



**BANDIRMA  
ONYEDİ EYLÜL  
ÜNİVERSİTESİ**



**JITSA**

**Journal of Intelligent Transportation  
Systems and Applications**

Cilt / Volume: 7

Sayı / Issue: 1

Yıl / Year: 2024



# AUSUD Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi

## Journal of Intelligent Transportation System and Applications

ISSN 2636-820X | e-ISSN 2636-820X | Cilt: 7, Sayı: 1 - 2024

Akıllı Ulaşım Sistemleri disiplinler arası bir konu ve uygulamaları sektörler arası olduğundan derginin ismine "Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları" dergisi olarak karar verilmiştir. Dergimiz Mühendislik, Teknik Bilimler, Temel Bilimler ve Sosyal Bilimlerin lojistik, ulaşım, haberleşme ve bilişim alanlarını ilgilendiren yapısıyla bilim dünyasına önemli katkı sağlayacaktır.

Dergide, Türkçe ve İngilizce dillerinde makaleler yayımlanmaktadır. Derginin içerdiği konular sayfanın sağ tarafında Konu Başlıkları–Journal Topics sekmesinde verilmiştir. Değerlendirilmek üzere dergimize gönderilen metinlerin, daha önce yayımlanmamış, yayımlanmak üzere kabul edilmemiş ve yayımlanmak için değerlendirilme sürecinde olmaması gerekir. Değerlendirme sürecinde olan ve yayımlanan eserlerin sorumluluğu tümüyle yazar(lar)a aittir. Sayılarımız elektronik olarak yayımlanır. Yayımlanan eserlerin telif hakları Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi'ne aittir. Yayımlanması istenilen çalışmalar dergi yazım kuralları ve yayın ilkelerinde belirtilen koşullara uygun şekilde hazırlanıp gönderilmelidir. Dergiye sunulan makaleler öncelikle şekil ve içerik yönünden ön incelemeye tabi tutulmaktadır. Şekil ve içerik olarak uygun bulunan makaleler hakem tayin edilmek üzere yayın kuruluna sunulmaktadır.

Değerlendirme sürecine geçildikten sonra hakemlik süreci ortalama 3 ile 5 hafta arası sürmektedir. Yayın Kurulu tarafından incelenen makalelere uygun bulunduğu takdirde en az iki hakem atanmaktadır. Hakemlerden gelen raporlar doğrultusunda, makalenin yayımlanmasına, rapor çerçevesinde yazar(lar)dan düzeltme, ek bilgi ve kısaltma istenmesine veya yayımlanmamasına karar verilmektedir. Hakemlerden bir olumlu ve bir olumsuz rapor verilmesi halinde ilgili çalışma Dergi Editörlüğü tarafından uygun görülmesi halinde üçüncü bir hakeme de gönderilmektedir.

