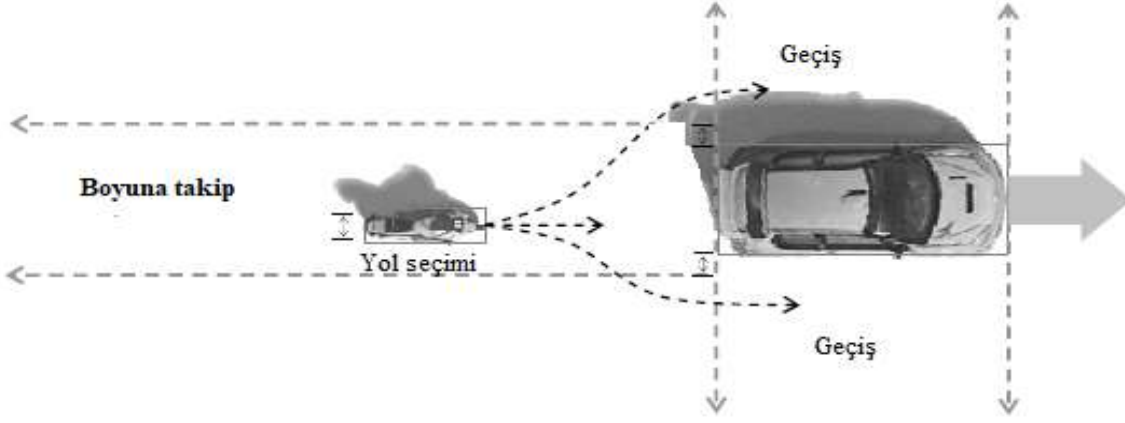
- Yoldan çıkma (Swerving): Motosikletlerin belirli sayıda taşıtın arasında kalması durumunda gerçekleştirilen harektir. Bu hareket motosiklet sürücüleri tarafından enine ve boyuna yönde sıkça gerçekleştirilmektedir. Bu hareketin devamında filtreleme veya sollama gelebilir (Lee, 2007).
- Organize olma (Self-organisation phenomena): Organize olma davranışı ise Tzu-Chang Lee (2007) tarafından ilk kez ortaya konmuştur. Trafik içine karışmış bir grup motosiklet sürücüsü kolaylıkla bir araya gelir ve bir arada hareket etmeye başlar. Tıkanmış trafikte motosikletler filtreleme yaparak kuyruklanmanın başına kadar ilerler ve ışıkların önünde veya geçebilecekleri son noktada toplanırlar. Bunu yaparken herhangi bir lider ya da yönlendirici bulunmaz.

## 2.7 Motosiklet sürüş tiplerinin modellenmesi

Motosiklet davranışları ve motosikletin diğer taşıtlar ile olan ilişkisinden yola çıkarak çeşitli davranış modelleri oluşturulmuştur. Bu matematiksel modeller motosikletin güvenle gidebileceği geçiyi temsil eden denklemleri elde etmeyi hedefler. Fakat kaza verilerinin eksikliğinden dolayı motosiklet trafik güvenliğini yorumlayacak etkili model kurmak zordur (Nguyen ve Hanaoka, 2012).

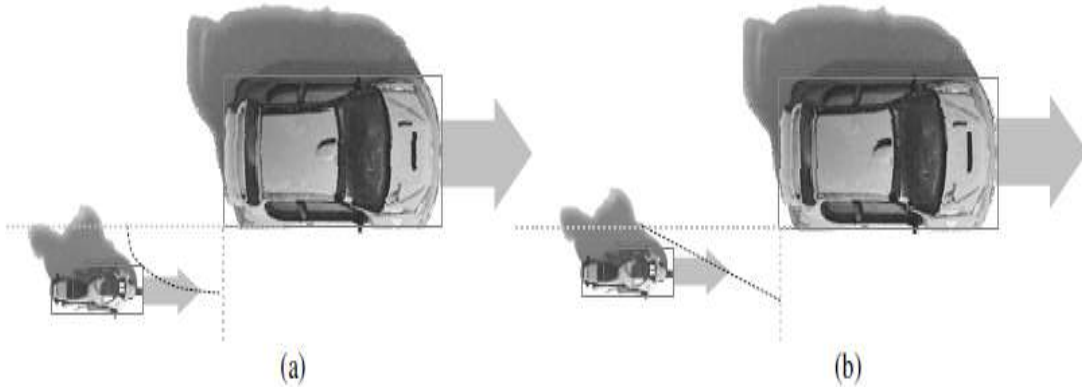
Motosikletin boyuna hareketini belirlemek oldukça zordur. Bu zorluğun asıl sebebi küçük boyutlu ve atik olmasından dolayı yoldan çıkarak hareket edebilmesidir. Motosiklet önüne taşıt çıkması halinde çarpışmadan kaçınmak için iki şekilde hareket edebilir. Bunun ilki güvenli uzaklığın olduğunu varsayarak frenleme yapabilir ya da güvenli uzaklığı olsa dahi yoldan çıkmaya bir tür kaçmaya çalışabilir. Boyuna hareket modeli oluşturulurken yoldan çıkma hareketi yapması ve yapmaması olarak iki durum incelenmiştir. Yoldan çıkma hareketi yapmaksızın güvenli duruş hesabı binek taşıtlarinkine benzemekte fakat algılama-tepki süresi ve ivmeleri farklı alınmalıdır. Yoldan çıkma hareketi yaptığı düşünüldüğünde ise aracın yanına olan uzaklığı ve boyuna dik yöndeki hızı esas alınarak hesap yapılır (Lee, 2007).

Motosiklet boyuna hareketi sırasında durması için güvenli uzaklığın olmaması durumunda önündeki taşıtın şerit içindeki konumu ve kendi konumuna göre kaçış geçişini belirler. Motosikletin boyuna hareketini sırasında önündeki araç ile olan ilişkisini belirten görsel Şekil 2.1'de paylaşılmıştır.



**Şekil 2.1:** Motosikletin yolda göstermiş olduğu davranış görseli (Lee, 2007).

Motosiklet için bir diğer önemli durum ise yatay hareketi sırasındaki güvenli uzaklıktır. Tüm kazaların arkadan çarpma şeklinde yaşanmadığı düşünüldüğünde kazadan kaçınmak için yalnızca boyuna uzaklık yeterli değildir. Yatay güvenlik uzaklığı oluşturulurken ya sabit eğimli geçiş ya da değişken eğimli geçiş olarak gerçekleştirilir. Bu davranışlardan hangisinin seçildiğine göre dik uzaklık ve hız farkları arasındaki denklem düzenlenebilir. Hareket çeşitlerini gösteren şema Şekil 2.2’de paylaşılmıştır. Motosiklet sürücüsü hız, izlem açısı ve izlem uzaklığını dikkate alarak Şekil 2.2 (a)’nın temsil ettiği değişken açılı geçişi ya da Şekil 2.2 (b)’nin temsil ettiği sabit açılı geçişi tercih ederek güvenli yatay uzaklığı elde eder.



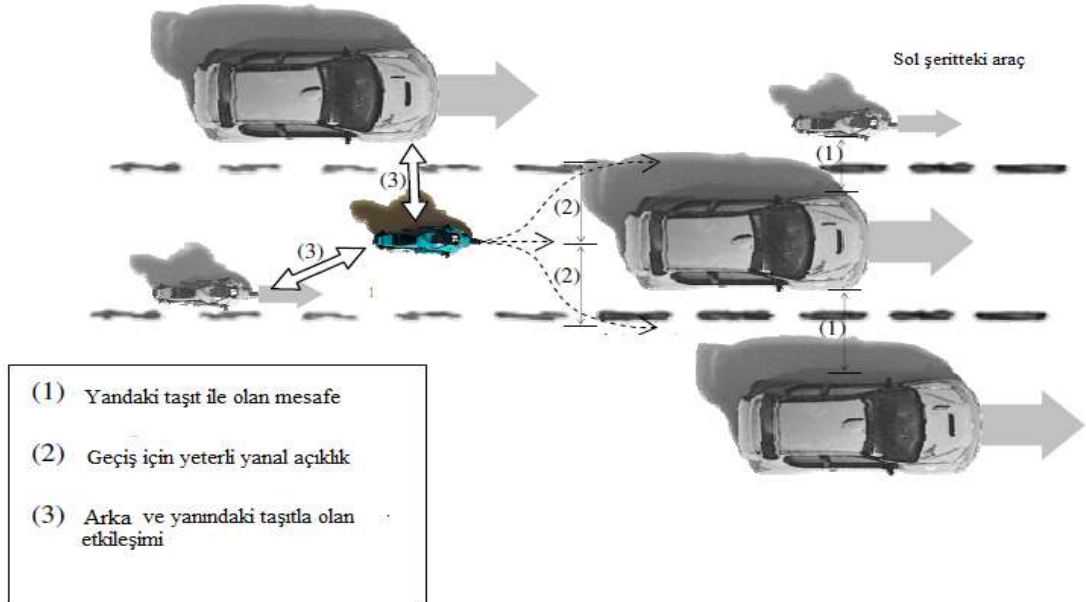
**Şekil 2.2:** Yanal güvenli uzaklık modellerinde kabul edilen davranışları gösteren diyagramlar a) Değişken açılı geçiş b) Sabit açılı geçiş (Lee, 2007)

Kazadan kaçınmak için boyuna ve yanal zaman cinsinden aralık belirlenirken basit olarak iki taşıt arası ilişki incelenmiştir. Trafik sıkışıklığında bu iki ilişki, güvenli izlem uzaklıklağından faydalanılarak motosiklet sürücüsünün etken ve yaratıcı geçki

seçimini tanımlanmasını sağlamaktadır. Motosikletin dinamik sanal yol çizgilerine dayanan doğası gereği öncelikle dinamik sanal yol çizgilerini nasıl oluşturduğunu tanımlamak hedeflenmiştir. Motosikletin asıl hareket düzlemi yatay olarak belirlenmiştir. Motosikletin sanal ve kendisine ait geçki seçimini etkileyen bir takım unsurlar vardır. Bunlar:

- Önündeki ve yanındaki taşıtların hızı
- Geçiş için gerekli yatay uzaklık
- Yatay açıklık (motosiklet sürücüsü olduğu konumdan memnun değilse yatay boşluğu bol olan yere hareket etme)
- Kabul edilebilir boşluk (arka veya yanındaki taşıtın vereceği rahatsızlıktan uzak olma)
- Önündeki veya yanındaki taşıtın boyutu
- Yatay hareket başladığında en az iki hareketle peş peşe gelir

Yukarıda bahsi geçen hareketlerin tamamını simgeleyen görsel Şekil 2.3'de paylaşılmıştır.



Şekil 2.3: Geçki seçimi görseli (Lee, 2007)

Maddeler halinde belirtilen etkenler üzerinden Lee (2007) yaptığı çalışmalarda seçim modeli kullanılmıştır.

Motosiklet ile ardından ya da önünden gelen-giden taşıtlar ile olan ilişkilerinde genellikle izlem modelleri temel alınmıştır (Chakroborty ve Kikuchi, 1999). Temelleri aynı olmasına rağmen farklı yöntemler kullanılmıştır. İzlem uzaklığı haricinde yatay güvenli uzaklık ve geçki seçimi modellerini oluşturan Lee'nin modeli ise en kapsamlısıdır.



### 3. ÜLKEMİZDE MOTOSİKLET KULLANIMI

Motosiklet kullanımı ülkeden ülkeye değişiklik göstermektedir. Her ülkenin kendi özellikleri motosiklet kullanımı üzerinde etken oluşturur. Bu bölümde Türkiye'ye ait veriler sunularak Türkiye'deki motosiklet kullanımı anlatılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla ülkemize ait motosiklet sınıflandırmaları, sayısal verileri, sürücü belgesi ve kanuni düzenlemelerinden bahsedilecektir.

#### 3.1 Motosiklet Sınıfları

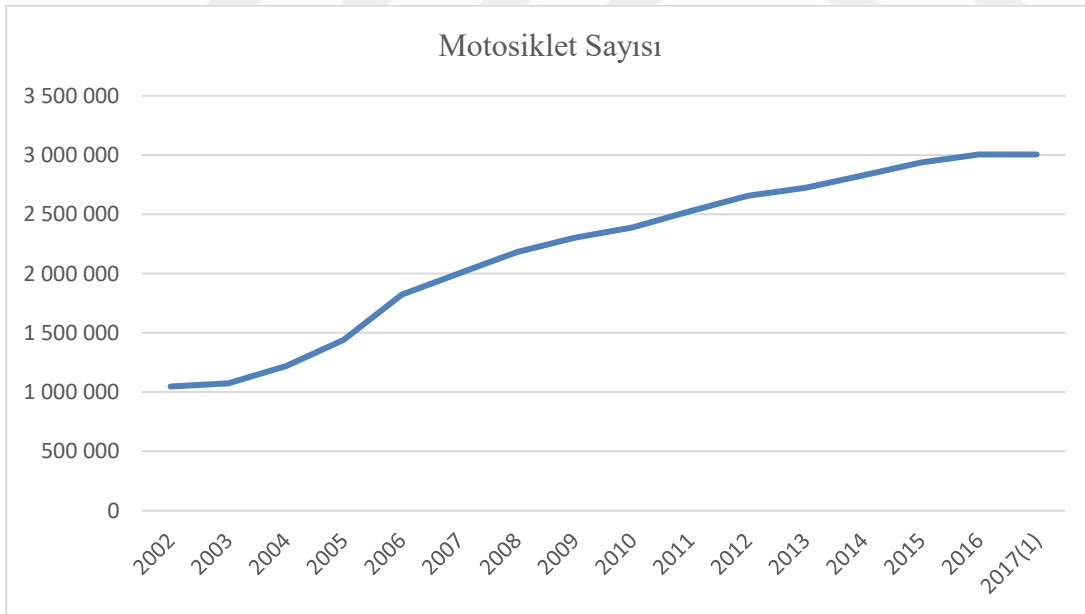
Ülkemizdeki motosikletler özelliklerine göre sınıflandırılmakta ve bu sınıflandırmalara göre sürücü belgesi verilmektedir. Hız sınırları ve kısıtlamalar da bu sınıflara göre belirlenmektedir. Motosiklet sınıfları ve tanımları aşağıda paylaşılmıştır (T.C, 1983):

- L3 Sınıfı: Azami hızı 45 km/s'i ve içten yanmalı motorlu ise silindir kapasitesi 50 cm<sup>3</sup>'ü geçen yolcu sepetsiz iki tekerlekli taşıttır.
- L4 Sınıfı: Azami hızı 45 km/s'i ve içten yanmalı motorlu ise silindir kapasitesi 50 cm<sup>3</sup>'ü geçen yolcu sepetli iki tekerlekli taşıttır.
- L5 Sınıfı: Azami hızı 45 km/s'i ve içten yanmalı motorlu ise silindir kapasitesi 50 cm<sup>3</sup>'ü geçen, simetrik olarak yerleştirilmiş üç tekerlekli taşıttır.
- L6 Sınıfı: Azami hızı 45 km/s'i, elektrik motorlu taşıtlarda akü ağırlığı hariç yüksüz ağırlığı 0,35 tonu, kıvılcım ateşlemeli motor ise silindir kapasitesi 50 cm<sup>3</sup>'ü, diğer tip içten yanmalı motorlu ise azami net gücü 4 kW'ı, elektrik motorlu ise azami sürekli nominal güç çıkışı 4 kW'ı geçmeyen dört tekerlekli taşıttır.
- L7 Sınıfı: Elektrik motorlu taşıtlarda akü ağırlığı hariç yüksüz ağırlığı 0,4 tonu (yük taşıma amaçlı taşıtlarda 0,55 ton), azami net gücü 15 kW'ı geçmeyen ve L6 sınıfına girmeyen dört tekerlekli taşıttır.

### 3.2 Sayısal Veriler

Ülkemizde 2017 verilerine göre 3.004.923 adet motosiklet bulunmaktadır. Türkiye'ye ait tüm taşıt filosu düşünüldüğünde toplamın ancak %14'ünü oluşturmaktadır. En çok motosikleti 274.487 adet ile İstanbul barındırmaktadır. İstanbul'daki motosiklet sayısının taşıt filosa oranı ise %7'dir. Kilis, Manisa ve Hatay gibi şehirlerimizde motosiklet oranı toplamın önemli bir kısmını içermektedir. Kilis, motosiklet sayısı (21.344 adet) binek taşıt sayısından (10.004 adet) fazla olan tek ilimizdir (TÜİK, 2017). Motor hacimlerine göre Türkiye motosiklet alma eğilimine bakıldığında 2017 yılında satılan motosikletlerin %91'ini 250 cc altı motosikletler oluştururken, 250 cc üstü motosikletlerin payı %5,1'dir. Geriye kalan %2,6'lık pay ise elektrikli motosikletlere aittir (MOTED, 2017).

Ülkemizde motosiklet sayısı her geçen artmaktadır. Fakat bazı yıllarda ülke ve dünyada gerçekleşen olaylar doğrultusunda kırılmalar olabilmektedir. Şekil 3.1'de 2002-2017 yılları arasındaki toplam motosiklet sayısını temsil eden grafik paylaşılmıştır.



**Şekil 3.1:** 2002-2017 yılları arası Türkiye'deki motosiklet sayısı (TÜİK, 2017).

Toplam motosiklet sayısı grafiğinden de anlaşılacağı üzere motosiklet piyasası, 2004 yılında itibaren ivmelendiği görülmektedir. Motosiklet Endüstrisi Derneği bu artışın sebebini Çinli üreticilerin Türkiye piyasasına girmesi olarak açıklamıştır. Son üç yılda

ise özel tüketim vergisindeki artışlar dolayısıyla motosiklet endüstrisi %67 küçülmüştür (MOTED, 2017). Bu küçülmeler grafik üzerindeki eğimden net şekilde seçilmektedir.

### 3.3 Sürücü Belgesi ve Eğitimi

Motosiklet kullanımı için en kritik konulardan bir tanesi şüphesiz motosiklet sürücülerinin eğitimi ve belgelendirilmesidir. Sürücüler karayolunda taşıtlarını kullanabilmeleri için kullanmak istedikleri araca uygun eğitim almalı ve sınavını başarıyla geçerek sürücü belgesine sahip olmalıdır.