<b>Sahibi</b> Prof. Dr. İsmail BOZ
<b>Sorumlu Yazı İşleri Müdürü</b> Prof. Dr. Mehmet TEKTAŞ
<b>Dergi Yürütücüsü Editör</b> Prof. Dr. Mehmet TEKTAŞ
<b>Editörler</b> Prof. Dr. Hasan ERDAL Prof. Dr. Mehmet TEKTAŞ Prof. Dr. Nevzat ONAT Prof. Dr. Necdi TEKTAŞ Doç. Dr. Selhattin KOŞUNALP Dr. Öğr. Üyesi Caner PENSE Dr. Öğr. Üyesi Cemil KÖZKURT Dr. Öğr. Üyesi Taylan ENGIN
<b>Alan Editörleri</b> Prof. Dr. Mehmet TEKTAŞ Prof. Dr. Senap İNCAZ Doç. Dr. Abdullah ELEN Doç. Dr. Abdullah YEŞİL Doç. Dr. Adem DALCALI Doç. Dr. Harun ÖZBAŞ Doç. Dr. İlgan GÖKASAR Doç. Dr. İlyas ÖZER Prof. Dr. Necdi TEKTAŞ Doç. Dr. Öğr. A.T.K. Dr. Öğr. Üyesi Ahmet FİDAN Dr. Öğr. Üyesi Caner PENSE Dr. Öğr. Üyesi Cemil KÖZKURT Dr. Öğr. Üyesi Melih Naci AGAOĞLU Dr. Öğr. Üyesi Taylan ENGIN Dr. Öğr. Üyesi Ömer İNAN
<b>Yayın ve Danışma Kurulu</b> Prof. Dr. Süleyman ÖZDEMİR (Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi) (Türkiye) Prof. Dr. Mehmet TEKTAŞ (Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi) (Türkiye) Prof. Dr. Alpaslan SEREL (Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi) (Türkiye) Prof. Dr. Feyzullah TEMİRTAŞ (Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi) (Türkiye) Prof. Dr. Necdi TEKTAŞ (Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi) (Türkiye) Prof. Dr. A. Fevzi BABA (Marmara Üniversitesi) (Türkiye) Prof. Dr. Erdiğün KÖSE (İstanbul Üniversitesi) (Türkiye) Prof. Dr. Ergin Sağ VAROL (İstanbul Üniversitesi) (Türkiye) Prof. Dr. Faruk KACAR (İstanbul Üniversitesi) (Türkiye) Prof. Dr. Hasan ERDAL (Marmara Üniversitesi) (Türkiye) Prof. Dr. Mehmet BEKDEMİR (Erzincan Üniversitesi) (Türkiye) Prof. Dr. Mehmet TEKİN (Gaziosmanpaşa Üniversitesi) (Türkiye) Prof. Dr. Öhan Bekir ALANKUS (Oktan Üniversitesi) (Türkiye) Prof. Dr. Senap İNCAZ (Kırıkkale Üniversitesi) (Türkiye) Prof. Dr. Serif KILIÇ (Arslanhan Üniversitesi) (Türkiye) Prof. Dr. Bülent AKINOĞLU (ODTÜ) (Türkiye) Prof. Dr. Mustafa İLİCİ (İstanbul Ticaret Üniversitesi) (Türkiye) Prof. Dr. Serhat TERZİ (Sakarya Demirel Üniversitesi) (Türkiye) Prof. Dr. Yücel TAŞDEMİR (Yozgat Bozok Üniversitesi) (Türkiye) Prof. Dr. Hediye TÜVDES YAMAN (ODTÜ) (Türkiye) Prof. Dr. Nevzat ONAT (Manisa Celal Bayar Üniversitesi) (Türkiye) Prof. Dr. Vahit HAKKER (Gazi University of Technology) (Avusturya) Prof. Dr. M. Nuri SEYMAN (Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi) (Türkiye) Prof. Dr. Turan ARSLAN (Bursa Uludağ Üniversitesi) (Türkiye) Doç. Dr. Adem DALCALI (Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi) (Türkiye) Doç. Dr. Harun ÖZBAŞ (Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi) (Türkiye) Doç. Dr. İlyas ÖZER (Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi) (Türkiye) Doç. Dr. Selah BİŞ (Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi) (Türkiye) Doç. Dr. Abdullah YEŞİL (Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi) (Türkiye) Doç. Dr. Ersoy ÖZ (Yıldız Teknik Üniversitesi) (Türkiye) Doç. Dr. Mijdat SÖFTERK (Marmara Üniversitesi) (Türkiye) Doç. Dr. Gülçin BİSMACI (Bardar Mehmet Ali Ersoy Üniversitesi) (Türkiye) Doç. Dr. İlgan GÖKASAR (Boğaziçi Teknik Üniversitesi) (Türkiye) Doç. Dr. Mustafa NALÇAKAN (Eskişehir Teknik Üniversitesi) (Türkiye) Doç. Dr. Murat ERGÜN (İTÜ) (Türkiye) Doç. Dr. Ufuk ÇELİK (Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi) (Türkiye) Assoc.Prof. Dr. Vahit HAKKER (Gazi University of Technology) (Avusturya) Doç. Dr. Mehmet Mutlu AYDIN (Samsun 19 Mayıs Üniversitesi) (Türkiye) Doç. Dr. Selhattin KOŞUNALP (Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi) (Türkiye) Doç. Dr. Selah BİŞ (Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi) (Türkiye) Dr. Öğr. Üyesi Adnan ÇOBAN (Sakarya Üniversitesi) (Türkiye) Dr. Öğr. Üyesi Emre DEMİR (Amalya Bilim Üniversitesi) (Türkiye) Dr. Öğr. Üyesi Erhan ÇILIOĞLU (Rizece Toprak Erdoğdu Üniversitesi) (Türkiye) Dr. Öğr. Üyesi Fatih YONAR (Cumhuriyet Öncüleri Mart Üniversitesi) (Türkiye) Dr. Öğr. Üyesi Ferit YAKAR (Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi) (Türkiye) Dr. Öğr. Üyesi Gülben KARBA (Karadeniz Teknik Üniversitesi) (Türkiye) Dr. Öğr. Üyesi Ibrahim AKREN (Hassan Kalyoncu Üniversitesi) (Türkiye) Dr. Öğr. Üyesi Melih Naci AGAOĞLU (Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi) (Türkiye) Dr. Öğr. Üyesi Melis ALMULA KARADAYI (İstanbul Medipol Üniversitesi) (Türkiye) Dr. Öğr. Üyesi Mithat Şimşek (Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi) (Türkiye) Dr. Öğr. Üyesi Muhammet ARUÇU (Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi) (Türkiye) Dr. Öğr. Üyesi Murat Eray KORKMAZ (Samsun Üniversitesi) (Türkiye) Dr. Öğr. Üyesi Mümtaz İPEK (Sakarya Üniversitesi) (Türkiye) Dr. Öğr. Üyesi Oğuz A.T.K. (Dokuz Eylül Üniversitesi) (Türkiye) Dr. Öğr. Üyesi Onursal ÇETİN (Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi) (Türkiye) Dr. Öğr. Üyesi Sireyya KOÇABEY (Sağlık Bilimleri Üniversitesi) (Türkiye) Dr. Öğr. Üyesi Taylan ENGIN (Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi) (Türkiye) Dr. Öğr. Üyesi Umur AYDIN (Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi) (Türkiye) Dr. Öğr. Üyesi Ümit ATAĞ (Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi) (Türkiye) Dr. Öğr. Üyesi Caner PENSE (Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi) (Türkiye) Dr. Öğr. Üyesi Yasin SARIKAVAK (Yıldırım Beyazıt Üniversitesi) (Türkiye) Dr. Öğr. Üyesi Zeynep ÇAKICI (Gazi Üniversitesi) (Türkiye) Dr. Lee Young Kyun (Director of ITS Korea) (Kore) Dr. Etanglois Mikakis (Hellenic Institute of Transport) (Yunanistan) Dr. Öğr. Üyesi İsmail AKTAŞ (Kırıkkale Üniversitesi) (Türkiye) Dr. Öğr. Üyesi Tufan Volkan KÜÇÜK (Bilecik Seyyid Edebali Üniversitesi) (Türkiye) Dr. Öğr. Üyesi Yusuf AVŞAR (İzmirya Üniversitesi) (Türkiye) AUS Türkiye Dergi Bk. Esma DİLEK (Türkiye) Uzman Hasan TUFAN (Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı) (Türkiye) Barış YILDIRIM (Kıbrıs'ta ve Doğu Akdeniz'de Dure Başkanı) (Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi) (Türkiye) Ömer İNAN (Ulaştırma Ofis Koordinatörü) (Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi) (Türkiye)
<b>Teknik Editör</b> Dr. Öğr. Üyesi Caner PENSE (Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi)
<b>Dergi Sekreteri</b> Arş. Gör. Serife Gülşah DEMİR (Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi)
<b>Mizansaj</b> Arş. Gör. Fatih ERGEZER (Bandırma Onyedi Eylül Üni.)
<b>Ön Kontrol</b> Dr. Öğr. Üyesi Caner PENSE (Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi) Dr. Öğr. Üyesi Ömer İNAN (Ulaştırma Ofis Koordinatörü) (Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi)
Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi (AUSUD) Editörlüğü, 10200, Bandırma/ BALIKESİR Web: <a href="http://dergipark.gov.tr/jisa">http://dergipark.gov.tr/jisa</a> Telefon: +90 266 717 01 17 Fax: +90 266 717 01 30 E-posta: <a href="mailto:jisa@bandirma.edu.tr">jisa@bandirma.edu.tr</a>