Ülkemizde sürücü belgesi sınavlarına giriş yapabilmek için tescillenmiş kurumlardan eğitim alma zorunluluğu mevcuttur. Bu kurumlar Milli Eğitim Bakanlığı çatısı altındadır. Eğitim içeriği genel olarak pratik ve teorik olarak ikiye ayrılır. Teorik eğitimde trafik ve çevre dersi 16, ilk yardım dersi sekiz, araç tekniği dersi altı ve trafik adabı dersi dört saat teorik olarak verilir. Sürücü adayları akan trafik içinde en az iki saat olmak üzere pratik dersi alırlar (T.C., 2013).

Dünyanın birçok yerinde sürücü kursları dışında yalnızca sürüş yeteneklerini geliştirmek için birçok kuruluş vardır. Bu kurumların bir kısmı motosiklet markalarının (Honda, Yamaha, BMW, KTM vb.) akademileridir. Bu eğitim kurumları eğitimi aşamalandırarak bisiklete binmeyi bilmeyen seviyeden pist sürüşüne kadar uzanmaktadır. Bu kurumların motosiklet kazalarının önlenmesi açısından en büyük önemi temel sürüş yeteneklerini ve şehir içi sürüş yeteneklerini geliştiren programlarıdır. Bu eğitim programlarında sürüş deneyimine ve programın amacına göre teorik ve pratik eğitimler verilmektedir. Tayland'da yapılan araştırmada Honda sürüş eğitim programına katılan bir grup yeni sürücü ile hemen hemen aynı tarihte sürücü belgesi alan kontrol grubu karşılaştırılmıştır. Programa katılan grubun yaptığı yaralanmalı motosiklet kazalarında %30 civarında azalma olduğu saptanmıştır (Woratanarata ve diğ, 2013).

Ülkemiz karayollarında motosiklet kullanabilmek için A1, A2 veya A türünde sürücü belgesine sahip olma zorunluluğu mevcuttur. Ehliyet sınıfları arasında, kullanılacak motosiklet motor hacmi ve yaş sınırlamaları konusunda farklılıklar vardır.

A1 sınıfı sürücü belgesine sahip sürücüler silindir hacmi 125 cc, gücü 11 kw ve gücünün ağırlığına oranı 0,1'i geçmeyen, sepetli veya sepetsiz iki tekerlekli motosikletler ile gücü 15 kw geçmeyen üç tekerlekli motosikletleri kullanabilirler. A1 türünde sürücü belgesi almak isteyen kişiler için 16 yaşını doldurmuş olma zorunluluğu vardır (T.C, 1997).

A2 sınıfı sürücü belgesine sahip bireyler gücü 35 kw ve gücünün ağırlığına oranı 0,2'yi geçmeyen, sepetli veya sepetsiz iki tekerlekli motosikletler ile gücü 15 kw geçmeyen üç tekerlekli motosikletleri kullanabilirler. A2 sahip olmak isteyen sürücüler 18 yaşını doldurmuş olma şartı aranmaktadır (T.C., 1997).

A sınıfı sürücü belgesine sahip bireyler sepetli veya sepetsiz iki tekerlekli motosikletler ile gücü 15 kw geçen üç tekerlekli motosikletleri kullanabilmektedir. A sınıfı en kapsamlı motosiklet sürücü belgesidir. A sınıfı sürücü belgesine sahip olmak isteyen sürücülerde, gücü 15 kw aşan üç tekerlekli motosikletleri kullanabilmeleri için 21 doldurmuş olma şartı aranmaktadır (T.C., 1997).

Ülkemizde motosiklet sürücü belgesi için aranan diğer şartlar aşağıda belirtilmiştir. Bu şartları yerine getirerek gerekli sınavlarda başarı gösterenler sürücü belgesi almaya hak kazanır (T.C., 1997):

- Deneyim şartı: Yalnızca A sınıfı ehliyet için gereklidir, en az 2 yıl A2 sınıfı sürücü belgesine sahip olmak
- Öğrenim durumu bakımından en az ilkokul mezunu olmak
- Gerekli sağlık muayenesinden geçmek
- Sicilinde 26/9/2004 tarihli ve 5237 sayılı Türk Ceza Kanununun 188, 190 ve 191 inci maddeleri, 21/3/2007 tarihli ve 5607 sayılı Kaçakçılıkla Mücadele Kanununun 4 üncü maddesinin yedinci fıkrası, 10/7/1953 tarihli ve 6136 sayılı Ateşli Silahlar ve Bıçaklar ile Diğer Aletler Hakkında Kanunun 12 nci maddesinin ikinci ve izlem eden fıkralarında belirtilen suçlardan hüküm giydiğine dair kayıt bulunmaması
- Önceden verilmiş aynı sınıf bir başka sürücü belgesinin bulunmaması
- Başka sınıf sürücü belgesi alacaklar için, daha önce verilmiş ancak geri alınmış olan sürücü belgesinin 2918 sayılı Kanunda öngörülen şartlar yerine getirildiği için sahibine iade edilmiş olması

Sürücü belgesi sınavları iki aşamalıdır. Sınavın ilk aşaması teorik sınavdır. Teorik sınav 50 sorudan oluşur ve sınavı geçmek için en az 35 tanesine doğru yanıt vermek gerekmektedir. Teorik sınavda başarı sağlayanlar pratik sınava girmeye hak kazanır. Pratik sınav iki aşamalıdır. İlki kapalı alanda gerçekleştirilir burada başarılı olanlar trafik içinde sınava geçerler.

### 3.4 Motosiklet ile İlgili Kanuni Düzenlemeler

Ülkemizde sürücülerin uymakla yükümlü olduğu kurallar, düzenlemeler, eğitimler, karayolu üzerindeki hak hürriyet ve sorumluluklar 2918 sayılı Karayolları Trafik Kanunu uyarınca belirlenmiştir. Bu kanun maddesinin 136. Maddesi gereği motosiklet, bisiklet ve motorlu bisikletler için aşağıda verilen kısıtlamalar getirilmiştir. Motosikletin sürüş yasaklarını açıklayan maddeler aşağıda sıralanmıştır:

- Yaya yollarında sürülmesi,
- İki ve fazla taşıtın yolun bir şeridinde yan yana bulunması,
- Sürücü arkasında yeterli bir oturma yeri olmadıkça başka kişilerin bindirilmesi,
- Sürücü arkasında yeterli oturma yeri olsa bile bir kişiden fazlasının taşınması,
- Bu taşıtlarla, diğer taşıtla izlenirken, geçilirken, manevra yapılırken; karayolunu kullananların hareketini zorlaştırıcı, tehlike doğurucu davranışlarda bulunulması,
- İzin alınarak yapılan gösteriler dışında, bu taşıtlar üzerinde akrobatik hareketler yapılması,
- Bunların, başka bir araca bağlanarak, asılıp tutunularak sürülmesi,
- Sürülmeleri sırasında; elde bagaj, paket ve benzerlerinin taşınması, bu kurallara aykırı yük yüklenmesi,
- Özel şekilde imal edilmiş üç tekerlekli motosikletlerle yalnızca yük taşınabilir. Bunlar hiç bir şekilde yolcu taşımak üzere imal ve tadil edilemezler. Aynı zamanda yük taşımak için yapılmış olan kasa kısmı sürücünün ön tarafında bulunacak şekilde imal edilmesi,
- Motosiklet sürenlerin ellerinden bir tanesini sürüş sırasında gidondan çekmeleri,

Yasaklanmıştır.

Güvenlik önlemi olarak sürücünün koruma başlığı (kask) ve gözlüğü (kaska ait gözlük varsa yeterlidir), yolcunun ise koruma başlığı takması aynı kanununun 150. maddesi ile

zorunlu hale getirilmiştir. Motosikletler için zorunlu hale getirilmiş bir diğer güvenlik uygulaması ise gece fark edilebilmeleri için yansıtıcı işaret takmaktır.

Motosiklet sınıflarına ve yol durumlarına göre motosikletlerin azami hızları Çizelge 3.1'e paylaşılmıştır.

**Çizelge 3.1:** Motosiklet saatteki asgari ve azami hız sınırları (T.C., 1983).

| Taşıt cinsi             | Yerleşim yeri içinde | Yerleşim yeri dışında                   |                   | Otoyolda |
|-------------------------|----------------------|---|-------------------|----------|
|                         |                      | Şehirlerarası çift yönlü karayollarında | Bölünmüş yollarda |          |
| Motosiklet (L3)         | 50                   | 80                                      | 90                | 100      |
| Motosiklet (L4, L5, L7) | 50                   | 70                                      | 80                | 80       |

## **4. MOTOSİKLET GÜVENLİĞİ**

Motosikletler genellikle kazaları ile sık sık gündeme gelmektedir. Toplam taşıt sayıları arasında oranlarının düşük olması ve kazalarının ağır risk taşıması gibi sebepler, diğer konulardan çok toplumu motosiklet güvenliği üzerine yoğunlaştırmaktadır.

Motosiklet temel özellikleri dolayısıyla diğer taşıtlardan farklı davranmaktadır. Bu farklılıkları üstünlükler getirmesinin yanında birtakım zayıflıklar da taşımaktadır.

### **4.1 Motosiklet Koruyucu Donanımları**

Motosiklet diğer taşıtlar gibi bir dış koruyucu kabine sahip değildir. Kabine sahip olamaması görüş açısını arttırmasının yanında birtakım zayıflıklar da oluşturmaktadır. Bu zayıflıkların başında herhangi bir kaza anında kabin gibi bir dış çerçeve olamaması dolayısıyla kaza etkilerini doğrudan motosiklet sürücüsü ve artçısının (yolcu) almasıdır. Motosiklet güvenlik takımları güvenlik ve konfor temel hedefleriyle kullanılmaktadır (MOTED, 2010). Kaza etkisini azaltmak ve kaza dışı sürüş etkilerden (rüzgâr, yağmur, soğuk hava, uçuşan böcekler vb.) koruyarak güvenli sürüş sağlamak amacıyla kullanılan ekipmanlara motosiklet koruyucu donanımları denilmektedir. Güvenlik donanımları sürücü psikolojisi için de çok etkilidir. Motosiklet sürücüsü; kullanılan ekipmanın ağır olmasından dolayı kas yorgunluğu, vücut ısısını rahat edecek seviyede tutamamasından dolayı ısı sorunu, çevre sesinin kabul edilebilir seviyenin üstünde içeri almasından dolayı gürültü sorunu ve motosikletin aerodinamiği iyi olmadığı durumlarda titreşim sorunları ile karşılaşacaktır. Bu sorunlar fiziksel etkinin yanında psikolojik olarak da sürücüyü etkilemektedir (Elliott ve diğ, 2003).

Motosiklet koruyucu donanımları baş bölgesi (yüz dahil), gövde bölgesi (kol ve eller dahil) ve bel altı olmak üzere üç bölüm halinde incelenecektir.

#### **4.1.1 Baş bölgesi**

Baş bölgesini korumak için kullanılan en temel donanım kasktır. Kask en önemli koruyucu donanımdır. California bunun önemini açıklayan iyi bir örnektir, kask takmak zorunluluk haline getirildikten sonra kask kullanımını %56'dan %95'e kadar yükselmiş bunun sonucu olarak kafa yaralanmalarında %36, yüz yaralanmalarında %66 oranında düşüş görülmüştür (Kraus ve diğ, 1994). Yapılan araştırmalarda Vietnam'da kazaların ölümlerle sonuçlanmasının temel sebebinin kask kullanılmaması olduğu görülmüştür. Kazalarda ölümlerin %88'i kafa travmasından gerçekleşmektedir; fakat ülkede kask kullanımını zorunlu değildir (Woratanarata ve diğ, 2013).

Ülkemizde koruma başlığı (kask) ve gözlüğü (kaska ait gözlük varsa yeterlidir), yolcunun ise koruma başlığı takması 2918 sayılı Karayolları Trafik Kanunu 150. maddesi uyarınca zorunlu hale getirilmiştir. Diğeri koruyucu donanımlarına ait herhangi bir kısıtlama veyahut zorunluluk bulunmamaktadır.

#### **4.1.2 Gövde bölgesi**

Motosiklet kullanıcısının (artçı veya sürücü) gövde bölgesini korumak için kullandığı donanımlar motosiklet gövde donanımı ve eldivendir. Kullanılan koruyucu donanım trafik içinde fark edilebilir olmalı, sürücü rahat hareket edebilecek rahatlıkta olurken darbe anında vücuda gelebilecek darbelere karşı koruyucu noktaları kaymamış olmalı, kullanıldığı şartlara bağılı olarak kullanıcıya konfor sağlamalı, kollardan yukarı çekilmemeli ve normal kıyafet ile düzgün şekilde giyilebilir olmalıdır. Eldivenler ise eli kullanıldığı mevsim şartlarından korumalı, el ve bilekleri tam olarak sarmalı, ele gelebilecek darbelere karşı dayanıklı olmalı, bunun yanında sürücünün sürüş kabiliyetini azaltmamalıdır (MOTED, 2010).

#### **4.1.3 Bel altı bölgesi**

Bel altı bölgesi yaralanmaların en sık karşılaşıldığı bölge olması sebebiyle koruyucuları önemlidir (European Experimental Vehicles Committee, 1994). Bel altını koruyan güvenlik donanımları sürücü konforunu azaltmadan koruması gereken

bölgenin üstünde olmalı, günlük kullanımda sorun teşkil etmemeli ve sürücüyü mevsimin etkilerinden korumalıdır. (MOTED, 2010).

Güvenlik donanımları çoğu zaman kaza hasarını ortadan kaldırmakta ya da azaltmaktadır. Fakat burkulmalara, arada kalmalara ve vücuda herhangi bir cismin batması durumlarına karşı yetersiz kalabilmektedir (Elliott ve diğ, 2003).

#### **4.2 Motosiklet Güvenliğini Etkileyen Unsurlar**

Motosikletlerin yol çizgisi temelli hareket etmemesinden dolayı motosiklet sürücüsünün davranışı yaya yürüyüş davranışına benzetilebilmektedir. Yaya hareket ederken karmaşık düşünmez ve önceden edindiği deneyimlerden faydalanarak en uygun harekette bulunur. Bu temele dayanarak yapılan çalışmalarda potansiyel kaza etmenleri motosikletin boyutu, sollarken taşıt ile arasındaki açı ve en büyük ivmelenme değeri olarak belirlenmiştir. Fakat kazaları yalnızca taşıt temelli incelemek yeterli değildir.

Motosiklet kaza etkenlerini üç ana başlık altında toplamak mümkündür. Kazaların gerçekleşmesi bunlardan bir tanesinin ya da birkaçının birleşmesi ile oluşmaktadır. Bu etkenler makine (motosiklet), çevre ve insan (sürücü) etkenleridir (Elliott ve diğ,2007).

Motosiklet kabine sahibi olmaması dolayısıyla çevre şartlarının etkilerine diğer taşıtlara göre daha açıktır. Ayrıca trafiğe etkisi olan karayolu elemanları motosikletlere göre tasarlanmamaktadır. Bu durumlar motosikleti trafik içinde azaltmaktadır. Kısaca açıklamak gerekirse trafik ışıkları devre süresi, otokorkuluklar, yol yüzey onarım malzemeleri, yol işaret ve ışıklandırmalarının motosiklete uygun tasarlanmaması motosiklet güvenliğini azaltmaktadır (Elliott ve diğ, 2003). Kazaların gerçekleştiği alanlar incelendiğinde kazalara en çok kavşaklarda daha sonra sırası ile yatay dönemeçlerde ve yuvarlak ada kavşaklarda karşılaşıldığı tespit edilmiştir (Whitaker, 1980). Clarke ve diğ. (2004) yaptıkları çalışmada kavşak olan kesimlerin motosiklet güvenliğini azalttığını bulmuşlardır. Bunun nedeni olarak da diğer araç sürücülerinin bu kesimlerde motosikletleri görmekte hataya düşmesi olduğunu belirtmişlerdir. Özellikle kavşak noktalarına yaklaşırken sollama yapılmaması, filtreleme hareketi yapılmaması ve hız kontrolünün yapılmasını tavsiye edilmiştir. Kazaların sık yaşandığı saat aralıkları incelendiğinde zirve içi saatte yoğunluğun arttığı görülmüştür.

Özellikle yolun sağının ihlali, sollama ve filtreleme kazalarının zirve saatler içinde kümelendiği görülmüştür. Bu kümelenmenin sebebinin keyfi sürüşlerle ilgili olabileceği kanısına varılmıştır (Clarke ve diğ, 2004). Motosiklet güvenliğini etkileyen bir diğer unsur içinde olduğu trafiğin kompozisyonudur. Yapılan çalışmalarda ağır taşıt ile çarpışan motosikletlilerin ölüm oranlarında ciddi artışlar görülmektedir (Chang ve diğ, 2016). Banket genişliği ve şerit sayısı motosiklet güvenliğini etkileyen yola bağlı unsurlardır. Banket genişliği ve şerit sayısı arttıkça motosiklet kazalarında azalmaların olduğu görülmüştür (Harnen ve diğ, 2003).

Makine faktörü motosiklete ait değerleri (frenleme, ivmelenme, denge merkezi vb.) kapsamaktadır. Fakat motosiklet sürücüsü, yeteneği olmaksızın motosiklet kapasitesini ortaya koyamayacaktır. En başta ele alındığı gibi yavaşlama ivmesinin genelleştirmesinde en büyük engel motosikletin frenleme sisteminin tam kapasite çalışması için en uygun ön-arka fren kombinasyonunun bulunmasıdır ve burada sürücü en büyük etken olmaktadır.

Motosiklet davranışı tanımlanmaya çalışılırken kullanılan çevre, motor ve sürücü olmak üzere tanımlanan unsurlardan en önemlisi sürücüdür. Motosikleti etkileyen çevresel unsurlar ve makine üzerine birçok araştırma yapılmasına karşın sürücü etkeni üzerinde daha az durulmuştur (Elliott ve diğ, 2007). Motosiklet kaza riskini arttıran birçok bileşen vardır; fakat sürücü karakteri ve davranışı anahtar bileşenlerdir (Stephens ve diğ, 2017).

Kazaya sebebiyet veren insan etmenlerini sınıflandırmak için belirli ve kabul edilmiş ölçütler bulunmaktadır. İnsan etmenini sınıflandırmak adına Reason ve diğ. (1990) Sürücü Davranış Anketi (Driver Behaviour Questionnaire, DBQ) geliştirmiştir. Katılımcılara hangi sıklıkla ihlal ve hata yaptıklarının sorulduğu 50 soruluk bu ankete 528 birey katılmıştır. DBQ, sürücülerin anket sorularına verdiği yanıtlara göre onların sürüş riskine ait bir puan belirlediği bir ankettir. DBQ'ya sürücülerin verdiği yanıtlar ile ortaya çıkan sürücü puanı incelendiğinde, puanı yüksek sürücülerin geçmişte ve gelecekte daha yüksek olasılıkla kazaya karıştığı veya karışacağı belirtilmiştir. DBQ dünya çapında yol güvenliği konusunda geniş kullanım ağına sahiptir. Fakat uygulandığı ülke şartlarına göre içeriğinde değişiklik yapılmaktadır. DBQ esas alınarak, Elliott ve diğ. (2007) tarafından motosikletler için Motosiklet Sürücü Davranış Anketi (Motorcycle Rider Behaviour Questionnaire, MRBQ) geliştirilmiştir.

İngiltere’de 28.400 sürücü ile MRBQ çalışmasının çerçevesi hazırlanmıştır. Bu anket trafik kuralları ihlali, hız ihlalleri, akrobatik hareketler, güvenlik donanımları ve sürüş kontrol hataları olmak üzere beş başlık altında 43 sorudan oluşturulmuştur. Bu soruların amacı kazalara etkisi olan ana sebepleri bulmaktır. Çalışmada sorulara verilen yanıtların ortalama değerleri alınarak İngiltere’de trafik kuralları ihlali yapan sürücülerin kazaya karışma olasılığının diğerlerine oranla daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Elliott ve diğ, 2007). Bu çalışma temel alınarak, uygulanan bölgeye göre yeniden düzenlenerek Avusturalya ve Türkiye’de de benzer çalışmalar yapılmıştır. Avusturalya’da yapılan çalışma sonucunda en büyük paya sahip olan etkenin güvenlik donanımı olduğu sonucuna varılmıştır (Stephens ve diğ, 2017). Türkiye’de yapılan çalışmada ise akrobasi hareketleri ve hız ihlallerin kritik etkenler olduğu bulunmuştur (Özkan ve diğ, 2011).

Motosiklet sürücüsünün yaptığı kaza sayısı ile kazaya karışma ilişkisi sorgulandığında, motosiklet kazalarını temsil etmesi için alınan kazalara karışan motosiklet sürücülerinin %61’i daha önce kaza yapmadığını belirtmiştir. Sürücülerin %25’i bu kazadan önce bir kere kaza yaptığını, %11’i ise iki kere kaza yaptığını belirtirken üçten fazla kaza yaptığını belirten sürücü sayısı toplamın %3’ünü oluşturmaktadır. Yapılan kazaların %98’i ciddi yaralanmalar ile sonuçlanmamıştır (Whitaker, 1980).

İngiltere’de yapılan bir çalışma kapsamında örnek olarak alınan 450 yaralanmalı kazadan yola çıkarak kazaların birçok değişken; üzerinde veriler toplanmıştır. En yüksek ölüm oranına sahip olan grubun 16-17 yaş aralığında olduğu gözlenmiştir. 20 yaş altına ait ölümlü/yaralanma oranı %62’dir. Yaş sınırı 17’yi geçtikten sonra ölüm riski ciddi şekilde düşmektedir. Kaza örnekleri cinsiyet açısından incelendiğinde 450 kaza örneğinin yalnızca dokuz tane kadınlara aittir. Kadınların çoğu moped denilen düşük motor hacmine sahip motosiklet bisiklet karışımı taşıtı kullanmaktadır. Kaza örneklerinde kadınların çoğu artçıdır (yolcu) (Whitaker, 1980).

Motosiklet kazalarının bir diğer önemli etkeni deneyimdir. Sürücünün toplam aldığı yol deneyimin temel ölçütüdür. Deneyimi az olan sürücülerin kazalara daha yatkın olduğu söylenebilir (EAMM, 2010).

Motosiklet güvenliği açısından incelenmesi gereken bir diğer konu makine ve insan etmenini birlikte barındıran hızdır. Fakat kaza hızını belirlemek oldukça zordur. Kaza hızı belirlenirken insanların gözlemlerinden faydalanılmaktadır (Whitaker, 1980). Hız artışının kaza durumunda yaralanma şiddetini artırdığı görülmüştür (Shaheeda ve diğ., 2013). Diğer yandan yoğun trafik içinde filtreleme hareketi yapılırken motosikletlerin hızının trafik akımının hızının biraz üzerinde olması tavsiye edilmektedir (Barutçu, 2015).

### 4.3 Kaza İstatistikleri

Motosiklet kazaları sık sık ülkelerin gündemine gelmektedir. Bu kazalara dair oluşturulan çeşitli veriler derlenerek belli istatistikler oluşturulmuştur. Bu istatistiklerden faydalanılarak karşılaştırmalar ve çıkarımlar yapılmıştır.

Motosiklet kazaları ülkeden ülkeye ciddi değişiklikler gösterebilmektedir. Bu değişim çevre koşulları, ekonomik refah ve ülkedeki motosiklet kültürü ve kullanımı gibi birçok nedenden kaynaklanabilir. Diğer ülkelerden ve Türkiye'den temin edilen istatistikler paylaşarak bölüm sonunda karşılaştırması yapılacaktır.

İngiltere'de motosikletin kullanımı 9.970 milyon km ile 1960 yılında en yüksek değerine ulaşmıştır. Son yıllara gelindikçe toplam kat edilen km %50 oranında azalmıştır. Motosiklet kullanımının azalması, bilinçli sürücülerin artması ve teknolojik gelişmelerin kaza sonucu ölüm ve yaralanma vakalarındaki azalmada etkisi olduğu düşünülmektedir. Motosiklet kazası sonucu hayatını kaybeden kişi sayısı 1930 yılında 1.832 kişidir ve bu değer İngiltere tarihinin en yüksek değeridir. 2012 yılına gelindiğinde motosiklet kazaları sonucu hayatını kaybeden sayısı 328'dir. Motosiklet kazalarının yaklaşık üçte biri 16-20 yaş aralığında gerçekleşirken, kazaların %57'sine karışan motosikletlerin motor gücünün 125cc'ye kadar olduğu görülmüştür. Yaşanan kazalarda ölen veyahut yaralanan bireylerin %94'ü erkek, %6'sı kadındır (Department for Transport, 2015).

Motosikletin toplam taşıtlara oranının en yüksek olduğu Asya ülkelerinden bir tanesi olan Tayvan'daki motosiklet kazalarının toplam kaza içindeki payı %50'den fazladır. 2001 yılındaki verilere göre gerçekleşen 990 adet kazada 1.711 kişi hayatını kaybetmiş 501 kişi ise yaralanmıştır. Kazaya karışanların %51'i hayatını kaybetmiş, %33'ü

yaralanmış ve %15'i yara almamıştır. Tavvan'da gerçekleşen kazaların çeşitleri incelendiğinde; sağdan çarpma %20 ile en yaygın olarak görülen kaza tipidir. Kafa kafaya çarpışma %8'ini oluşturarak ikinci sırada yer alırken, arkadan çarpmalar %7 ile en yaygın üçüncü tip kazadır (Tien-Pen ve diğ, 2003). Tayvan'daki yaşlıların yaptığı kaza oranı toplumsal sorun oluşturmaya başlamıştır. Çünkü yapılan ölümcül motosiklet kazalarının yaklaşık üçte birini 60 yaşından büyükler yapmaktadır (Chena ve diğ, 2018).

Bir diğer Uzakdoğu ülkesi olan Vietnam'da gerçekleşen kazaların %71'i motosikletlere aittir. Vietnam'da gerçekleşen kazaların çeşitleri Tayvan'dakinden farklılık göstermektedir. Vietnam'da gerçekleşen kazaların önemli payı yaya ile çarpışmaya aittir. Ülkede yaşanan kazalarda yaralanan ve ölen kişilerin %98'i motosikletle ilgilidir. Bu kazalarda yaralananların % 72'si erkek %27'si ise kadındır. Kazalarda ölenlerin %78'i erkek iken %22'si kadındır (Hsu ve diğ, 2003).

ABD'de 1980 yılında kaza yapanların %73'ü 29 yaşından küçük, %18'i 30-39 yaş aralığında, %8'i ise 40 yaş üstüdür. 2016 yılına gelindiğinde yaşlara dayalı kaza oranlarında ciddi değişiklikler görülmüştür. 2016 yılında 29 yaşından küçüklerin karıştığı kaza oranı %29'dur, 30-39 yaş aralığında ise bu oran %19'dur. 40 yaş üstü 1980'de en küçük paya sahipken 2016 yılında toplam kaza sayısının %52'sini oluşturarak en yüksek paya sahiptir (NHTSA, 2017).

ABD'de motosikletler toplam taşıt filosunun %3'ünü oluştururken toplam alınan kilometrenin %0,6'sını motosikletler kat etmektedir (NHTSA, 2018). Amerika'ya ait motosiklet kaza verileri Çizelge 4.1'de paylaşılmıştır.

**Çizelge 4.1:** ABD motosiklet kaza istatistikleri (NHTSA, 2018).

| Yıl  | Ölüm  | Yaralanma | Kayıtlı taşıt sayısı | Alınan Km (milyon) |
|------|-------|-----------|----------------------|--------------------|
| 2007 | 5.174 | 103.000   | 7.138.476            | 21.396             |
| 2008 | 5.312 | 96.000    | 7.752.926            | 20.811             |
| 2009 | 4.469 | 90.000    | 7.929.724            | 20.822             |
| 2010 | 4.518 | 82.000    | 8.009.503            | 18.513             |
| 2011 | 4.630 | 81.000    | 8.437.502            | 18.542             |
| 2012 | 4.986 | 93.000    | 8.454.939            | 21.385             |
| 2013 | 4.692 | 88.000    | 8.404.687            | 20.366             |
| 2014 | 4.594 | 92.000    | 8.417.718            | 19.970             |
| 2015 | 5.029 | 88.000    | 8.600.936            | 19.606             |
| 2016 | 5.286 | -         | 8.679.380            | 20.445             |

ABD'ye ait motosiklet verilerinin yer aldığı Çizelge 4.1'den görüleceği üzere 2013 yılı haricinde motosiklet sayısında bir önceki yıla göre artış görülmüştür. Fakat motosiklet ile kat edilen toplam km motosiklet sayısı ile benzer değişiklik göstermemiştir. Gerçekleşen kazalarda hayatını kaybeden bireylerin sayısında yıllar içinde artış ve azalışlar meydana gelmiştir. Kazaların sonucunda yaralanan bireylerin sayısı istikrarlı olmamakla birlikte azalmıştır. Kaza ölümlerinde 2016 yılında %5,1'lik artış gerçekleşmiştir. Motosikletlerin yaşadığı kazaların %93 ölümcüldür. Ölen kişilerin %94'ü sürücü %6'sı artçıdır (yolcu). Yapılan kazaların %53'ü şehirde gerçekleşirken, %43'ünün kırsal alanda gerçekleştiği görülmüştür. Kazaların %34'ü kavşaklarda %66'sı kavşak dışı alanlarda meydana gelmiştir. Gün içinde gerçekleşen kazaların oranı %59, gece gerçekleşen kazaların oranı %36'dır. Geri kalan %5'lik dilim gündüz-gece geçişi sırasında gerçekleşen kazalara aittir. Hava koşulları incelendiğinde kazaların %97'si hava kapalıyken ya da açıkken gerçekleşirken, yağış altında gerçekleşen kazaların oranı %2'dir (NHTSA, 2018).

Almanya'ya ait motosiklet kaza istatistikleri Çizelge 4.2'de paylaşılmıştır (FHRI, 2017).

**Çizelge 4.2:** Almanya motosiklet kaza istatistikleri (FHRI, 2017).

| Yıl  | Ölüm  | Yaralanma | Kayıtlı taşıt sayısı | Alınan Km (milyon) |
|------|-------|-----------|----------------------|--------------------|
| 1970 | 1.553 | 46.983    | 228.604              | 1.900              |
| 1980 | 1.997 | 96.370    | 571.930              | 3.300              |
| 1990 | 939   | 44.821    | 1.233.100            | 5.900              |
| 1991 | 1.235 | 55.080    | -                    | -                  |
| 2000 | 1.102 | 59.383    | 3.337.848            | 13.000             |
| 2005 | 982   | 52.585    | 3.827.899            | 13.000             |
| 2010 | 709   | 43.507    | 3.762.561            | 11.600             |
| 2015 | 701   | 45.345    | 4.145.392            | 12.900             |
| 2016 | 604   | 43.314    | 4.228.238            | 13.100             |

Çizelgeden görüleceği üzere paylaşılan yıllar içinde hemen hemen (2010 yılında motosiklet sayısında artış görülmemiştir) bütün yıllarda motosiklet sayısı ve kat ettiği km'de artış görülmüştür. Buna karşın 2000 yılından itibaren kazada hayatını kaybeden birey sayısında azalma yaşanmıştır. Ayrıca kaza sırasında yaralanan birey sayısı istikrarsız olmakla birlikte son yıllarda ciddi bir değişim olmadığı saptanmıştır. Ölüm ve yaralanma en fazla 1980 yılında görülmüştür. En az ölüm ve yaralanma 2016 yılında görülmüştür. Almanya'da her yıl motosiklet sayısı artmasına rağmen ölüm ve yaralanma sayılarındaki düşüş başarısı ülkenin motosiklet güvenliği konusunda yol kat ettiğini göstermektedir.

Yeni Zelanda'ya ait kaza istatistikleri Çizelge 4.3'de paylaşılmıştır (MOT, 2017).

**Çizelge 4.3:** Yeni Zelanda motosiklet kaza istatistikleri (MOT, 2017).

| Yıl  | Ölüm | Toplama oranı<br>(ölüm) | Yaralanma | Toplama oranı<br>(yaralanma) | Kayıtlı taşıt sayısı |
|------|------|-------------------------|-----------|------------------------------|----------------------|
| 2007 | 41   | %10                     | 1.369     | %8                           | 91.576               |
| 2008 | 51   | %14                     | 1.422     | %9                           | 101.457              |
| 2009 | 48   | %13                     | 1.369     | %9                           | 108.846              |
| 2010 | 50   | %13                     | 1.302     | %9                           | 115.069              |
| 2011 | 33   | %12                     | 1.188     | %9                           | 115.069              |
| 2012 | 50   | %16                     | 1.140     | %9                           | 117.640              |
| 2013 | 39   | %15                     | 1.193     | %10                          | 120.777              |
| 2014 | 43   | %15                     | 1.174     | %10                          | 125.049              |
| 2015 | 54   | %17                     | 1.233     | %10                          | 130.638              |
| 2016 | 52   | %16                     | 1.205     | %10                          | 136.790              |

Yeni Zelanda'da 2015 yılı haricinde motosiklet sayısı her yıl artış göstermiştir. Kazalarda hayatını kaybeden birey sayısı ve kazalarda gerçekleşen ölüm oranı yıllar içinde değişiklik göstermiştir. Kazalarda yaralanan birey sayısı genel olarak azalma eğilimindeyken kazalarda gerçekleşen yaralanma oranı artmıştır. En yüksek ölüm sayısı 2015 yılında görülürken en yüksek yaralanma sayısı 2007 ve 2009 yıllarında gerçekleşmiştir. En düşük değerleri ise 2011 (ölüm sayısı), 2012 (yaralanma) yıllarında yaşanmıştır.

Ülkemizde kaza istatistiklerinin özellikle diğer ülkelerle kıyas edildiğinde daha az ayrıntılı olduğu göze çarpmaktadır. 2015 yılı itibariyle kaza sonrası ölümleri de istatistiklere dahil edilmiştir. 2006 ila 2015 yılları arasında gerçekleşen kaza istatistikleri Çizelge 4.4'de paylaşılmıştır (KGM, 2015).

**Çizelge 4.4:** 2006-2015 yılları arası kaza istatistikleri (KGM, 2015).

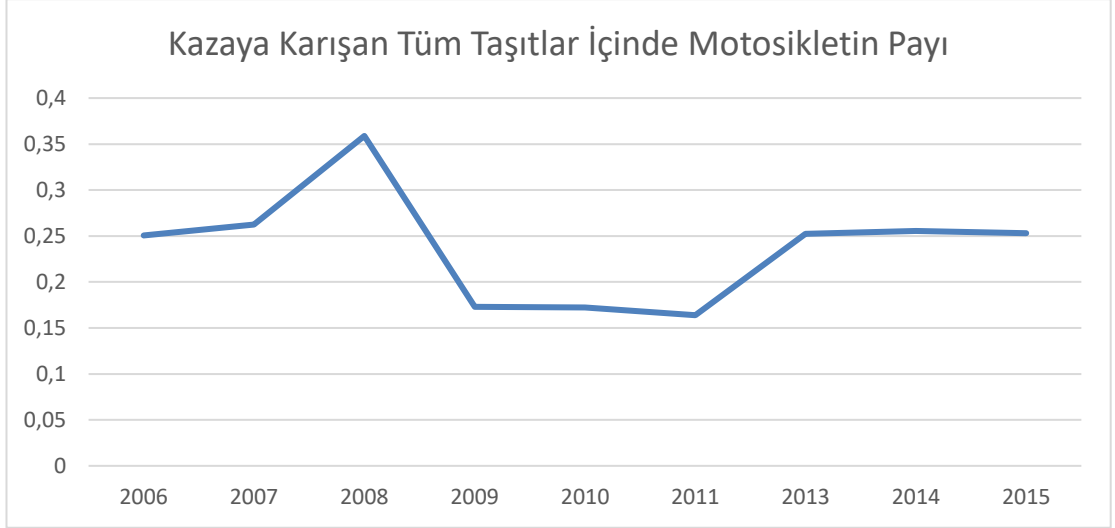
| Yıllar | Yıllar<br>Toplam<br>Kaza<br>Sayısı | Ölümlü,<br>Yaralanm<br>alı Kaza<br>Sayısı | Maddi<br>Hasarlı<br>Kaza<br>Sayısı | Ölü Sayısı |                 |                 | Yaralı<br>Sayısı |
|--------|------------------------------------|---|------------------------------------|------------|-----------------|-----------------|------------------|
|        |                                    |   |                                    | Toplam     | Kaza<br>yerinde | Kaza<br>sonrası |                  |
| 2006   | 728.755                            | 96.128                                    | 632.627                            | 4.633      | 4.633           | -               | 16.9080          |
| 2007   | 825.561                            | 106.994                                   | 718.567                            | 5.007      | 5.007           | -               | 189.057          |
| 2008   | 950.120                            | 104.212                                   | 845.908                            | 4.236      | 4.236           | -               | 184.468          |
| 2009   | 1.053.345                          | 111.121                                   | 942.224                            | 4.324      | 4.324           | -               | 201.380          |
| 2010   | 1.105.201                          | 116.804                                   | 988.397                            | 4.045      | 4.045           | -               | 211.496          |
| 2011   | 1.228.928                          | 131.845                                   | 1.097.083                          | 3.835      | 3.835           | -               | 238.074          |
| 2012   | 1.296.634                          | 153.552                                   | 1.143.082                          | 3.750      | 3.750           | -               | 268.079          |
| 2013   | 1.207.354                          | 161.306                                   | 1.046.048                          | 3.685      | 3.685           | -               | 274.829          |
| 2014   | 1.199.010                          | 168.512                                   | 1.030.498                          | 3.524      | 3.524           | -               | 285.059          |
| 2015   | 1.313.359                          | 183.011                                   | 1.130.348                          | 7.530      | 3.831           | 3.699           | 304.421          |
| 2016   | 1.182.491                          | 185.128                                   | 997.363                            | 7.300      | 3.493           | 3.807           | 303.812          |

Motosiklet kaza sayıları da motosiklet sayılarına benzer şekilde toplam kaza sayısının az bir kısmını oluşturmaktadır. Çizelge 4.5’de 2002-2016 yılları arasında gerçekleşen ölümlü-yaralanmalı trafik kazasına karışan motosiklet sayıları, ölüm ve yaralanma sayıları paylaşılmıştır (TÜİK, 2017).