**İÇİNDEKİLER / CONTENT**

- Coğrafi bilgi sistemleri kullanarak trafik kazalarının analizi: Siirt kenti örneği** .....1-14  
Geographic information systems using the analysis of traffic accidents: Siirt city example  
Adnan Alkan, Fatih Adıgüzel, Mehmet Çetin  
Araştırma Makalesi
- An investigation on the use of air quality models in ship emission forecasts**.....15-30  
Hava kalitesi modellerinin gemi emisyon tahminlerinde kullanılması üzerine bir araştırma  
Gizem Kodak  
Research Article
- Kentsel mekânda e-skuter kullanımına ilişkin Türkiye ve dünyada yapılan yasal düzenleme örnekleri** .....31-42  
Examples of legal regulations in Turkey and the world regarding the use of scooters in urban spaces  
Zeytun Bildirici, Seyitali İlyas, Engin Kepenek, Yalçın Albayrak  
Araştırma makalesi
- Kampüs içi ring seferi gerçekleştirecek servis filosunun tamsayı bir programlama modeli ile optimizasyonu** ...43-55  
Optimization of the service fleet to carry out in campus ring travel with an integer programming model  
Ömer Algorabi, Yusuf Sait Türkan, Amir Foroumandı  
Araştırma makalesi
- Yapay zekâ kullanımıyla peron ayırıcı kapı sisteminin sağlığını izleme ve kestirimci bakım** .....56-70  
Health monitoring and predictive maintenance of platform screen door systems using artificial intelligence  
Şükrü Görgülü, İsa Koç, Necim Kırımça, Mehmet Karaköse, Mehmet Tankut Özgen  
Araştırma Makalesi

**Ağır yük araçları park alanlarının karakteristikleri: Türkiye'ye yönelik bir inceleme** .....71-98

Characteristics concerning park areas of heavy load vehicles: A review for Türkiye