**Çizelge 4.5:** 2002-2016 yılları arası motosiklet kaza istatistikleri (TÜİK, 2017).

| Yıl  | Trafiğe<br>kayıtlı taşıt<br>sayısı | Ölümlü<br>Yaralanmalı<br>Kazaya<br>Karışan Taşıt<br>Sayısı | Ölen<br>Sürücü<br>sayısı | Yaralanan<br>Sürücü<br>Sayısı | Kaza<br>yerinde<br>ölen | Hastanede<br>ölen |
|------|------------------------------------|--|--------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------|
| 2002 | 1.046.907                          | 10.838   | -                        | -                             | -                       | -                 |
| 2003 | 1.073.415                          | 11.357   | -                        | -                             | -                       | -                 |
| 2004 | 1.218.677                          | 14.943   | -                        | -                             | -                       | -                 |
| 2005 | 1.441.066                          | 14.943   | -                        | -                             | -                       | -                 |
| 2006 | 1.822.831                          | 24.078   | -                        | -                             | -                       | -                 |
| 2007 | 2.003.492                          | 28.078   | -                        | -                             | -                       | -                 |
| 2008 | 2.181.383                          | 37.395   | -                        | -                             | -                       | -                 |
| 2009 | 2.303.261                          | 19.210   | -                        | -                             | -                       | -                 |
| 2010 | 2.389.488                          | 20.101   | -                        | -                             | -                       | -                 |
| 2011 | 2.527.190                          | 21.604   | -                        | -                             | -                       | -                 |
| 2013 | 2.722.826                          | 40.699   | 292                      | 35.131                        | -                       | -                 |
| 2014 | 2.828.466                          | 43.059   | 333                      | 37.119                        | -                       | -                 |
| 2015 | 2.938.364                          | 46.310   | 880                      | 39.368                        | 328                     | 552               |
| 2016 | 3.003.733                          | 46.481   | 948                      | 39.729                        | 306                     | 642               |

Kazaya karışan motosiklet sayısı Çizelge 4.5’de, kazaya karışan motosiklet sayısının kazaya karışan tüm taşıtlara oranı Şekil 4.1’de grafik olarak gösterilmiştir. Kazaya karışan motosiklet sayısında en yüksek rakamlara 2016 yılında ulaşılmıştır. En büyük artış ise %61 ile 2005 yılı ile 2006 yılı arasında yaşanmıştır. Yukarıda paylaşılmış olan yıllar arasında tek düşüş yaşandığı dönem 2008-2009 yılları arasında %48 oranında yaşanmıştır. 2004-2005 yılları arasında ise kazaya karışan motosiklet sayılarında bir değişim gözlenmemiştir. 2014 yılı toplam ölü sayısı ile 2015 yılı toplam ölü sayısı arasındaki ciddi farkın sebebi 2015 yılından itibaren hastanede hayatını kaybedenlerin de kayda geçirilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu durumu kanıtlar şekilde 2015 yılı kaza yeri ölüm sayısı ile 2014 yılı toplam ölü sayıları benzerdir.



**Şekil 4.1:** Kazaya karışan tüm taşıtlar içinde motosikletin payı.

Şekil 4.1'deki grafikten görüldüğü üzere motosikletin genel içindeki payı en yüksek 2008 yılında ortaya çıkarken en düşük pay ise 2011 yılında gerçekleşmiştir. Grafikten görüleceği üzere 2008-2009 yılları arasında motosikletin tüm kazalar içindeki payı ciddi olarak azalırken 2011-2013 yılları arasında artış gerçekleşmiştir.

**Çizelge 4.6:** Otomobil ve motosiklet artış oranıyla kıyası.

| Yıl  | Otomobil   | Motosiklet | Otomobil Artış yüzdesi | Motosiklet Artış Yüzdesi | Otomobil artışının motosiklete oranı |
|------|------------|------------|------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| 2002 | 4.100.140  | 1.046.907  | 0,0218                 | 0,0253                   | 0,8603                               |
| 2003 | 4.700.343  | 1.073.415  | 0,1489                 | 0,1353                   | 1,1006                               |
| 2004 | 5.400.440  | 1.218.677  | 0,0689                 | 0,1825                   | 0,3778                               |
| 2005 | 5.772.745  | 1.441.066  | 0,0638                 | 0,2649                   | 0,2408                               |
| 2006 | 6.140.992  | 1.822.831  | 0,0539                 | 0,0991                   | 0,5441                               |
| 2007 | 6.472.156  | 2.003.492  | 0,0501                 | 0,0888                   | 0,5646                               |
| 2008 | 6.796.629  | 2 181.383  | 0,0437                 | 0,0559                   | 0,7830                               |
| 2009 | 7.093.964  | 2.303.261  | 0,0636                 | 0,0374                   | 1,6978                               |
| 2010 | 7.544.871  | 2.389.488  | 0,0753                 | 0,0576                   | 1,3069                               |
| 2011 | 8.113.111  | 2.527.190  | 0,0660                 | 0,0517                   | 1,2785                               |
| 2012 | 8.648.875  | 2.657.722  | 0,0734                 | 0,0245                   | 2,9974                               |
| 2013 | 9.283.923  | 2.722.826  | 0,0618                 | 0,0388                   | 1,5936                               |
| 2014 | 9.857.915  | 2.828.466  | 0,0742                 | 0,0389                   | 1,9096                               |
| 2015 | 10 589 337 | 2 938 364  | 0,0688                 | 0,0222                   | 3,0931                               |
| 2016 | 11 317 998 | 3 003 733  | 0,0074                 | 0,0004                   | 18,6120                              |

Çizelge 4.6'dan görüleceği üzere 2015 ve 2016 yıllarında otomobil ve toplam taşıt artışı motosiklet artışını diğer senelere oranla ciddi şekilde geride bırakmıştır.

Çizelge 4.7’de 2015 yılına ait farklı ülkelerin motosiklet kazası sonucu ölü ve yaralı kişi sayıları, taşıt filosu ve ölüm-yaralanma sayılarının motosiklet sayısına bölünmesiyle ortaya çıkan indeks paylaşılmıştır. ABD ve Almanya’da motosikletlerin toplam kat ettiği km’nin ölüm ve yaralanma sayılarına bölünmesiyle km başına düşen ölüm ve yaralanma miktarları elde edilmiş ve yıllara göre karşılaştırılması yapılmaktadır. Ülkemizde kat edilen toplam km tutulmadığı için diğer ülkeler ile kıyası kayıtlı taşıt sayısı üzerinden yapılacaktır.

**Çizelge 4.7:** Ülkelere ait motosiklet kaza istatistikleri karşılaştırması (2015).

| Ülke         | Ölüm  | Yaralanma | Kayıtlı taşıt sayısı | Motosiklet başına düşen ölüm (%) | Motosiklet başına düşen yaralanma (%) |
|--------------|-------|-----------|----------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| Türkiye      | 880   | 39.368    | 2.938.364            | 0,3                              | 1,34                                  |
| ABD          | 5.029 | 88.000    | 8.600.936            | 0,6                              | 1,02                                  |
| Almanya      | 701   | 45.345    | 4.145.392            | 0,2                              | 1,09                                  |
| Yeni Zelanda | 54    | 1.233     | 130.638              | 0,4                              | 0,94                                  |

Kıyas grubu içinde motosiklet başına düşen ölümlü kaza sayısı en fazla olan ülke Amerika Birleşik Devletleri iken en az ise Almanya’dadır. Türkiye kıyas grubu içinde Almanya ile Yeni Zelanda arasında yer almaktadır. Türkiye’de her bin motosikletten üç tanesinde ölümlü kaza gerçekleşmektedir. Kıyas grubu içinde motosiklet başına düşen yaralanmalı kaza sayısı en fazla olan ülke Türkiye’dir. Türkiye’de motosiklet başına 0,0134 yaralanmalı kaza düşmektedir. 2015 yılında her yüz motosiklet sürücüsünden bir tanesi yaralanmalı kaza yaşamıştır. Motosiklet başına yaralanmalı kaza sayısı en az olan ülke Yeni Zelanda’dadır.

## **5. VERİNİN TANITILMASI**

Bu çalışmada motosiklet güvenliğine etki eden unsurların belirlenmesi amacıyla belirlenen yol kesimlerinde saha çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada ilgili yol kesimlerinden motosiklet ile sürüş yapılarak, sürüş boyunca yapılan fren sayısı belirlenmiştir. Daha sonra da sürüş yapılan farklı yol kesimlerine ait çeşitli veriler elde edilmiştir. Bu veriler içerisinde tümsek sayısı, trafik ışığı sayısı, şerit sayısı, yol kenarı parklanma durumu, yol çizgisi durumu, yaya geçidi sayısı, kavşak durumuna ait bilgiler yer almaktadır. Bunlara ek olarak sayımlar ile trafik hacimleri belirlenmiştir. Ayrıca toplu taşıma araçlarının etkisini temsil etmesi amacıyla kesimlerden geçen minibüs hat sayısı ve otobüs hat sayısı verileri toplanmıştır.

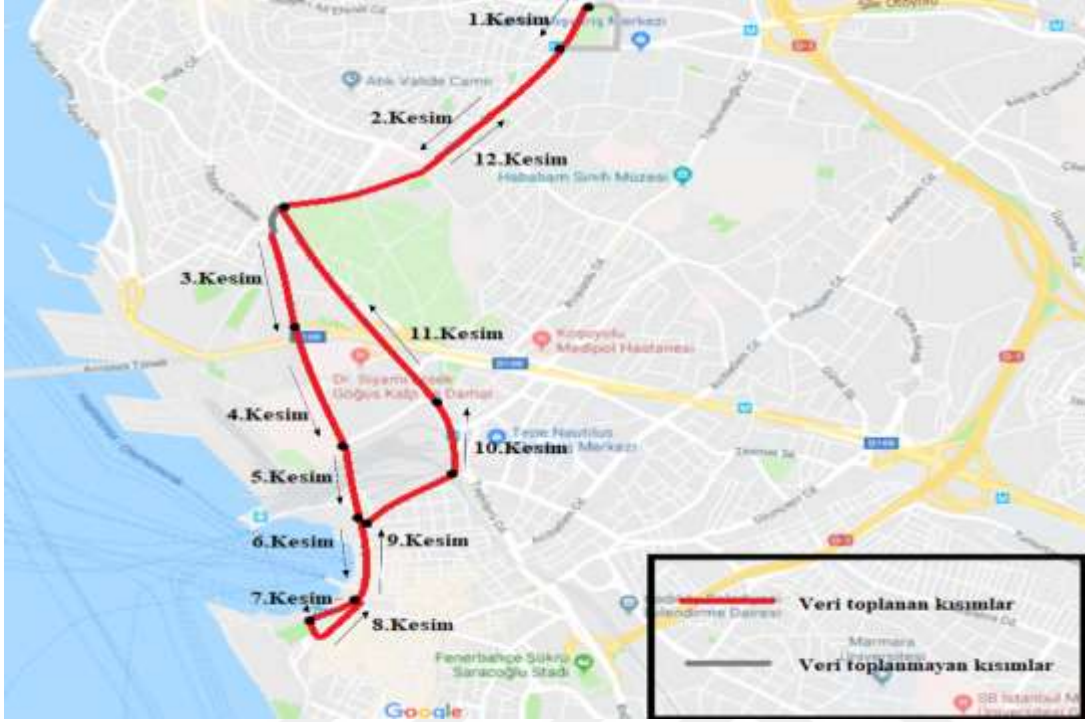
Bu çalışma kapsamında Kadıköy İlçesinde belirlenen, toplam uzunluğu 12 km olan yol kesiminde 2017 Kasım ayı içinde 4 hafta boyunca 45 saatlik video çekimi ile veri toplanmıştır. Çekimler sabah zirve saat 08:00-09:00 arası, akşam zirve saat 17:30-18:30 arası, zirve saat dışı 20:00'den sonra veya 11:00-12:00 arası yapılmıştır. Sürüşler günde üç defa gerçekleştirilmiştir. Her sürüş 1-1,5 saat arasında sürmüştür. Çalışma kapsamında sahadan toplamda 840 adet veri toplanılmıştır. Bu veriler tüm çalışma boyunca yapılan 70 sürüşün her birinde, her kesimde yapılan gözlemlerin ayrı ayrı bir araya getirilmesi ile elde edilmiştir.

Çalışma bölgesinden kaydedilen video görüntüleri izlenerek fren sayıları tespit edilmiştir. Yol ve çevre kapsamında toplanan veriler gözleme dayanmaktadır. Trafik verileri için kesimlerin ortasında sayımlar yapılmıştır.

### **5.1 Veri Toplanan Bölgenin Tanıtılması**

Belirlenen 12 km'lik kesimde birbirinden farklı özelliklere sahip 12 adet yol parçası bulunmaktadır. 12 km'nin içinde başlangıç noktasına dönüş için gereken ara yollar ve iki yol parçasını birbirine bağlayan kesimler mevcuttur. Bu kesimlerden veri

toplanmamıştır. Veri toplanan kısmın yaklaşık uzunluğu 9,2 km'dir. Şekil 5.1'de genel geçki ile dönüş geçkisi gösterilmiştir.



Şekil 5.1: Veri toplanan bölge üzerindeki geçki.

Bu çalışma için seçilen geçkide gidiş yönü İstanbul Anadolu yakası Üsküdar ilçesi Altunizade Mahallesi Nuh Kuyusu Caddesinden başlayarak sırasıyla Dr. Eyüp Aksoy Caddesi, Tıbbiye Caddesi, Rıhtım Caddesi; dönüş yönü ise İstanbul Anadolu yakası Kadıköy İlçesi Caferağa Mahallesi Albay Faik Sözdener Caddesinden başlayarak, Rıhtım Caddesi (geliş yönünün tersi), Orgeneral Şahap Güler Caddesi, Dr. Eyüp Aksoy Caddesi (geliş yönünün tersi), Nuh Kuyusu Caddesi (geliş yönünün tersi) geçilerek tamamlanmıştır. Altunizade-Kadıköy yönü Kadıköy'ün ilçe merkezine çıkmaktadır. Kadıköy-Altunizade yönü D-100 İstanbul Çevreyoluna, 15 Temmuz Şehitler Köprüsüne, Şile Otoyoluna ve Anadolu Yakasında Ümraniye ve Çekmeköy İlçelerine giden Kısıklı Caddesine çıkmaktadır.

### 5.1.1 Geçki seçimi

Çalışma kapsamında İstanbul, Kadıköy İlçesinde geçki belirlenirken aşağıdaki unsurlar dikkate alınmıştır:

- Kesimlerin birbiri içinde farklı ve benzer özellikler taşımaları amaçlanmıştır. Böylece benzer özellikler sabit alınırken farklı özellikler üzerinden karşılaştırma yapılması sağlanmıştır.
- Geçkinin başladığı noktaya yakın bitmesi ve böylece çalışmada yer almayacak kesimlerde vakit kaybının en azda tutulması amaçlanmıştır.
- Kent içi ulaşımında bulunan hemen hemen tüm etkenleri bulundurması hedeflenmiştir.

### 5.1.2 Çalışma bölgesinin özellikleri

Bu çalışmada sürüş yapılan bölgenin özelliklerinin motosiklet güvenliğine etkisi araştırılmıştır. Çalışma bölgesi her biri kendine has özellikler taşıyan 12 kesime ayrılmış ve bu bölgelere ait 11 değişkenin ve zirve saatin motosiklet güvenliğine etkisi araştırılmıştır. Kesimleri birbirinden ayıran özellikleri; trafik ışığı sayısı, tümsek sayısı, yaya geçidi sayısı, şerit sayısı, yol çizgisi durumu, trafik hacmi, zaman cinsinden aralık, kavşak sayısı, otobüs hat sayısı, minibüs hat sayısı ve yol kenarı parklanma durumudur.

Kesimlerin zirve içi ve zirve dışı saatlerdeki hacimlerinin ve hacimden türetilmiş taşıt izlem aralıklarının motosiklet üzerindeki etkisi irdelenmiştir.

Kesim-1 çalışmanın başlangıç noktasıdır. Nuh Kuyusu Caddesi üzerinde başlar ve son bulur. Uzunluğu 220 metredir. Bu kesimde üç kavşak mevcuttur. Bu kesimi kullanan 45 adet otobüs hattı ve altı adet minibüs hattı mevcuttur. Bu kesimde yaya geçidi, trafik ışığı, hız kesici tümsek ve yol çizgisi bulunmamaktadır. Yol üç şeritli tek yönlüdür ve yol kenarı parklanma mevcuttur. Kesim-1'e ait görsel Şekil 5.2'de paylaşılmıştır.



**Şekil 5.2:** Kesim-1'e ait görsel.

Kesim-2 Nuh Kuyusu Caddesi üzerinde başlar ve son bulur. Uzunluğu 1.700 metredir. Bu kesimde on üç kavşak mevcuttur. Bu kesimi kullanan yirmi adet otobüs hattı, dört adet minibüs hattı mevcuttur. Bu kesimde yaya geçidi ve hız kesici tümsek bulunmazken sekiz adet trafik ışığı yer almaktadır ve yol çizgisi bulunmamaktadır. Bu kesim iki şeritli bölünmüş yoldur ve yol kenarı parklanma mevcuttur. Kesim-2'ye ait görsel Şekil 5.3'de paylaşılmıştır.