Sevil Ayça Taşcı, Necla Tektaş

Araştırma Makalesi



## Araştırma Makalesi

### Coğrafi bilgi sistemleri kullanarak trafik kazalarının analizi: Siirt kenti örneği

Adnan Alkan<sup>1</sup>, Fatih Adıgüzel<sup>2</sup>, Mehmet Çetin<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup> Bitlis Eren Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Ulaştırma Hizmetleri Bölümü, Bitlis, Türkiye

<sup>3</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Samsun, Türkiye

\*Correspondence: [mehmet.cetin@omu.edu.tr](mailto:mehmet.cetin@omu.edu.tr)

DOI: 10.51513/jitsa.1333482

**Özet:** Trafik kazaları dünya genelinde ciddi bir sorun olarak kabul edilmektedir, çünkü insan kaybına ve maddi zararlara yol açmaktadır. Bu sorunu çözmek için çeşitli önlemler alınmaktadır. Bunlar, yol kalitesinin artırılması, kentsel arazi kullanımının doğru planlanması, sürücü, yolcu ve yaya eğitimlerinin verilmesi ve araçlarda güvenlik donanımlarının geliştirilmesi gibi önlemleri içermektedir. Son yıllarda, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), trafik kazalarının azaltılmasında etkili bir şekilde kullanılmaktadır. CBS, çeşitli ölçeklerde doğal çevre, insan etkileşimi, mekân, zaman faktörleri ve bu ilişkileri inceleme, veri toplama, saklama, analiz, yeni verilere erişim, planlama, yönetim ve karar destek amaçlarına yönelik özgün bir metodolojiye sahip bilgisayar tabanlı bir bilgi sistemi yönetimi olarak tanımlanır. Trafik kazalarının mekânsal analizlerini yaparak kaza kara noktalarını belirlemekte ve buna göre önlemler alınmaktadır. Siirt kentindeki trafik kazalarını analiz etmek ve kazaların azaltılması için çözüm yolları geliştirmek amacıyla bir çalışma yapılmıştır. 2015-2019 yılları arasındaki veriler incelenmiş ve kazaların yoğun olduğu bölgeler tespit edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, Siirt'te 2015-2019 yılları arasında toplam 2195 trafik kazası meydana gelmiştir. Kazaların çoğunluğu tek yönlü yollarda ve caddelerde gerçekleşmiştir. Kaza kara noktalarının analizi sonucunda Heykel Bulvarı, Siirt Eğitim Araştırma Hastanesi önü, Hükümet Caddesi ve Yağmurtepe gibi bölgelerin kazaların yoğunlaştığı alanlar olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma, belirli zaman dilimlerinde ve bölgelerde trafik kazalarının yoğunlaştığını göstermekte ve Siirt'teki kazaların azaltılması için alınması gereken önlemlere işaret etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kaza analizi, coğrafi bilgi sistemleri, Siirt

### Geographic information systems using the analysis of traffic accidents: Siirt city example

**Abstract:** Traffic accidents are recognised as a serious problem worldwide because they cause human loss and material damages. Various measures are taken to solve this problem. These include measures such as improving road quality, proper planning of urban land use, providing driver, passenger and pedestrian training and improving safety equipment in vehicles. In recent years, Geographical Information Systems (GIS) have been used effectively in reducing traffic accidents. GIS, It is defined as a computer-based information system management with a unique methodology for the purposes of examining the natural environment, human interaction, space, time factors and these relationships at various scales, data collection, storage, analysis, access to new data, planning, management and decision support. Determines accident black spots by spatial analyses of traffic accidents and measures are taken accordingly. A study was conducted to analyse traffic accidents in Siirt city and to develop solutions to reduce accidents. The data between 2015-2019 were analysed and the regions where accidents are intense were identified. According to the results of the research, a total of 2195 traffic accidents occurred in Siirt between 2015-2019. Most of the accidents occurred on one-way roads and streets. As a result of the analysis of accident black spots, it was determined that areas such as Heykel Boulevard, in front of Siirt Training and Research Hospital, Government Street and Yağmurtepe are the areas where accidents are concentrated. This study shows that traffic accidents are concentrated in certain time periods and regions and points out the measures to be taken to reduce accidents in Siirt.