**Şekil 5.3:** Kesim-2'ye ait görsel.

Kesim-3 Tıbbiye Caddesi üzerinde başlar ve son bulur. Uzunluğu 550 metredir. Bu kesimde dört kavşak mevcuttur. Bu kesimi kullanan on sekiz adet otobüs hattı, beş adet minibüs hattı mevcuttur. Bu kesimde bir adet yaya geçidi ve sekiz adet trafik ışığı bulunurken hız kesici tümsek ve yol çizgisi bulunmaktadır. Bu kesim iki şeritli tek yön yoldur ve yol kenarı parklanma mevcut değildir. Kesim-2'e ait görsel Şekil 5.4'de paylaşılmıştır.



**Şekil 5.4:** Kesim-3'e ait görsel.

Kesim-4 Tıbbiye Caddesi üzerinde başlar ve son bulur. Uzunluğu 650 metredir. Bu kesimde dört kavşak mevcuttur. Bu kesimi kullanan altmış üç adet otobüs hattı, beş adet minibüs hattı mevcuttur. Bu kesimde bir adet yaya geçidi, üç adet trafik ışığı ve iki adet hız kesici tümsek bulunmaktadır ve yol çizgisi bulunmaktadır. Bu kesim iki şeritli tek yöndür ve yol kenarı parklanma mevcut değildir. Kesim-4'e ait görsel Şekil 5.5'de paylaşılmıştır.



**Şekil 5.5:** Kesim-4'e ait görsel.

Kesim-5 Tıbbiye Caddesi üzerinde başlayan Rıhtım Caddesini birbirine bağlayan köprü kesimidir. Uzunluğu 450 metredir. Kavşak mevcut değildir. Bu kesimi kullanan altmış üç adet otobüs hattı, beş adet minibüs hattı mevcuttur. Bu kesimde yaya geçidi, trafik ışığı ve hız kesici tümsek bulunmamaktadır ve yol çizgisi bulunmaktadır. Bu kesim üç şeritli tek yöndür ve yol kenarı parklanma mevcut değildir. Kesim-5'e ait görsel Şekil 5.6'da paylaşılmıştır.



**Şekil 5.6:** Kesim-5'e ait görsel.

Kesim-6 Rıhtım Caddesi üzerinde başlar ve son bulur. Uzunluğu 500 metredir. Bu kesimde dört kavşak vardır. Bu kesimi kullanan otobüs hattı mevcut değilken beş adet minibüs hattı mevcuttur. Bu kesimde bir adet yaya geçidi, üç adet trafik ışığı ve yol çizgisi bulunurken hız kesici tümsek bulunmamaktadır. Bu kesim üç şeritli bölünmüş yoldur ve yol kenarı parklanma mevcut değildir. Kesim-6'ya ait görsel Şekil 5.7'de paylaşılmıştır.



**Şekil 5.7:** Kesim-6'ya ait görsel.

Kesim-7 Rıhtım Caddesi üzerinde başlar ve son bulur. Uzunluğu 230 metredir. Bu kesimde kavşak yoktur. Bu kesimi kullanan bir adet otobüs hattı, iki adet minibüs hattı mevcuttur. Bu kesimde yaya geçidi, hız kesici tümsek bulunmazken bir adet trafik ışığı ve yol çizgisi bulunmaktadır. Bu kesim üç şeritli tek yöndür ve yol kenarı parklanma mevcuttur. Kesim-7'ye ait görsel Şekil 5.8'de paylaşılmıştır.



**Şekil 5.8:** Kesim-7'ye ait görsel.

Kesim-8 Albay Faik Sözdener Caddesi üzerinde başlar ve son bulur. Uzunluğu 400 metredir. Bu kesimde kavşak mevcut değildir. Bu kesimi kullanan otobüs hattı ve minibüs hattı yoktur. Bu kesimde yaya geçidi, hız kesici tümsek bulunmazken dört adet trafik ışığı ve yol çizgisi bulunmaktadır. Bu kesim iki şeritli tek yöndür ve yol kenarı parklanma mevcuttur. Kesim-8'e ait görsel Şekil 5.9'da paylaşılmıştır.



**Şekil 5.9:** Kesim-8'e ait görsel.

Kesim-9 Rıhtım Caddesinde başlar, Org. Şuhap Güler Caddesi üzerinde son bulur. Uzunluğu 1.000 metredir. Bu kesimde on dört kavşak mevcuttur. Bu kesimi kullanan yetmiş adet otobüs hattı ve üç adet minibüs hattı mevcuttur. Bu kesimde yaya geçidi bulunmazken bir adet hız kesici tümsek, dört adet trafik ışığı ve yol çizgisi bulunmaktadır. Bu kesim dört şeritli tek yöndür ve yol kenarı parklanma mevcuttur. Kesim-9'a ait görsel Şekil 5.10'de paylaşılmıştır.



**Şekil 5.10:** Kesim-9'a ait görsel.

Kesim-10 Dr. Eyüp Aksoy Caddesi'nde başlar ve yine aynı cadde üzerinde son bulur. Uzunluğu 500 metredir. Bu kesimde kavşak yoktur. Bu kesimi kullanan on dokuz adet otobüs hattı ve üç adet minibüs hattı mevcuttur. Bu kesimde bir adet yaya geçidi, iki adet hız kesici tümsek ve yol çizgisi bulunurken trafik ışığı bulunmamaktadır. Bu kesim iki şeritli tek yöndür ve yol kenarı parklanma mevcuttur. Kesim-10'a ait görsel Şekil 5.11'de paylaşılmıştır.



**Şekil 5.11:** Kesim-10'a ait görsel.

Kesim-11 Dr. Eyüp Aksoy Caddesi'nde başlar ve yine aynı cadde üzerinde son bulur. Uzunluğu 1.700 metredir. Bu kesimde beş kavşak mevcuttur. Bu kesimi kullanan on yedi adet otobüs hattı ve üç adet minibüs hattı mevcuttur. Bu kesimde bir adet yaya geçidi, iki adet hız kesici tümsek ve yol çizgisi bulunurken trafik ışığı bulunmamaktadır. Bu kesim iki şeritli bölünmüş yoldur ve yol kenarı parklanma mevcut değildir. Kesim-11'e ait görsel Şekil 5.12'de paylaşılmıştır.



**Şekil 5.12:** Kesim-11'e ait görsel.

Kesim-12 Nuh Kuyusu Caddesi'nde başlar ve son bulur. Uzunluğu 1.300 metredir. Bu kesimde altı kavşak mevcuttur. Bu kesimi kullanan yirmi adet otobüs hattı ve iki adet minibüs hattı mevcuttur. Bu kesimde yaya geçidi ve hız kesici tümsek bulunmazken yedi adet trafik ışığı ve yol çizgisi bulunmaktadır. Bu kesim iki şeritli bölünmüş yoldur ve yol kenarı parklanma mevcut değildir. Kesim-12'ye ait görsel Şekil 5.13'de paylaşılmıştır.



**Şekil 5.13:** Kesim-12'e ait görsel.

Yol kesimlerinin özelliklerini karşılaştırabilmek için kesimlerine ait özellikler Çizelge 5.1'de toplu olarak paylaşılmıştır.

**Çizelge 5.1:** Kesimlere ait fiziksel veriler.

| Kesim No | Tümsek Sayısı | Yaya geçidi sayısı | Trafik ışığı sayısı | Kesim uzunluğu (m) | Kavşak sayısı | Yol kenarı parklanma | Şerit sayısı | Yol çizgisi |
|----------|---------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------|----------------------|--------------|-------------|
| 1        | 0             | 0                  | 0                   | 220                | 3             | Var                  | 3            | Yok         |
| 2        | 0             | 0                  | 8                   | 1.700              | 13            | Var                  | 2            | Yok         |
| 3        | 0             | 1                  | 2                   | 550                | 4             | Yok                  | 2            | Var         |
| 4        | 2             | 1                  | 3                   | 650                | 4             | Yok                  | 2            | Var         |
| 5        | 0             | 0                  | 0                   | 450                | 0             | Yok                  | 3            | Var         |
| 6        | 0             | 1                  | 3                   | 500                | 4             | Var                  | 2            | Var         |
| 7        | 0             | 0                  | 1                   | 230                | 0             | Var                  | 3            | Var         |
| 8        | 0             | 0                  | 4                   | 400                | 0             | Var                  | 2            | Yok         |
| 9        | 1             | 0                  | 3                   | 1.000              | 14            | Var                  | 4            | Yok         |
| 10       | 2             | 1                  | 0                   | 500                | 0             | Var                  | 2            | Var         |
| 11       | 0             | 0                  | 4                   | 1.700              | 5             | Var                  | 2            | Yok         |
| 12       | 0             | 0                  | 7                   | 1300               | 6             | Yok                  | 2            | Yok         |

Çalışma kapsamında ele alınan 2. ve 7. kesimler 1.700 metre ile en uzun iki kesimdir. İkisi, toplamın üçte birinden fazlasını temsil etmektedir. Kesim-1 ve Kesim-7 en kısa

iki kesimdir ve tüm geçkinin %4'ünü temsil etmektedirler. Kesim-5 yol çizgisi hariç hiçbir etken bulundurmamaktadır. Kesimlerin yalnızca üçünde (4, 9, 10) tümsek mevcuttur. Tümsek mevcudiyetine benzer şekilde yalnızca 3 kesimde (4, 9, 6) yaya geçidi mevcuttur. Kesimlerin sekizinde yol kenarı parklanma mevcutken, dördünde yol kenarı parklanma mevcut değildir. Kesimlerin altısında (1, 2, 8, 9, 11, 12) yol çizgisi bulunmazken altısında (3, 4, 5, 6, 7, 10) yol çizgisi vardır.

Kesimleri birbirlerinden ayıran bir diğer etken trafik verileridir. Kesimlere ait trafik verileri Çizelge 5.2'de toplu olarak gösterilmiştir. Birim otomobil dönüşümü yapılırken TS 6407 standardı temel alınmıştır (TSE , 2013)

**Çizelge 5.2:** Kesimlere ait trafik verileri.

| Kesim | Hacim (bo) |       |            | Ortalama zaman cinsinden aralık (sn) |       |            |
|-------|------------|-------|------------|--------------------------------------|-------|------------|
|       | Zirve      |       | Zirve dışı | Zirve                                |       | Zirve dışı |
|       | Sabah      | Akşam |            | Sabah                                | Akşam |            |
| 1     | 3.156      | 2.916 | 2.624      | 3,4                                  | 3,3   | 3,6        |
| 2     | 1.140      | 1.052 | 1.040      | 4,8                                  | 5,2   | 4,7        |
| 3     | 1.400      | 1.180 | 1.116      | 7,3                                  | 9,5   | 9,3        |
| 4     | 2.312      | 1.964 | 1.488      | 5,5                                  | 5,9   | 7,9        |
| 5     | 2.364      | 1.964 | 1.488      | 8,1                                  | 8,9   | 11,9       |
| 6     | 860        | 1.256 | 720        | 13,3                                 | 7,0   | 14,2       |
| 7     | 2.036      | 2.248 | 1.512      | 5,9                                  | 4,8   | 6,7        |
| 8     | 1.664      | 1.860 | 1.240      | 8,4                                  | 6,5   | 7,5        |
| 9     | 2.424      | 2.548 | 2.192      | 5,3                                  | 4,2   | 4,6        |
| 10    | 2.336      | 1.160 | 752        | 2,2                                  | 5,2   | 7,1        |
| 11    | 960        | 2.456 | 1.616      | 11,2                                 | 3,9   | 5,7        |
| 12    | 1572       | 1608  | 1216       | 3,2                                  | 3,0   | 3,9        |

Sabah zirve saat içinde en yüksek hacme Kesim-1 en düşük hacim ise Kesim-6'dadır. Akşam zirve saat içinde en yüksek hacme sabah zirve saat içi olduğu gibi Kesim-1 sahip iken en düşük hacme kesim-2 sahiptir. Zirve dışı saate en yüksek hacme zirve saatlerde olduğu gibi Kesim-1, en düşük hacme ise Kesim-6 sahiptir. Kesim-1 tüm zaman dilimlerinde en yüksek hacme sahiptir.

Sabah zirve saat içinde en düşük zaman cinsinden aralıkna Kesim-10, en yüksek zaman cinsinden aralık Kesim-6'dadır. Kesim-1 sabah zirve saat içinde en yüksek hacme sahiptir fakat şerit sayısı Kesim-10'dan fazla olduğu için zaman cinsinden aralık daha yüksektir. Kesim-6'nın sabah zirve saatte üç ve dört şeritli kesimlere oranla çok daha düşük hacme sahip olması, zaman cinsinden aralıklarının en yüksek çıkmasına sebep olmuştur. Akşam zirve saat içinde en düşük zaman cinsinden aralıkna Kesim-12, en yüksek zaman cinsinden aralıkna ise Kesim-3 sahiptir. Kesim-1 için

sabah zirve saatte olan durum akşam zirve saat için de geçerlidir. Zirve saat dışında en düşük zaman cinsinden aralık Kesim-1, en yüksek zaman cinsinden aralıkna ise Kesim-6 sahiptir. Bu durumun temel nedeni şerit sayılarına oranla Kesim-1'in zirve saat dışında en yüksek hacme, kesim-6 ise en düşük hacme sahip olmasıdır.

## 5.2 Açıklayıcı İstatistikler

Bu çalışma kapsamında motosiklet güvenliğini etkileyen unsurlar ve etki değerleri bulunmaya çalışılmıştır. Güvenliğin temel ölçütü olarak kilometre başına düşen fren sayısı seçilmiştir. Bu bölümde bir takım veriler paylaşılacak ve açıklanmaya çalışılacaktır. Veriler açıklanırken en yüksek, en düşük ve ortalama değerlerden faydalanılacaktır.

Çizelge 5.3'de kesimlere ait farklı ortalamalar sunulmuştur. Kesimlere ait kilometre başına düşen ortalama fren sayısı ve aritmetik ortalama fren sayısı paylaşılmıştır. Kilometre başına hesaplama ile uzunluğu fazla/az yapılan alanların etkisini ortadan kaldırmaktır. Kesimler için kilometre başına düşen ortalama fren sayısının anlamı bin metre başına düşen fren sayısını temsil etmektedir. Hesaplanmasında denklem 5.1 kullanılmıştır.

$$\text{Kilometreye düşen fren sayısı} = \frac{\text{Kesimde gerçekleşen fren sayısı}}{(\text{Kesim Uzunluğu})} \quad (5.1)$$

Her veri için kilometre başına düşen fren sayısı hesaplandıktan sonra kesimlerin kendi içlerinde aritmetik ortalamaları alınmıştır. Böylelikle kesim uzunluğunun etkisi ortadan kaldırılmıştır.

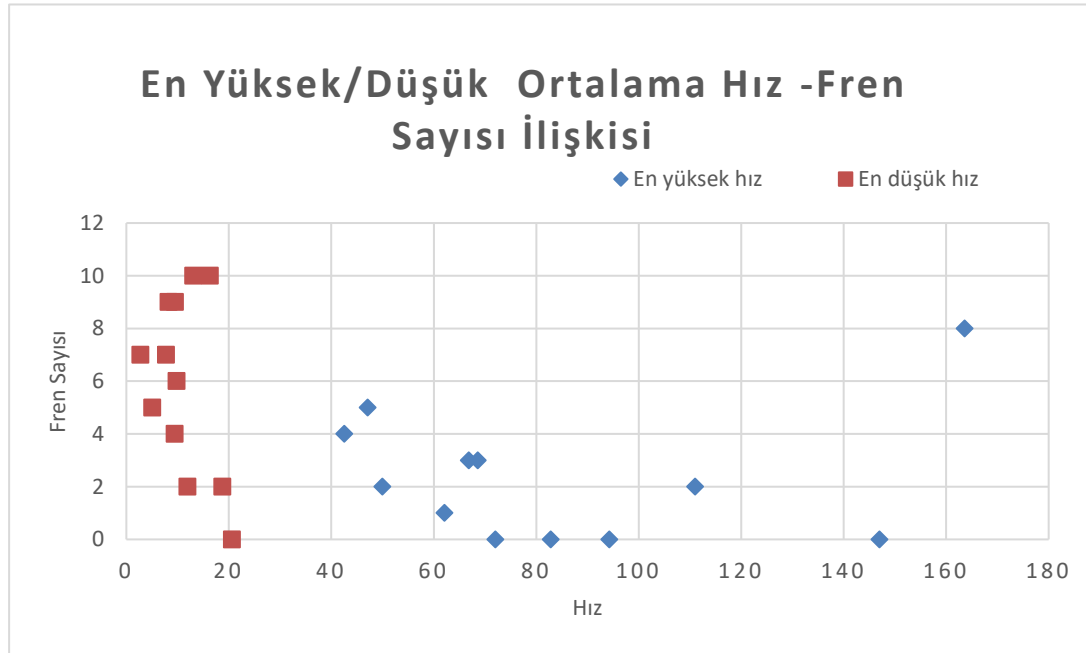
**Çizelge 5.3:** Kesimlere ait ortalama fren sayısı.

| Kesim No | Ortalama | Kilometreye düşen ortalama |
|----------|----------|----------------------------|
| 1        | 1,78     | 8,09                       |
| 2        | 7,90     | 4,65                       |
| 3        | 0,34     | 0,62                       |
| 4        | 2,86     | 4,40                       |
| 5        | 0,26     | 0,58                       |
| 6        | 2,84     | 5,68                       |
| 7        | 1,46     | 6,35                       |
| 8        | 3,00     | 7,50                       |
| 9        | 4,30     | 4,30                       |
| 10       | 1,43     | 2,86                       |
| 11       | 3,21     | 1,89                       |
| 12       | 5,97     | 4,59                       |
| Genel    | 2,95     | 4,29                       |

Çizelge 5.4’de kesimler geçilirken yapılmış en yüksek ve en düşük ortalama hızlarla bu hız değerleri gerçekleştirildiğinde yapılan fren sayıları paylaşılmıştır. Şekil 5.14’de en yüksek ve en düşük ortalama hızlarla bu hız değerleri gerçekleştirildiğinde yapılan fren sayıları grafikte işaretlenmiştir. Fren sayısı azaldıkça hızın arttığı ya da hız arttıkça fren sayısı azaldığı kanısına Çizelge 5.4 ve Şekil 5.14’den varılamamıştır. Örneğin Kesim-3’e ait verilerde en hızlı ve yavaş sürüşlerin ikisinde de fren yapılmamıştır. Benzer şekilde Kesim-9’da en hızlı sürüşte sekiz fren yapılırken en yavaş sürüşte dokuz kez fren yapılmıştır. Diğer bir taraftan Şekil 5.14’den görüleceği şekilde yüksek hız veya düşük hızlar için eğilim doğruları oluşturulamamaktadır.