**Keywords:** Accident analysis, geographic information systems, Siirt

## 1. Giriş

Günümüzde gelişen teknoloji ve oldukça hız kazanan küreselleşme süreçleriyle birlikte ulaşım oldukça önemli bir kavram haline gelmiştir. Tüm dünyada yaşanan hızlı ekonomik büyüme trendi ve nüfus artışı, ulaşım sistemlerinin gelişmesine ve çeşitlenmesine yol açmıştır. Ulaşım sistemlerinin topluma sağladığı büyük kolaylıkların yanı sıra birçok problemin de ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Kuşkusuz ulaşımında karşılaşılan en önemli sorunların başında trafik kazaları gelmektedir (Doğru ve Aydın, 2018; Güngör vd, 2021). Hem Türkiye’de hem de dünyada trafik kazaları çok büyük maddi ve manevi kayıplara yol açmaktadır. Ölüm ve maddi kayıplar gibi anlık etkiler yanında yaralanma neticesinde sakat kalma veya uzun süre hastanede tedavi görmek gibi travmatik etkileri de olabilmektedir. Trafik kazalarının yol açtığı kayıplar toplum sağlığı ve ülke ekonomisi için büyük kayıplara yol açmaktadır (Li ve Chang, 2019; Ulak vd, 2017). Nitekim dünyada yılda yaklaşık 1 milyon 350 bin insan trafik kazalarından hayatını kaybederken, 50 milyona yakın insan da kazalardan dolayı yaralanmaktadır. Bütün yaş grupları içerisinde ölüm nedenleri arasında trafik kazaları dünyada 8. Sırada yer almaktadır. Dünyada 5-29 yaş aralığındaki nüfusun başlıca ölüm nedeni trafik kazaları oluşturmaktadır. Ayrıca trafik kazaları çoğu ülkenin gayri safi yurt içi hasılasının %3’ünün kaybına yol açmaktadır (Türkiye İstatistik Kurumu, 2020). Trafik kazalarından kaynaklı ölüm, yaralanma ve maddi kayıpların en fazla yaşandığı ülkeler az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdir. Nitekim Afrika’da 100.000 kişide 26.6 kişi, Güneydoğu Asya’da 100.000 kişide 20.7 kişi hayatını kaybederken, bu oran Avrupa’da 100.000 kişide 9.3 kişidir (World Health Organization, 2018; Zangeneh vd, 2018; Vasconcellos, 1999). Özellikle az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde yetersiz altyapı, standartlara uygun olmayan ve sıkışık yollar, eğitimsiz sürücü ve yayalardan dolayı trafik kazalarından kayıplar gelişmiş ülkelere göre oldukça yüksek düzeydedir. Gelişmekte olan ülkeler arasında yer alan Türkiye’de de 2018 yılı verilerine göre bir yılda trafik kazalarında ölen kişi 6675 olup 307.071 kişi de bu kazalarda yaralanmıştır (Türkiye İstatistik Kurumu, 2020).

Öte yandan kentler; kalabalık nüfusları, hızlı ve çarpık kentleşme süreçleri ve yanlış ulaşım politikaları nedeniyle trafik kazalarının etkisini en fazla hissedilen yerlerin başında gelmektedir (Khan vd, 2004; Güngör ve Adıgüzel, 2021). Kentlerde artan nüfus ve gelişen ekonomik şartların neticesinde motorlu araç sayıları hızla artmakta ve ulaşım sistemlerinde çeşitlilik görülmektedir. Kent ulaşımında yaşanan değişimler ve artan motorlu araç sayılarına karşın bu duruma uyum sağlayacak yollar ve altyapı sistemleri olmadığında trafik kazalarının artması kaçınılmaz bir durumdur. Kentlerde en önemli problemlerin başında gelen trafik kazalarının azaltılmasında modern ve yeni teknolojilerden yararlanmak, doğru ulaşım planlamaları ve stratejileri geliştirmek karar vericiler için son derece faydalı olacaktır. Bunun için kaza oranlarının azaltılmasında ve yol güvenliği problemlerini çözmede doğru kaza verileri toplama ve teknolojik analiz sistemlerinin kullanılması oldukça etkili olmuştur. Kullanılan bu sistemler ve yapılan analizler sayesinde kazaların nedenlerinin ortaya çıkarılması sağlanmış ve bu sayede yol güvenliği çalışmalarında önemli mesafeler alınmıştır (Saplıoğlu ve Karaşahin, 2006; Doğru ve Aydın, 2018). Kuşkusuz trafik kazalarının analizinde kullanılan en önemli sistemlerin başında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) gelmektedir. CBS trafik güvenliğini sağlamak için oldukça önemli olup kapsayıcı yönetsel araçlara sahiptir (Kmet vd, 2019; Khatib vd, 1998). Konuma dayalı gözlemlerden elde edilen grafik ve grafik olmayan bilgileri organize eden Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), bilgi depolama, düzenleme, sorgulama, analiz etme ve sonuçları kullanıcıların erişimine sunma amacıyla geliştirilen sistemlerdir. (Foote ve Lynch 1996; Geymen ve Yomralıoğlu, 2006; Geymen ve Dedeoğlu, 2016). XX. yüzyılın sonlarına doğru oldukça etkili bir şekilde kullanılmaya başlanan CBS teknolojileri, kullanışlı ara yüzleri, düşük maliyeti ve çok fazla bilginin kolaylıkla depolanması, paylaşılması ve yönetimiyle büyük kolaylıklar sağlamıştır (Goodchild, 2000; Erdoğan vd, 2008).