**Çizelge 5.4:** En yüksek/düşük ortalama hız-fren sayısı ilişkisi.

| Kesim No | En yüksek hız (km/sa) | Fren Sayısı | En düşük hız (km/sa) | Fren Sayısı |
|----------|-----------------------|-------------|----------------------|-------------|
| 1        | 72,00                 | 0           | 2,76                 | 7           |
| 2        | 47,08                 | 5           | 13,02                | 10          |
| 3        | 94,29                 | 0           | 20,62                | 0           |
| 4        | 66,86                 | 3           | 18,72                | 2           |
| 5        | 147,00                | 0           | 11,91                | 2           |
| 6        | 50,00                 | 2           | 7,72                 | 7           |
| 7        | 82,80                 | 0           | 9,40                 | 4           |
| 8        | 68,57                 | 3           | 5,07                 | 5           |
| 9        | 163,63                | 8           | 9,47                 | 9           |
| 10       | 62,07                 | 1           | 9,83                 | 6           |
| 11       | 111,00                | 2           | 16,27                | 10          |
| 12       | 42,55                 | 4           | 8,21                 | 9           |



**Şekil 5.14:** En yüksek/düşük ortalama hız-fren sayısı ilişkisi.

Çizelge 5.5’de günlere ait ortalama fren sayısı, Çizelge 5.6 ise günlere ait ortalama hızlar paylaşılmıştır. Paylaşılan hız ve fren sayısı değerlerinde zirve içi/dışı ayrımı yapılmamıştır.

**Çizelge 5.5:** Gün-ortalama fren sayısı ilişkisi.

| Kesim No | Pazartesi | Salı | Çarşamba | Perşembe | Cuma | Cumartesi | Pazar | Ortalama |
|----------|-----------|------|----------|----------|------|-----------|-------|----------|
| 1        | 2,30      | 2,60 | 1,60     | 2,10     | 0,90 | 1,80      | 1,20  | 1,78     |
| 2        | 7,70      | 7,60 | 7,50     | 8,40     | 8,00 | 7,30      | 8,80  | 7,90     |
| 3        | 0,50      | 0,10 | 0,40     | 0,30     | 0,70 | 0,10      | 0,30  | 0,34     |
| 4        | 2,90      | 2,70 | 3,20     | 2,90     | 2,90 | 2,80      | 2,60  | 2,86     |
| 5        | 0,10      | 0,20 | 0,00     | 0,40     | 0,30 | 0,60      | 0,20  | 0,26     |
| 6        | 2,70      | 2,70 | 3,30     | 2,30     | 2,40 | 4,30      | 2,20  | 2,84     |
| 7        | 1,90      | 1,60 | 1,30     | 1,10     | 1,40 | 1,90      | 1,00  | 1,46     |
| 8        | 3,20      | 2,90 | 2,50     | 2,70     | 2,90 | 3,50      | 3,30  | 3,00     |
| 9        | 4,60      | 4,60 | 4,40     | 3,00     | 5,00 | 4,60      | 3,90  | 4,30     |
| 10       | 1,40      | 2,00 | 1,50     | 1,50     | 1,20 | 1,20      | 1,20  | 1,43     |
| 11       | 3,30      | 3,70 | 3,60     | 3,00     | 4,10 | 1,90      | 2,90  | 3,21     |
| 12       | 7,90      | 6,10 | 5,90     | 5,50     | 7,00 | 4,20      | 5,20  | 5,97     |
| Ort      | 3,21      | 3,07 | 2,93     | 2,77     | 3,07 | 2,85      | 2,73  | 2,95     |

**Çizelge 5.6:** Günlere ait ortalama hız değerleri (km/sa).

| Kesim No | Pazartesi | Salı  | Çarşamba | Perşembe | Cuma  | Cumartesi | Pazar | Ortalama |
|----------|-----------|-------|----------|----------|-------|-----------|-------|----------|
| 1        | 23,44     | 28,20 | 22,06    | 20,01    | 26,29 | 22,34     | 29,87 | 24,60    |
| 2        | 21,65     | 25,18 | 21,14    | 22,18    | 21,09 | 22,69     | 21,68 | 22,23    |
| 3        | 49,54     | 53,77 | 47,74    | 59,76    | 46,21 | 57,01     | 54,79 | 52,69    |
| 4        | 30,07     | 37,72 | 27,72    | 33,47    | 31,67 | 36,18     | 44,84 | 34,52    |
| 5        | 75,05     | 80,53 | 70,52    | 75,11    | 69,71 | 71,03     | 92,60 | 76,36    |
| 6        | 20,23     | 25,01 | 20,29    | 23,37    | 24,11 | 15,6      | 23,34 | 21,71    |
| 7        | 36,07     | 34,96 | 29,58    | 30,72    | 29,17 | 26,05     | 38,67 | 32,17    |
| 8        | 16,89     | 19,43 | 19,70    | 19,47    | 17,11 | 13,34     | 21,14 | 18,15    |
| 9        | 32,54     | 34,06 | 25,11    | 30,99    | 41,84 | 22,50     | 35,17 | 31,74    |
| 10       | 43,95     | 36,25 | 39,88    | 41,33    | 43,12 | 44,84     | 48,60 | 42,57    |
| 11       | 55,91     | 54,01 | 44,12    | 52,33    | 44,74 | 55,60     | 58,34 | 52,15    |
| 12       | 18,02     | 24,04 | 21,15    | 21,83    | 18,99 | 21,41     | 27,89 | 21,90    |
| Ort      | 35,28     | 37,76 | 32,42    | 35,88    | 34,50 | 34,05     | 41,41 | 35,90    |

Gün temelli ortalama fren sayılarına bakıldığında Cumartesi günü beş kesimin, Pazartesi ise dört kesimin en az ortalama fren sayısına sahip olduğu görülmektedir. Hafta sonunun 12 kesimden dokuzu için daha az fren sayısına sahip olmasının bu zamanlardaki sürüşlerin daha güvenli olduğu anlamına gelmesi olasıdır. Fakat Cumartesi günü dört kesim için en yüksek fren sayısına da sahiptir. Kısacası gün temelli ortalamaların tutarlı olmadığı görülmüştür. Ortalama fren sayıları incelendiğinde en düşük fren sayısına Perşembe gününün sahip olduğu görülmüştür.

Günlere ait hız değerlerine bakıldığında Pazar gününe ait ortalamanın diğer günlere oranla daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Hemen hemen tüm kesimlerde (Kesim-2 hariç) Pazar günü, ortalamanın üzerinde hızlara sahiptir. Çarşamba günü ise diğerleri ile kıyas edildiğinde en yavaş gün olarak göze çarpmaktadır. Çarşamba günü kesimlere ait ortalama hızların Kesim-8 hariç olmak üzere kesimlerin ortalamasından düşük olduğu görülmüştür. Fakat hız ile fren sayısı arasında ilişki bulunamamıştır. Kesimler arasında en yüksek hız yapılan kesim Kesim-5 iken en yavaş hızla gidilen kesim Kesim-8'dir. İki kesim de kısa olmasına rağmen Kesim-5 taşıt hızını engelleyecek trafik ışığı, yaya geçidi, tümsek, yol kenarı parklanma gibi unsurlar bulunmayan bir kesimdir.

Çizelge 5.7'de sabah ve akşam zirve saat içine ve zirve saat dışına ait hacimler ve ortalama fren sayıları paylaşılmıştır.

**Çizelge 5.7:** Trafik hacimleri-ortalama fren sayısı.

| Kesim No | Sabah Zirve |                      | Akşam Zirve |                      | Zirve dışı |                      |
|----------|-------------|----------------------|-------------|----------------------|------------|----------------------|
|          | Hacim (bo)  | Ortalama Fren Sayısı | Hacim (bo)  | Ortalama Fren Sayısı | Hacim (bo) | Ortalama Fren Sayısı |
| 1        | 3.156       | 0,71                 | 2.916       | 2,88                 | 2.624      | 1,50                 |
| 2        | 1.140       | 7,89                 | 1.052       | 8,26                 | 1.040      | 7,07                 |
| 3        | 1.400       | 0,28                 | 1.180       | 0,42                 | 1.116      | 0,28                 |
| 4        | 2.312       | 3,03                 | 1.964       | 2,77                 | 1.488      | 2,71                 |
| 5        | 2.364       | 0,10                 | 1.964       | 0,46                 | 1.488      | 0,21                 |
| 6        | 860         | 1,89                 | 1.256       | 3,50                 | 720        | 3,50                 |
| 7        | 2.036       | 1,00                 | 2.248       | 1,80                 | 1.512      | 1,71                 |
| 8        | 1.664       | 2,46                 | 1.860       | 3,84                 | 1.240      | 2,42                 |
| 9        | 2.424       | 3,21                 | 2.548       | 5,34                 | 2.192      | 4,28                 |
| 10       | 2.336       | 1,60                 | 1.160       | 1,38                 | 752        | 1,07                 |
| 11       | 960         | 3,60                 | 2.456       | 2,92                 | 1.616      | 3,00                 |
| 12       | 1.572       | 5,71                 | 1.608       | 6,84                 | 1.216      | 4,84                 |

Çizelge 5.7'de hacimlerle birlikte verilen tabloda da görüleceği üzere dokuz kesimin akşam fren sayısı ortalamaları sabahkinden yüksektir.

Hacimler ile fren sayıları incelendiğinde hacmin artması veya azalması ile fren sayısı arasında doğrudan ilişkiye rastlanamamıştır. Fren sayının hacim artışıyla, azaldığı veya hacim azalışıyla arttığı çizelgeden okunamamıştır. Bunun sebebi motosikletin diğer taşıtlar gibi şerit takibi yapmaması, yol dışını kullanması veyahut taşıtlarla şerit paylaşması olabilir. Benzer şekilde, ağır taşıtlar toplam taşıt içindeki payının da fren sayısına doğrudan etkisine rastlanmamıştır.

## 6. MODEL ÇÖZÜMLEMESİ

Modeller çeşitli mühendislik disiplinlerinde sık sık kullanılmaktadır. Ulaştırma mühendisliğinde de farklı amaçlar için farklı özelliklerde modeller kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında ağırlıklı olarak tür seçimlerinin modellemesinde kullanılan seçim modeli yaklaşımı kullanılmıştır. Bu kapsamda, motosikletin seyri boyunca kilometre başına frene basma sayısı bir seçim olarak değerlendirilmiştir. Böylece, bu çalışmada dikkate alınan unsurların frene basma sayısına olan etkisi araştırılmıştır. Motosikletlerin diğer taşıtlara oranla daha yakın izlem uzaklıklarının bulunması ve frenleme sistemlerinin iki veya daha fazla dingile sahip taşıtlara göre zayıf olması nedenleriyle frene basma sayısının artışının güvenlik açısından olumsuz etkisi olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada oluşturulan seçim modelinde, sürekli bir değişken olan frene basma sayısı belirlenen eşik değerlere bağlı olarak üç seviyeden oluşan kesikli bir değişkene dönüştürülmüştür. Her bir seviyede bir öncekine göre frene basma sayısı artmaktadır ve buna bağlı olarak üst seviyelere geçilmesi ile seyir güvenliğinin azaldığı kabul edilmiştir.

### 6.1 Modelin Yapısı

Genellikle bireysel seçim modellerinin temeli, seçim yapılırken en fazla faydası olanın seçileceği fikrine dayanmaktadır. Seçimlerin faydalarının açıklanması için Rastgele Fayda Teoremi kullanılır. Bu teorem kapsamında, seçimlerin faydasını ifade etmek için kullanılan fonksiyona fayda fonksiyonu denmektedir. Fayda fonksiyonunun (denklem 6.1) iki temel bileşeni olduğu kabul edilmektedir (Tezcan, 2017).

$$U_i = V_i + \epsilon_i \quad (6.1)$$

$U_i$ = i seçimlerinin faydası

$V_i$ = faydanın tanımlayıcı bileşeni

$\varepsilon_i$ = faydanın rassal bileşeni

Denklemdaki  $V_i$  tanımlayıcı bileşeni, seçime etkisi olan ölçülebilen büyüklükleri ifade ederken,  $\varepsilon_i$  rassal bileşeni seçime etkisi olan ve ölçülemeyen olasılıksal özellikleri ifade eden bileşendir. Fayda fonksiyonları yalnızca tanımlayıcı bileşenden oluşsa idi bir seçeneğin seçilip seçilmeyeceği kararına kesin olarak varılabilmektedir. Fakat rassal bileşenin varlığın dolayı, fayda fonksiyonlarından ancak seçeneklerin seçilip seçilmeyeceği olasılığına ulaşılabilir. Bir türün seçilme olasılığı o türün faydasının ona seçenek olan tür veya türlerin faydasından büyük olma olasılığına eşittir. Bu eşitliği veren denklem denklem 6.2'de paylaşılmıştır (Tezcan, 2017).

$$P_i = P(U_i > U_j) \quad (6.2)$$

Seçim modellerinde rassal terimlerin aynı dağılıma sahip ve bağımsız olduğu kabul edilerek olasılık hesabı yapılmaktadır. Rassal değişkenin Tip I Ekstrem Değer dağılımına uyduğu varsayıldığında lojit model olarak adlandırılmaktadır. Öte yandan, rassal değişkenin normal dağılıma uyduğu varsayıldığında ise elde edilen model probit model olmaktadır. Lojit modelde denklem 6.3'ten faydalanılarak  $P_i$  olayının gerçekleşme olasılığına ulaşılır.

$$P_i = \frac{e^{V_i}}{e^{V_i} + e^{V_j}} \quad (6.3)$$

Seçeneği iki tane olduğunda denklem 6.3 kullanılarak i veya j seçeneğinin seçilme olasılığına ulaşılabilir. Seçenek sayısı ikiden daha fazla olduğunda ise i seçeneğinin seçilme olasılığı bulunurken denklem 6.4 kullanılır.

$$P_i = \frac{e^{V_i}}{\sum_{k=1}^n e^{V_k}} \quad (6.4)$$

Bağımsız değişkenlerin fayda fonksiyonu içindeki katsayıları en çok olabilirlik (maximum likelihood) yöntemi kullanılarak bulunur. Olabilirlik fonksiyonu yerine çoğunlukla kendisinin logaritmasının kullanımı tercih edilmektedir. Log olabilirlik fonksiyonu denklem 6.5'de paylaşılmıştır (Koppelman ve Bhat, 2006).

$$LL(\beta) = \text{Log}(L(\beta)) = \sum_{s \in S} \sum_{i \in J} \delta_{is} \cdot \ln(P_{si}(\beta)) \quad (6.5)$$

$\delta_{is}$  i seçiminin s bireyi tarafından seçilmesi durumunda 1 tersi durumunda 0 alınan değişkendir.  $P_{si}$  ise i seçeneğinin s bireyi tarafından seçilme olasılığına karşılık gelmektedir (Koppelman ve Bhat, 2006).

## 6.2 Model Testleri

Model oluşturularak katsayılar öngörüldükten sonra katsayıların ve işaretlerinin tutarlılıkları birtakım testlerden geçirilir. Bu testlerden aşağıda kısaca bahsedilmiştir.

Model parametrelerinin işaretlerini ve büyüklüklerini inceleyen testler üç temel başlıkta (Parametrelerin işaretleri testi, seçeneklerin parametre değerleri içindeki farkları sorgulama testi, parametrelerin eşleşme oranı testi) altında toplanır. Parametrelerin işaretleri testi; maliyet ve süre gibi her zaman artışının bize zarar ettirdiğini düşündüğümüz parametrelerin denklem içinde negatif işaret alıp almamasının incelenmesidir. Böylelikle beklentilerimiz ile modelin güvenilirliği sorgulanmaktadır. Seçeneklerin parametre değerleri içindeki farkları sorgulama testi; önceden etkisi bilinen tercihlerin bir tercih için pozitif veya katsayısının daha büyük olmasını beklediğimiz durumlarda yapılan sorgulamadır. Örneğin gelir düzeyi arttıkça tek başına taşıt kullanımında artış olması beklenir. Diğer seçeneklere oranla gelirin tek başına taşıt kullanmaya ait fayda fonksiyonunda daha yüksek değerler alması beklenir. Son test ise parametrelerin eşleşme oranıdır. Bu test, parametre oranları üzerinden elde edilen değerlerin gerçek değerleri ile kıyasıyla karar verilen test türüdür.

Değişkenler ile ilgili bir başka test ise t-test'idir. Katsayıların standart hatalarına bölünmesiyle ortaya çıkan değer t-istatistiği olarak adlandırılmaktadır. Teste ait matematik denklem 6.6'da paylaşılmıştır (Tezcan, 2017).

$$t - \text{istatistik} = \frac{\beta_k}{S_k} \quad (6.6)$$

Burada  $\beta_k$  k ya karşılık gelen öngörülen katsayı değeridir ve  $S_k$  ise k ya karşılık öngörülen standart hatasıdır. Bu test, değişkenlerin geçerliliğini sorgulamakta kullanılır. Değişkenlerin t-istatistikleri -1,960 ve +1,960 aralığı dışına düşerse %95 güven aralığında %5 anlamlılık düzeyinde olduğunu, -1,645 ve +1,645 aralığı dışına düşerse %90 güven aralığında %10 anlamlılık düzeyinde olduğunu temsil eder (Tezcan, 2017).

Bir diğer model için faydalanılan test ise Ki-kare testidir. Bu test kapsamında bir referans model ile öngörülen modelin kıyası yapılır ve öngörü modelinin iyi olup olmadığı sorgulanır. Teste ait matematiksel eşitlik denklem 6.7’de paylaşılmıştır (Koppelman ve Bhat, 2006).

$$-2LL = -2[LL_R - LL_T] \quad (6.7)$$

$LL_R$  referans modelin log-olabilirlik değerini temsil ederken  $LL_T$  öngörü modelinin log-olabilirlik değerini temsil etmektedir. Elde edilen  $-2LL$  değerinin referans model ile öngörülen modeldeki değişken sayılarının farkı kadar serbestlik derecesi için hesaplanan kritik Ki- kare değerini aşması beklenir (Tezcan, 2017).

Lojit modele uygulanabilecek bir diğer test ise uyum iyiliği testidir. Bir diğer adı ro-kare testidir. Genel olarak modelin yeterli düzeyde açıklayıcı olup olmadığını test eder. denklem 6.8,  $\rho^2$  işlemine ait matematiksel eşitliği vermektedir (Koppelman ve Bhat, 2006).

$$\rho^2 = 1 - \frac{LL_T}{LL_R} \quad (6.8)$$

Ro-kare değeri 1’e yaklaştıkça modelde yer alan değişkenlerin seçimlerini daha iyi açıkladığı kabul edilir (Koppelman ve Bhat, 2006).

### 6.3 Model Kurulumu ve Sonuçları

Bu çalışmadaki seçim modeli öngörülürken farklı kesim uzunluklarının etkisini ortadan kaldırmak için kilometreye düşen fren sayısı seçim değişkeni olarak alınmıştır. Sürekli olan bu değişkeni kesikli hale dönüştürmek ve daha önce açıklanmış olan seviyeleri oluşturmak için Çizelge 6.1’de verilen eşik değerler kullanılmıştır.

**Çizelge 6.1:** Seviyelere karşılık gelen kilometreye düşen fren sayısı.

| Seviye   | Kilometreye düşen fren sayısı aralığı |
|----------|---------------------------------------|
| Seviye 1 | 0-4                                   |
| Seviye 2 | 4-8                                   |
| Seviye 3 | 8+                                    |

Eşik değerlerin belirlenmesinde farklı seviye sayılarına göre her bir seviyeye düşen veri sayısı ve yeterli sayıda değişken içeren hatasız bir seçim modelinin

öngörülebilmesi ölçütlerine göre farklı seçenekler araştırılmıştır. Bu araştırma kapsamında seviye sayısının en az üç en fazla altı olduğu durumlar için farklı eşik değer denemeleri yapılmıştır. Bu denemeler sonucunda Çizelge 6.1’de görülen ve kilometre başına dört fren sayısına göre değişen üç seviyeli modele karar verilmiştir.

Çalışma kapsamında toplanan verilerden oluşturulan değişkenleri ifade etmek için kullanılan isimler ve kısaltmaları Çizelge 6.2’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde tümsek sayısı, trafik ışığı sayısı, yaya geçidi sayısı ve kavşak sayısı değişkenlerinin, seçim değişkenine uygun olarak kilometre başına düşen değerleri ile alındığı, diğer değişkenlerin ise gerçek değerleriyle veya kukla değişken olarak kullanıldığı görülmektedir.

**Çizelge 6.2:** Değişkenlerin isim ve kısaltmaları.

| DEĞİŞKENİN KISALTMASI | DEĞİŞKENİN İSMİ                                 |
|-----------------------|---|
| ZRV*                  | Ölçüm zirve saat içinde ise 1 değilse 0         |
| TUM                   | Kesimde kilometreye düşen tümsek sayısı         |
| TRFK                  | Kesimdeki kilometreye düşen trafik ışığı sayısı |
| HIZ                   | Yolculuk hızı (km/s)                            |
| OSAY                  | Kesimden geçen otobüs hattı sayısı              |
| MSAY                  | Kesimden geçen minibüs hattı sayısı             |
| OTAK                  | Kesimdeki ortalama zaman cinsinden aralık       |
| KTLM                  | Kesimde kilometreye düşen kavşak sayısı         |
| PARK*                 | Yol kenarı parklanma var ise 1 yoksa 0          |
| SER                   | Kesimdeki şerit sayısı                          |
| YOLC*                 | Yol çizgisi varsa 1 yoksa 0                     |
| YAGE                  | Kesimde kilometreye düşen yaya geçidi sayısı    |

\*kukla değişken

Modelin tutarlı ve hatasız sonuçlar verebilmesi için fayda fonksiyonlarında birbiri ile ilişkisi yüksek olan değişkenlerin bir arada yer almaması gerekir. Değişkenlerin birbirleri ile olan ilişki derecesini belirleyebilmek için Çizelge 6.3’de verilen korelasyon matrisi kullanılmıştır.

**Çizelge 6.3:** Değişkenlerin korelasyon matrisi.

|       | ZRV    | TUM    | TRFK   | HIZ    | OSAY   | MSAY   | OTAK   | KTLM   | PARK  | S E R | YOLC  | YAGE  |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| ZRV   | 1,000  |        |        |        |        |        |        |        |       |       |       |       |
| TUM   | 0,000* | 1,000  |        |        |        |        |        |        |       |       |       |       |
| TRFK  | 0,000* | 0,561  | 1,000  |        |        |        |        |        |       |       |       |       |
| HIZ   | 0,000* | -0,281 | -0,044 | 1,000  |        |        |        |        |       |       |       |       |
| OSAY  | -0,238 | 0,030  | 0,024  | -0,297 | 1,000  |        |        |        |       |       |       |       |
| MSAY  | 0,000* | 0,423  | -0,001 | -0,244 | -0,066 | 1,000  |        |        |       |       |       |       |
| OTAK  | 0,000* | 0,285  | 0,172  | -0,382 | -0,014 | 0,695  | 1,000  |        |       |       |       |       |
| KTLM  | -0,168 | -0,218 | 0,316  | 0,189  | 0,187  | -0,417 | -0,377 | 1,000  |       |       |       |       |
| PARK  | 0,000* | -0,134 | -0,014 | -0,144 | -0,155 | 0,700  | 0,603  | -0,197 | 1,000 |       |       |       |
| S E R | 0,000* | -0,051 | -0,183 | 0,066  | -0,206 | -0,074 | -0,140 | -0,122 | 0,123 | 1,000 |       |       |
| YOLC  | 0,000* | -0,134 | -0,457 | -0,373 | 0,077  | 0,410  | -0,057 | -0,184 | 0,400 | 0,184 | 1,000 |       |
| YAGE  | 0,000* | -0,563 | -0,365 | 0,426  | 0,697  | 0,405  | 0,176  | -0,159 | 0,265 | 0,653 | 0,210 | 1,000 |

\*Değerleri çok küçük olduğu için sıfır olarak görülmektedir

Çizelge 6.3’de verilen korelasyon matrisine göre YAGE, MSAY ve OSAY değişkenlerine fayda fonksiyonlarında yer verilmemiştir. Geriye kalan dokuz değişken ise çeşitli denemelerle modele eklenip çıkarılarak, katsayı t-istatistiklerinin neredeyse tamamının %95’in üzerinde kaldığı bir model elde edilmiştir. Model tasarımı yapılırken seçim modeline giren üç seviyeden Seviye 1 ve Seviye 2 için fayda fonksiyonları belirlenmiş, Seviye 3 için herhangi bir fayda fonksiyonu üretilmeyerek bu seviye referans seviye olarak seçilmiştir. Bu durumda referans seviye kilometre başına en çok fren yapılan ve dolayısıyla bu çalışmanın ana kabulüne göre motosiklet seyir güvenliği açısından en elverişsiz durum olmaktadır. Ayrıca bu yaklaşım ile model katsayı öngörülerinin yorumlanması Seviye 3’e göre yapılmaktadır. Modele ait katsayı öngörülerini Çizelge 6.4’de yer almaktadır. Çizelgede verilen t-istatistikleri incelendiğinde şerit sayısını temsil eden SER değişkeninin her iki fayda fonksiyonunda, kilometre başına kavşak sayısını temsil eden KTL değişkeninin ise

yalnızca Seviye 2'nin fayda fonksiyonunda istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir.

**Çizelge 6.4:** Model katsayı öngörü sonuçları.

| Değişken | Katsayı | t-istatistiği |
|----------|---------|---------------|
| Seviye 1 |         |               |
| ZRV      | 0,705   | 1,988*        |
| SER      | -0,227  | -0,800        |
| TUM      | 0,851   | 3,218*        |
| TRFK     | -0,586  | -6,312*       |
| HIZ      | 0,052   | 4,297*        |
| OTAK     | 0,548   | 5,496*        |
| PARK     | -3,621  | -6,230*       |
| KTLM     | -0,150  | -3,268*       |
| YOLC     | -2,749  | -5,548*       |
| Sabit    | 3,981   | 3,925*        |
| Seviye 2 |         |               |
| ZRV      | 0,713   | 2,181*        |
| SER      | -0,233  | -0,984        |
| TUM      | 0,954   | 3,668*        |
| TRFK     | -0,007  | -0,090        |
| HIZ      | 0,034   | 2,903*        |
| OTAK     | 0,239   | 2,714*        |
| PARK     | -1,724  | -3,067*       |
| KTLM     | -0,006  | -0,166        |
| YOLC     | -1,105  | -2,869*       |
| Sabit    | 1,094   | 1,126         |
| $LL_R$   |         | -821,046      |
| $LL_T$   |         | -600,966      |
| -2LL     |         | 440,170       |
| $\rho^2$ |         | 0,260         |

\* %95 güven aralığında %5 anlamlılık düzeyinde

Bölüm 6.2'de açıklamaları ve denklemleri verilen testler modele uygulanmıştır. Model parametrelerinin işaretlerini ve büyüklüklerini inceleyen testler için belli geçerli beklentiler olması gerekmektedir. Fakat yapılan literatür araştırması kapsamında değişkenler büyüklüğü ve işaretleri için herhangi bir beklenti bulunmamaktadır.

t-istatistikleri incelendiğinde ise %95 güven aralığında %5 anlamlılık düzeyinde Seviye 1'de sekiz adet değişken ve sabit, Seviye 2'de ise yedi adet değişken olduğu görülmüştür. %90 güven aralığında %10 anlamlılık düzeyinde değişkene rastlanmamıştır.

-2LL testinde kullanılan referans model, yalnızca sabit terimin yer aldığı bir modeldir. Bu modelin log-olabilirlik değeri -821,04 öngörülen modele ait log olabilirlik değeri ise -600,96 olarak bulunmuştur. Buradan -2LL işleminin sonucu 440,17'tür. Bu değer %95 güvende aşması gereken değer 21,03'tür ve Ki-kare testini sağlamaktadır.

Aynı log-olabilirlik değerleri kullanılarak gerçekleştirilen  $\rho^2$  testi Denklem 6.8 kullanılarak yapılmış ve sonucu 0,26 çıkmıştır. Modelin  $\rho^2$  testi sonucunun yeterli olduğu kabul edilmiştir.

Öngörülen model sonucunda ortaya çıkan katsayılar Çizelge 6.4'de görülmektedir. Katsayılara bakılarak motosiklet güvenliğine olumlu ve olumsuz etkileri olan unsurlar belirlenecek, sonrasında kukla değerler arasında karşılaştırmalar yapılacaktır.

Zirve saat (ZRV) değişkeninin katsayısının her iki seviye için de pozitif değer alması, zirve saatlerde Seviye 3 ile temsil edilen sınır aralığında fren yapma olasılığının azaldığı anlamına gelmektedir. Diğer bir deyişle, zirve saatlerde motosiklet seyir güvenliği artmaktadır. Literatürde bu çıkarımın tersi sonuçlara da ulaşıldığı görülmektedir. Örneğin, Clarke ve diğ. (2004) yaptıkları çalışmada, belli kaza tiplerinin özellikle zirve saatte kümelenildiği görülmüştür. Ancak bu ve benzeri çalışmalar genellikle belli kaza tipleri temel alınarak yapıldığı için elde edilen sonuçların bu çalışmada elde edilen sonuçlarla doğrudan karşılaştırılması olası değildir.

TRFK ile ifade edilen kilometre başına trafik ışığı sayısı değişkeni Seviye 1 ve Seviye 2'ye ait fayda fonksiyonlarında negatif katsayılara sahiptir. Kilometre başına trafik ışığı sayısı arttıkça Seviye 3 ile temsil edilen sınır aralığında fren yapma olasılığı artmaktadır. Daha net ifade etmek gerekirse kilometre başına düşen trafik ışığı sayısı arttıkça motosiklet seyir güvenliği azalmaktadır. Bu model öngörü sonucuna benzer şekilde, Elliott ve diğ. (2003) tarafından yapılan çalışmada da trafik düzenleyici unsurların (trafik ışığı, hız kesici tümsek, oto korkuluk vb.) motosiklet dışındaki taşıtlar için tasarlanmış olmasının motosiklet güvenliğini tehlikeye attığı belirtilmiştir

TUM ile temsil edilen kilometre başına tümsek sayısı Seviye 1 ve Seviye 2 için pozitif öngörülmüştür. Kilometre başına tümsek sayısı arttıkça Seviye 1 ve Seviye 2'de fren yapma olasılığı artmakta, Seviye 3'de ise azalmaktadır. Kısacası kilometre başına

tümsek sayısı arttıkça motosiklet seyir güvenliği artmaktadır. Fakat TRFK değişkeni için de paylaşılan çalışmada (Elliot ve diğ, 2003) tümseklerin motosiklet güvenliğini olumsuz etkilediği sonucuna varılmıştır.

Diğer değişkenlerden farklı olarak hız değişkeni (HIZ) sürücü ve makine etkeni içermektedir. Hız dışındaki tüm değişkenler motosikleti etkileyen çevre faktörleriyle ilişkilidir. Model sonucunda Seviye 1 ve Seviye 2 için çıkan pozitif katsayılardan motosikletin hız artışının motosiklet güvenliğini olumlu etkilediği görülmüştür. Yoğun trafik içinde filtreleme hareketi yapılırken motosikletlerin hızının trafik akımının hızının biraz üzerinde olması tavsiye edilmektedir (Barutçu, 2015). Fakat hız artışının kaza durumunda yaralanma seviyesini artırdığı görülmüştür (Shaheeda ve diğ, 2013).

Yol çizgisinin bulunma durumu (YOLC) değişkeni Seviye 1 ve Seviye 2'ye ait fayda fonksiyonlarında negatif katsayıya sahiptir. Yol çizgisi değişkeninin olması kilometre başına düşen fren sayısının Seviye 1 ve Seviye 2 aralığında kalma olasılığını azaltmakta, Seviye 3 aralığında kalma olasılığını artırmaktadır. Yol çizgisi bulunması model katsıyı öngörülerine göre motosiklet güvenliğini azaltmaktadır. Bu öngörünün motosiklet sürücülerinin diğer taşıt sürücülerinden farklı olarak şerit takibi yapmama ve kendine ait sanal şeritler oluşturma davranışlarının yol çizgilerinin varlığı ile kısıtlanmasına bağlı olduğu söylenebilir.

Ortalama zaman cinsinden aralık (OTAK) değişkeni Seviye 1 ve Seviye 2'ye ait fayda fonksiyonlarında pozitif katsayıya sahiptir. Buna göre, izlem süresi arttıkça kilometre başına düşen fren sayısının Seviye 1 ve Seviye 2 aralığında olma olasılığı artmakta, Seviye 3 aralığında olma olasılığı ise azalmaktadır. Böylelikle ortalama zaman cinsinden aralık arttıkça motosiklet seyir güvenliği artmaktadır. Ayrıca, tüm koşullar aynı kalmak kaydıyla, izlem süresinin artmasının motosiklet sürücüsüne farklı manevra şansları vermesi dolayısıyla fren yapmaya olan ihtiyacı azalttığı söylenebilir.

Yol kenarı parklanma (PARK) değişkeni Seviye 1 ve Seviye 2'ye ait fayda fonksiyonlarında negatif katsayıya sahiptir. Böylelikle yol kenarı parklanma olması durumunda kilometre başına düşen fren sayısının Seviye 1 ve Seviye 2 aralıklarında yer alma olasılığını azaltmakta, Seviye 3 aralığında kalma olasılığını ise artmaktadır. Böylelikle yol kenarı parklanmanın motosiklet seyir güvenliğini azalttığı görülmektedir.

Kilometre başına düşen kavşak sayısını modelde ifade eden değişken KTLM'dir. Bu değişken Seviye 1 ve Seviye 2'ye ait fayda fonksiyonlarında negatif değer almıştır. Bu değişken kilometre başına düşen fren sayısının Seviye 1 ve Seviye 2 aralığında kalma olasılığını azaltırken, Seviye 3 aralığında kalma olasılığını artırmaktadır. Böylelikle, kilometre başına düşen kavşak sayısının artmasının motosiklet güvenliğine olumsuz etkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Clarke ve diğ. (2004) yaptıkları çalışmada kavşak ve ayrılmanın olduğu kesimlerin motosiklet güvenliğini azalttığını bulmuşlardır. Bunun nedeni olarak da diğer araç sürücülerinin bu kesimlerde motosikletleri daha zor fark etmeleri olduğunu belirtmişlerdir.

Kesimdeki şerit sayısını modelde temsil eden değişken SER'dir. Bu değişken Seviye 1 ve Seviye 2'ye ait fayda fonksiyonlarında negatif değer almıştır. Bu değişken kilometre başına düşen fren sayısının Seviye 1 ve Seviye 2 aralığında kalma olasılığını azaltırken, Seviye 3 aralığında kalma olasılığını artırmaktadır. Kilometre başına düşen fren sayısının Seviye 1 ve Seviye 2 aralığında kalma olasılığının azalması, şerit sayısı arttıkça motosiklet seyir güvenliğinin azaldığı anlamına gelmektedir. Diğer taraftan Harnen ve diğ. (2003) Malezya'da yaptıkları çalışmada şerit sayısının artmasının motosiklet seyir güvenliğini artırdığı sonucuna varmıştır.

Değişkenlerin motosiklet güvenliğine etkisi birbirinden farklıdır. Kukla değişkenler dışındaki değişkenler için karşılaştırma yapmak mümkün değildir. Bunun nedeni her birinin sayısal büyüklüklerinin farklı olmasıdır. Kukla değişkenler arasında karşılaştırma yapıldığında; Seviye 1 için motosiklet güvenliğine en fazla olumlu etki yapan değişken zirve saat değişkeni iken, en olumsuz etki yapan değişken yol çizgisi değişkeni olarak belirlenmiştir. Seviye 2 için ise motosiklet güvenliğine en fazla olumlu etki yapan değişken zirve saat değişkeni iken, en olumsuz etki yapan değişken yol çizgisi değişkenidir. Bu çalışmada yalnızca Seviye 1 ve Seviye 2 için iki fayda fonksiyonu öngörülmesi nedeniyle kukla değişkenler için yapılan bu değerlendirme Seviye 3'e göre izafi bir değerlendirmedir.