Trafik kazalarında mekânsal analizler ve buna dair çözümler, kazaların azaltılmasında en etkili yolların başında gelmektedir. Günümüzde birçok alanda kullanılan CBS teknolojileri, özellikle trafik kazalarının analiz edilmesi, trafik kazalarının sebepleri ve bu sebeplerin azaltılmasına yönelik çözüm süreçlerinde etkili bir şekilde kullanılmaktadır. CBS teknolojileri sayesinde trafik kazalarında mekânsal veriler ve kazalar ile ilgili bilgiler toplanarak, tehlikeli ve riskli lokasyonlar, kara ve kör noktalar, kaza sıklığı,

kazalara yol açan unsurlar doğru tespit edilerek, haritalandırılmaktadır. Bu sayede trafik güvenliği problemleri en aza indirilerek, kazalardan kaynaklı maddi ve manevi kayıplar azaltılmaktadır.

CBS teknolojilerinin trafik kazalarında doğru bir şekilde kullanılabilmesi için veri tabanı oluşturulması ve sorgulanması gerekmektedir. Bunun için kazalara ait bilgilerin doğru bir şekilde tutulması ve incelenmesi gerekmektedir. Gerek Türkiye’de gerekse dünyada kazalara ilişkin en önemli veri kaza raporlarıdır. Bu bağlamda kaza raporlarında yer alan veriler, CBS’de doğru analizlerin yapılması için oldukça önemlidir. Bunun için raporlarda kaza saati ve tarihi, yol tipi, kazanın oluş şekli ve meydana geldiği yer, hava ve yol durumu, araç cinsi, ölü ve yaralı sayısı, hasar durumu gibi verilerin olması oldukça önemlidir (Khan vd, 2006). Doğru ve uygun veriler sayesinde, kazalar ile ilgili etkili analizler ve uygun çözümler, CBS yardımıyla kolaylıkla bulunabilmektedir (Saplıoğlu ve Karaşahin, 2005). Gelişmiş ülkelerde karayolu güvenliği problemlerini çözebilmede ve kazaların azalmasında elde edilen başarı, gerçeği yansıtan doğru kaza verilerini toplama ve bunları uygun analiz sistemleriyle değerlendirmeye yakından ilişkilidir (Thieman, 1998).

Öte yandan Türkiye ve dünyada son yıllarda trafik kazalarının CBS destekli analizi üzerine yapılan çalışma gittikçe artmakta ve birçok disiplin konuya ilgi duymaktadır. Kuşkusuz mekânsal çalışmaların merkezinde yer alan coğrafya disiplini, trafik kazalarının CBS destekli analizlerinde önemli bir yere sahiptir. Ancak Türkiye’de coğrafi bakış açısını yansıtan çalışmaların oldukça eksik olduğu anlaşılmaktadır. Bu çalışmada söz konusu eksikliği gidermek açısından Siirt kentindeki trafik kazaları coğrafi bir bakış açısıyla analiz edilmektedir. Bu yönüyle de çalışma, trafik kazalarında coğrafi bakış açısını yansıtan çok az sayıda araştırma olması nedeniyle literatüre önemli bir katkı yapmayı hedeflemektedir. Çalışmada Siirt kentinde 2015-2019 yılları arasında meydana gelen trafik kazalarının kaza yeri tutanak verileri incelenerek, kentte trafik kazalarının yoğun olduğu alanlar tespit edilerek, kaza sıklığının en fazla olduğu kara noktalar CBS kullanılarak ortaya konulmuştur. Bu sayede kaza kara noktalarının oluşmasının önlenmesi ve kazaların azaltılması için alınabilecek önlemler belirlenmiştir.

## 2. Yöntem

CBS, her ölçekteki doğal ortam, insan, mekân, zaman özellikleri ve ilişkilerine ait veri toplama, depolama, analiz yapma, yeni verilere ulaşma, planlama, yönetim, karar destek amaçlı çalışmalar için kendine has metodolojisi olan bilgisayar tabanlı bir bilgi sistemi yönetimidir. Gerek somut gerekse soyut coğrafi nitelik ve nesnelerin zaman içindeki değişimi ve değişimlerin takibi ve tespiti, nedensellik, sonuç ve dağılım ilişkileri, güncelleme, ilişkilendirme, karşılaştırma, çakıştırma, temin edilen sözel ve grafik veri-bilgilerin saklanması, analiz edilmesi ve sayısal ifadelerle yeni ve güvenilir sayısal sonuçlara ulaşılması Coğrafi Bilgi Sistemlerinin en temel yetenekleridir (Turoğlu, 2016; Yılmaz vd, 2009). CBS teknolojileri ile yapılan çalışmalar, klasik yöntemlerle yapılan çalışmalara kıyasla oldukça önemli avantaj sağlamaktadır.

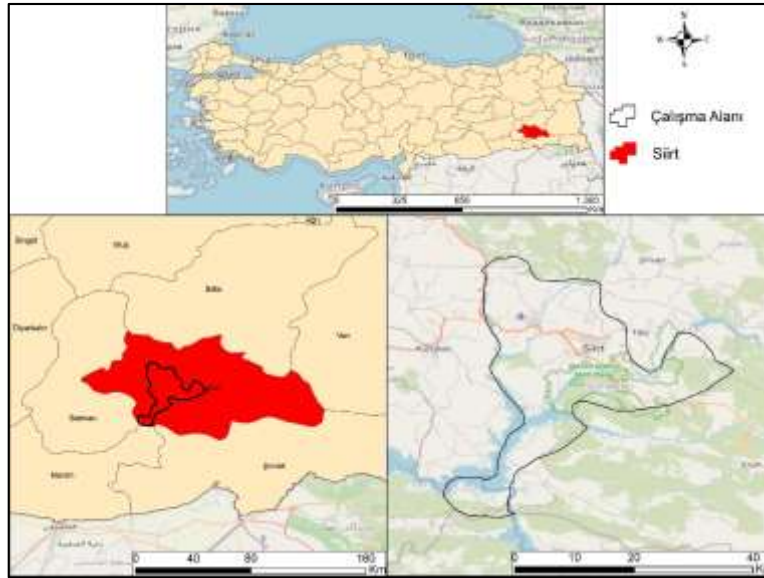
Bu çalışmada Siirt kentinde meydana gelen trafik kazaları CBS sistemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Bu kapsamda kentte trafik kazalarının meydana geldiği noktalar ve sıklıkları mekânsal analizlerle irdelenmiştir. Çalışmada kazaların mekânsal dağılımını ortaya koymak için Kernel Density (Çekirdek Yoğunluğu Tahmin Yöntemi) Analiz Yöntemi kullanılmıştır. Kuşkusuz dünyada trafik kazalarını CBS yardımıyla analiz eden birçok yöntem bulunmaktadır. Ancak en sıklıkla kullanılan ve kabul gören yöntem Kernel Density Analiz Yöntemi’dir (Al-Aamri vd, 2020; Afshin vd, 2013; Ulak vd, 2017; Erdoğan vd, 2008). Bu yöntem tanımlı bir yarıçapa sahip çember içerisine düşen noktaların yoğunluğu ile çember merkezinden uzaklaştıkça değişen noktasal yoğunluğu ifade etmektedir (Yalçın ve Düzgün, 2013). Çemberin merkezinden dış kenarına olan uzaklık farklılık göstermekle birlikte kentlerde meydana gelen kazalarda 50-300 metre aralığındaki kazalar çember içerisine alınmaktadır (Steenberghen vd, 2010; Xie ve Yan, 2008; Thomas, 1996; Al-Aamri vd., 2020). Kırsal bölgelerde meydana gelen kazalar, genellikle merkezden 1000 metre uzaklıkta gerçekleşmektedir (Blazquez ve Celis, 2013). Bu çalışmada sahanın bir kent yerleşmesi olması ve kaza sayısının fazla olması nedeniyle 300 metrelik genişliğe sahip çemberler tercih edilmiştir. Öte yandan kaza alan ve mekânsal yoğunluk analizlerinde en önemli husus Kara Nokta (Black Point) veya Kara Kesim olarak adlandırılan kaza noktalarının belirlenmesidir. Bu noktaların tespit edilmesiyle birlikte kazaların nedenleri çok daha iyi bir şekilde anlaşılabilen ve buna yönelik çözümler geliştirilebilmektedir. Bir yılda aynı lokasyonda aynı tip belli sayıda kaza meydana geliyorsa bu noktalar Kara Nokta olarak adlandırılmaktadır (Bulut

vd, 2016; Dereli ve Erdoğan, 2017). Kara noktaların tespiti için asıl önemli olan, kara noktaların nasıl tespit edileceği ve tespit için hangi metodun kullanılacağıdır. Dünyada pek çok metod kullanılmasına rağmen en yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri kaza frekansı metodudur. Bu yöntemde belirli bir yol kesiminde 1 yılda meydana gelen kaza sayısı dikkate alınır. Ancak bu yöntemde önemli olan kritik kaza sayısını tespit etmektir. Kritik kaza sayısı eşiği ile ilgili literatürde bir bütünlük söz konusu olmadığı gibi ülkelere göre farklılık gösterebilmektedir (Saplıoğlu ve Karaşahin, 2006). Örneğin Homburger ve Kell (1981) herhangi bir noktanın Kara Nokta olarak adlandırılabilmesi için 1 yılda o noktada benzer türde en az 4 kaza olması gerektiğini belirtmiştir (Homburger ve Kell, 1981). Aynı şekilde Erdoğan vd., (2008) Türkiye için bir noktanın Kara Nokta olarak adlandırılabilmesi için aynı yerde en az dört benzer türde kazanın olması gerektiğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte literatürde Kara Nokta için eşik değerinin en 3 adet kaza olması gerektiğini belirten çalışmalar da bulunmaktadır (Saplıoğlu ve Karaşahin, 2005; Demir vd, 2017). Bu çalışmada kara noktalar için kritik kaza eşiği sayısı 4 kaza sayısı olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada kullanılan veriler Siirt kentinde 2015-2019 yılları arasında meydana gelmiş trafik kazaları ile ilgili tutulan kaza tutanaklarından oluşmaktadır. Söz konusu veriler Türkiye Cumhuriyeti Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Başkanlığı'ndan temin edilmiştir. Çalışmada ArcGIS 10.8.1. CBS programı kullanılarak veri tabanı oluşturulmuş ve kaza verileri ile ilgili her türlü istatistiksel ve konumsal analiz yapılabilir hale getirilmiştir. Bu sayede sahadaki kaza yoğunluğu ve mekânsal dağılışı ile kara noktalar tespit edilerek haritalandırılmıştır. Elde edilen görsel veriler ve istatistiksel analizler sayesinde sahadaki trafik kazalarının mekânsal analizi ve kazalara yol açan durumlar ve çözüm yolları ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır.

## 2.1. Çalışma Alanı

Çalışmanın alanını oluşturan Siirt kenti, Siirt ilinin idari merkezi konumundadır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Dicle Bölümü sınırları içerisinde yer alan kent, Dicle Havzası'nın kuzeydoğusunda yer almaktadır (Şekil 1). Güneydoğu Torosların eteklerinde konumlanmış olan Siirt kenti, ulaşım açısından yolların sona erdiği son nokta veya kör nokta olarak ifade edilmektedir (Özgen ve Karadoğan, 2009). Kent nüfusu 2019 yılı verilerine 155.862'dir (TÜİK, 2020). Yaklaşık 350.000 nüfuslu Siirt ilinin yönetsel merkezi olan Siirt kenti, sosyo-ekonomik açıdan hızlı bir gelişim trendi içerisinde yer alırken kentte motorlu araç sayısı gittikçe artmaktadır. Kentte Emniyet Genel Müdürlüğü Trafik Başkanlığı verilerine göre 2019 yılında 20.493 motorlu araç bulunmaktadır. Kentin ulaşım sistemleri ve altyapısı plansız bir şekilde yapıldığı için ulaşım ile ilgili birçok sorun yaşanmaktadır. Ayrıca sahada gün geçtikçe artan motorlu araç sayısı nedeniyle mevcut altyapı ve yollar yetersiz gelmekte ve bu durum da trafik kazalarının artmasına yol açmaktadır.



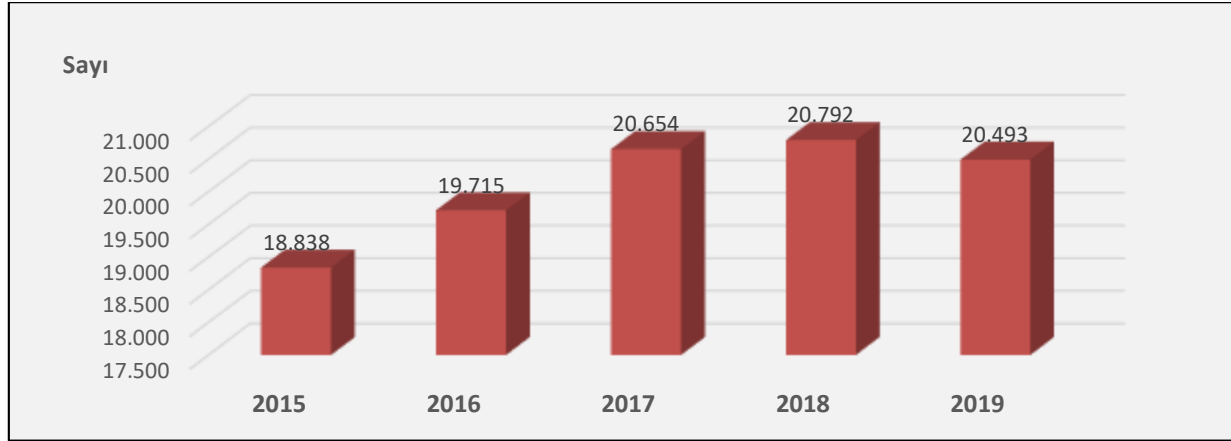
Şekil 1. Çalışma alanı lokasyon haritası.



### 3. Bulgular