Olasılık hesabında her tekil veri için hesaplanan  $V_{seviye 1}$  ve  $V_{seviye 2}$  denklem 6.4'e sokularak her bir veri için  $P_i$  değerleri elde edilmiştir. Denklem 6.10 kullanılarak ise her bir seviyeye ait toplu olasılıklar hesaplanmıştır.

$$P_{model} = \frac{\sum P_i}{n} \quad (6.10)$$

Denklem 6.10 kullanılarak hesaplanan model öngörü payları ve gerçek paylar Çizelge 6.5’de paylaşılmıştır.

**Çizelge 6.5:** Öngörü sonuçlarının gerçek ile karşılaştırması.

| Açıklama                | Seviye 1 | Seviye 2 | Seviye 3 |
|-------------------------|----------|----------|----------|
| Gerçek pay              | 0,46     | 0,42     | 0,12     |
| Model ile öngörülen pay | 0,46     | 0,42     | 0,12     |
| Fark                    | 0        | 0        | 0        |

Çizelge 6.5’de paylaşıldığı üzere model sonucu öngörülen pay ile gerçek pay arasında fark olmadığı görülmüştür.

#### 6.4 Senaryo Uygulamaları

Motosiklet güvenliği modelinin geliştirilmesinin temel amaçlarından bir tanesi senaryolar öngörebilmektir. Bu amaç doğrultusunda değişkenlerin bazılarında değişiklikler olduğu varsayılarak hesaplar yapılacaktır. Bu değişkenlerin seçimi yapılırken esas alınan unsurlar, varsayımların gerçek hayatta uygulanabilir olması ve model katsayı öngörülerini dikkate alınarak motosiklet seyir güvenliğinin artırılmasıdır. Bu bağlamda kilometre başına tümsek sayısı, kilometre başına trafik ışığı sayısı, yol kenarı parklanma durumu ve yol çizgisi varlığı senaryo çözümlemesi için aday değişkenlerdir. Ancak katsayı öngörülerine göre trafik ışığı ve yol çizgisi motosiklet seyir güvenliğini azaltıcı özelliktedir. Öte yandan bunların kaldırılmasıyla ilgili senaryolar gerçekçi değildir. Sonuç olarak yol kenarı parklanmasının tamamen yasaklandığı ve her kesimde en az bir tümsek (mevcut tümsek sayıları değiştirilmeksizin tümsek olmayan kesimlerde bir tümsek) bulunmasını yönelik iki senaryonun incelenmesine karar verilmiştir. Senaryo 1 yol kenarı parklanmasının yasaklandığı senaryodur. Bu senaryoda yol kenarı parklanması olmayan kesimler aynen alınırken diğer kesimlerde de parklanmanın olmadığı kabul edilmiştir. Senaryo 2’de ise tümsek olmayan kesimlerde de bir tümsek olduğu kabul edilmiş ve bu kabule göre, kesim uzunluğu da dikkate alınarak, kilometre başına tümsek sayısı yeniden hesaplanmıştır.

Senaryolar sonucunda ortaya çıkan toplu olasılıklar hesaplanırken, mevcut durum için de kullanılan denklem 6.9'dan ve denklem 10'dan faydalanılmıştır. Bu hesaplamalar sonucu ortaya çıkan sonuçlar Çizelge 6.6'da paylaşılmıştır

**Çizelge 6.6:** Mevcut durum ile senaryoların seviye olasılıkları.

| Senaryo Değişkeni | Olasılık |          |          |
|-------------------|----------|----------|----------|
|                   | Seviye 1 | Seviye 2 | Seviye 3 |
| Mevcut            | 0,46     | 0,42     | 0,12     |
| Senaryo-1         | 0,71     | 0,27     | 0,02     |
| Senaryo-2         | 0,46     | 0,50     | 0,04     |

Senaryo-1 kilometre başına düşen fren sayısının Seviye 1 aralığında kalma olasılığını arttırırken Seviye 2 ve Seviye 3 aralıklarında kalma olasılıklarını azaltmıştır. Senaryo-2'de ise kilometre başına düşen fren sayısının Seviye 1 aralığında kalma olasılığında bir değişiklik gerçekleşmezken, Seviye 2 aralığında kalma olasılığı artmış, Seviye 3 olasılığında kalma olasılığı ise azalmıştır.

## 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Motosiklet birçok amaçla kullanılan bir taşıttır. Motosiklet sayılarında yıllar içinde artış olduğu paylaşılan istatistiklerde görülmektedir. Özellikle şehir içi yollarda trafik sıkışıklığı sorununu aşması dolayısıyla sıkça tercih edilebilmektedir. Diğer taraftan motosiklet kazalarında her yıl birçok kişi ölmekte veya yaralanmaktadır.

Şehir içi yollarda motosiklet güvenliğini konu alan bu tezde, çalışma alanı olarak Kadıköy İlçesine bağlı 12 yol kesimi incelenmiştir. Çalışmanın temel amacı, motosiklet güvenliğini etkileyen unsurların belirlenmesidir. Bu amaçla, belirlenen yol kesimlerinde video çekimleri ile veri toplanmış ve bu veriler kullanılarak bir seçim modeli kurulmuştur. Bu modelde fren sayısı seçim kabul edilmiştir. Kilometre başına düşen fren sayısı için üç adet seviye belirlenmiştir. Frene basılma sayısı arttıkça güvenliğin azaldığı kabulünü temel alarak, kilometre başına en az fren sayısı düşen seviye en güvenli fren sayıları arttıkça seviyelerin güvenliği izafi olarak azaldığı kabul edilmiştir. Çalışmada 12 adet değişken için veri toplanmış, uygun görülen dokuz adet değişken kullanılmış ve bu değişkenlerin motosiklet güvenliğine etkisi olduğu görülmüştür.

Model katsayı öngörü sonuçlarına göre zirve saat olması, motosiklet hızının artması tümsek sayısının artması ve ortalama zaman cinsinden aralığının artması motosiklet güvenliğini artırdığı görülürken; trafik ışığı sayısının artması, kavşak sayısının artması, yol kenarı parklanma olması, yol çizgisinin olması ve şerit sayısının artmasının motosiklet güvenliğini azalttığı görülmüştür.

Çalışma kapsamında kurulan modelin öngörü sonuçlarına dayanılarak oluşturulan senaryolar sonucu bir takım öneriler ortaya çıkmıştır. Senaryo-1’de, yol kenarı parklanmanın kaldırılması senaryosu sonucunda kilometre başına düşen fren sayısının Seviye 1’in aralığında kalma olasılığında ciddi artış görülürken Seviye 2 ve Seviye 3’ün olasılıkları azalmıştır. Senaryo-2’de, tümsek bulunmayan kesimlere tümsek

eklenmesi senaryosu sonucunda kilometre başına düşen fren sayısının Seviye 1 aralığında kalma olasılığında değişiklik görülmezken Seviye 2'nin olasılığında artış Seviye 3'ün olasılığında ise azalma gerçekleşmiştir. Motosiklet seyir güvenliğinin artırılması amacıyla, bu senaryo sonuçları temel alınarak mümkün olduğunca yol kenarı parklanmanın kaldırılması ve kesimlerde tümsek sayısının artırılması önerilmektedir. Ayrıca yol kenarı parklanmasının kaldırılmasının, tümsek eklenmesi senaryosuna oranla motosiklet güvenliğini daha fazla artırdığı sonucuna varılmıştır.

Çalışma sonucunda motosiklet güvenliğini etkileyen unsurlar belirlenmiş, çalışma yapılan kesimin mevcut durumu ve senaryolar uygulandığındaki durumu ortaya konmuştur. Bu tez motosiklet güvenliğinin artırılmasına katkı sağlayacaktır. Bu çalışmanın zayıf yanı verilerin tek sürücü aracılığıyla toplanmasıdır. Gelecek çalışmalarda daha fazla sürücüden veri toplanarak aynı çalışma tekrarlanıp daha uygun modeller öngörülebilir. Çalışmada kilometre başına fren sayısını seviyelere ayırmak için eşik değerler seçilmiştir. Eşik değeri belirlenmesi konusunda bir başka seçenek bu değer veya değerlerin veriye dayalı olarak belirlenmesidir. En basit haliyle tek bir eşik değeri belirlenmesi ve bu değerin tüm ölçümlerdeki fren yapma sayılarının ortalaması olarak alınması buna bir örnektir. Bu durumda ortalamanın altında kalan fren sayılarının güvenli, üstündekilerin ise güvensiz olarak kabul edilmesi olasıdır. Bu yaklaşım eşik değeri için seçim yapılmasını ortadan kaldırabilecek ve bu değeri tamamen veriye dayalı olarak belirlenebilecektir. Gelecek çalışmalarda bu tip bir yaklaşımın denenmesi önerilmektedir.

Bu çalışmada kullanılan lojit model yaklaşımının, aynı hesaplamalar için kullanılabilecek olan regresyon analizine göre başlıca üstünlüğü; lojit model ile değişkenlerin farklı kilometre başına fren sayısı seviyelerine olan etkisinin daha net bir şekilde ortaya konulabilmesidir. Regresyon analizi, değişkenlerin aldığı değerlere göre, kilometre başına fren sayısının sayısal değerini verecektir. Oysa lojit model ile yapılan bir çözümlemede, her bir değişkenin her bir seviyenin gerçekleşme olasılığına etkisi hesaplanabilmektedir. Ayrıca bu çalışmanın devamında fren sayıları için mantıksal sıralamaya uygun olarak modellemeye olanak tanıyan sıralı lojit veya probit modellerin de kullanılması mümkündür.

## KAYNAKLAR

**Barutçu, R.** (2015). *Motosiklet El Kitabı*. İstanbul: Türkiye Turing ve Otomobil Kurumu.

**Chakroborty, P., & Kikuchi, S.** (1999). Evaluation of the General Motors Based Car-following Models. *Transportation Research* , s. 209-235.

**Chang, F., Li, M., Pengpeng, X., Zhou, H., Haque, M. M., & Huang, H.** (2016). Injury Severity of Motorcycle Riders Involved in Traffic Crashes in Hunan, China: A Mixed Ordered Logit Approach. *Int J Environ Res Public Health*, 714-721.

**Chena, S.-J., Chenb, C.-Y., & Linb, M.R.** (2018). Risk Factors For Crash Involvement in Older Motorcycle Riders. *Accident Analysis and Prevention*, 109-114.

**Cheng, W., Gilla, G. S., Sakrania, T., Dasub, M., & Zhoua, J.** (2017). Predicting Motorcycle Crash Injury Severity Using Weather Data. *Elsevier*, 172-181.

**Clarke, D. D., Ward, P., Bartle, C., & Truman, W.** (2004). *In-depth Study of Motorcycle Accidents*. London: University of Nottingham.

**Creative Commons Attributes.** (2011). *History of Motorcycle*. Retrieved, 2011, from [http://www.sweethaven02.com/Resource\\_15/1504/History%20of%20the%20motorcycle.pdf](http://www.sweethaven02.com/Resource_15/1504/History%20of%20the%20motorcycle.pdf)

**Department for Transport.** (2015). *Facts on Motorcyclist Casualties*. Newport: National Statistics.

- Department for Transport.** (2018). *Government Services*. Government Services web site: <https://www.gov.uk/ride-motorcycle-moped/bike-categories-ages-and-licence-requirements> adresinden alındı
- Ecker, H., Wassermann, J., & Hauer, R. G.** (2001). Braking Deceleration of Motorcycle Riders. *International Motorcycle Safety Conference*. Orlando.
- Elliott, M. A., Baughan, C. J., & Sexton, B. F.** (2007). Errors And Violations in Relation to Motorcyclists' Crash Risk. *Elsevier*, 491-499.
- Elliott, M. A., Baughan, C. J., Broughton, J., Chinn, B., Grayson, G. B., & Knowles, J.** (2003). *Motorcycle Safety: A Scoping Study*. Berkshire: TRL.
- Ensanian, A.** (2016). *Discovering the Motorcycle: The History. The Culture. The Machines*. . Hillcrest Publishing Group Minneapolis.
- EAMM.** (2010). *In-Depth Investigations of Accidents Involving Powered Two Wheelers*. Brussels : European Association of Motorcycle Manufacturers.
- European Experimental Vehicles Committee.** (1994). *A Review of Motorcycle Safety*. European Experimental Vehicles Committee.
- FHRI.** (2017). *Verkehrs- und Unfalldaten*. Bergisch Gladbach: Federal Highway Research Institute.
- Harnen, S., Radin Umar, R. S., Wong, S., & Wan Hashim, W.** (2003). Motorcycle Crash Prediction Model for Non-Signazed Intersections. *Iatts Research*, 58-65.
- Horswill, M., & Helman, S.** (2003). A Behavioral Comparison Between Motorcyclists A Matched Group Of Non-Motorcycling Car Drivers: Factors Influencing Accident. *Accident Analysis & Prevention* 35 (4), 589–597.
- Hsu, T.-P., Sadullah, A. F., & Dao, N. X.** (2003). *A Comparison Study on Motorcycle Traffic Development in Some Asian Countries – case of Taiwan, Malaysia and Vietnam*. Tokyo: The Eastern Asia Society for Transportation Studies (EASTS) International Cooperative Research Activity.

- John, H. W.** (2013). *Motor Cycling and A History of The Early Motorcycle* . Read Book Ltd.
- Karayolları Trafik Kanunu.** (1983) T.C. Resmi Gazete, 18195, 13 Ekim 1983.
- KGM.** (2015). *Trafik Kazaları Özeti* . Ankara: Karayolları Genel Müdürlüğü Karayolları Genel Müdürlüğü.
- Koppelman, F. S., & Bhat, C.** (2006). *A Self Instructing Course in Mode Choice Modeling: Multinomial and Nested Logit Models*. U.S. Department of Transportation Federal Transit Administration.
- Kraus, J., Peek, C., McArthur, D., & A., W.** (1994). The effect of the 1992 California Motorcycle Helmet Use Law on Motorcycle Crash Fatalities and Injuries. *Jama*, 272-292.
- Lee, T.C.** (2007, Ekim). An Agent-Based Model to Simulate Motorcycle Behaviour. Londra, İngiltere: University of London.
- Lee, T.C., Polak, J., & Bell , M.** (2012). The Kinematic Features Of Motorcycles İn Congested Urban Networks. *Elsevier*, 203-212.
- Minh, C. C., Sano, K., Matsumoto, S., & Y, N. C.** (2007). Acceleration and Deceleration Models of Motorcycle. *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*.
- MOT.** (2017). *Motorcyclists*. Wellington: New Zealand Government. Ministry of Transport.
- Motorcycle Mechanics.** (2017, Mayıs 18). Chapter 1: A Brief History of Motorcycles. İngiltere.
- MOTED.** (2010). *Sürücüler için Koruyucu Donanımlar*. İstanbul: Motosiklet Endüstrisi Derneği.
- MOTED.** (2017). *Moted Haber bülteni*. İstanbul: Motosiklet Endüstrisi Derneği.

- NHTSA.** (2017). *Traffic safety facts*. Washington, DC: US Department of Transportation. National Highway Traffic Safety Administration.
- NHTSA.** (2018). *Traffic Safety Facts*. Washington: National Highway Traffic Safety Administration.
- Nguyen, L. X., & Hanaoka, S.** (2012). *A Microscopic Simulation Model for Motorcycle*. Tokyo: Tokyo Institute of Technology.
- Okemwa, M.** (2005). *Patterns of Injuries in Road Traffic Accident Fatalities at The Kenyatta National*. Nairobi: University Of Nairobi.
- Özel Öğretim Kurumları Kanunu.**(2013) T.C. Resmi Gazete, 28661,29 Mayıs 2013.
- Özkan, T., Lajunen, T., Doğruyol, B., Yıldırım, Z., & Çoymak, A.** (2011). Motorcycle Accidents, Rider Behaviour, and Psychological Models. *Elsevier*, 124-132.
- Reason, J., Manstead, A. S., Stradling, S., & Baxter, J.** (1990, Ocak 1). Errors and Violations on the Roads: A Real Distinction, *Ergonomics*, s. 1315-1332.
- Robertson, S. A.** (2002). Motorcycling And Congestion: Definition of Behaviours. *Contemporary Ergonomics*, 233-277.
- Shaheeda, M. S., Gkritzab, K., Zhanc, W., & Hansd, Z.** (2013). A Mixed Logit Analysis of Two-Vehicle Crash Severities Involvinga Motorcycle. *Accident Analysis and Prevention*, 119-128.
- Stephens, A., Brown, J., Rome, L., Baldock, M., Fernandes, R., & Fitzharris, M.** (2017). The Relationship Between Motorcycle Rider Behaviour Questionnairescores and Crashes for Riders in Australia. *Accident Analysis and Prevention*, 202-212.
- Tezcan, H. O.** (2017). Choice Modelling Ders Notları. *Utility-Based Choice Theory*. İstanbul/Sarıyer, Türkiye: İstanbul Teknik Üniversitesi.

**MSF.** (2014). *Basic Ridercourse* . Motorcycle Safety Foundation.

**Tien-Pen, H., Sadullah, A. F., & Dao, N. X.** (2003). *A comparison study on motorcycle traffic development in some Asian*. Tokyo: The Eastern Asia Society for Transportation Studies (EASTS).

**Tomtom Navigasyon.** (2017). *Tomtom Navigasyon*. Tomtom Navigasyon Web sitesi: <http://trafficindex.org/reports/annual-report-2018/> adresinden alındı

**TÜİK.** (2017). Yıllara göre motorlu kara taşıtları sayısı., (s. 1) Türkiye İstatistik Kurumu.

**Vavryn, K., & Winkelbauer, M.** (2004). Braking Performance of Experienced and Novice Motorcycle Rider. *The 3rd International Conference on Traffic and Transportation Psychology*. Nottingham.

**Whitaker, J.** (1980). *A Survey of Motorcycle Accidents*. Berkshire: Transport and Road Research Laboratory.

**Woratanarata, P., Ingsathitb, A., & Chatchaipanb, P.** (2013). Safety Riding Program and Motorcycle-Related İnjuries in Thailand. *Elsevier*, 115-122.



## **ÖZGEÇMİŞ**

**Ad Soyad:** Erdi ÖZTÜRK

**Doğum Yeri ve Tarihi:** Gümüşhane / 1992

**E-Posta:** erdi\_ozturk@outlook.com

**Lisans:** İTÜ, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü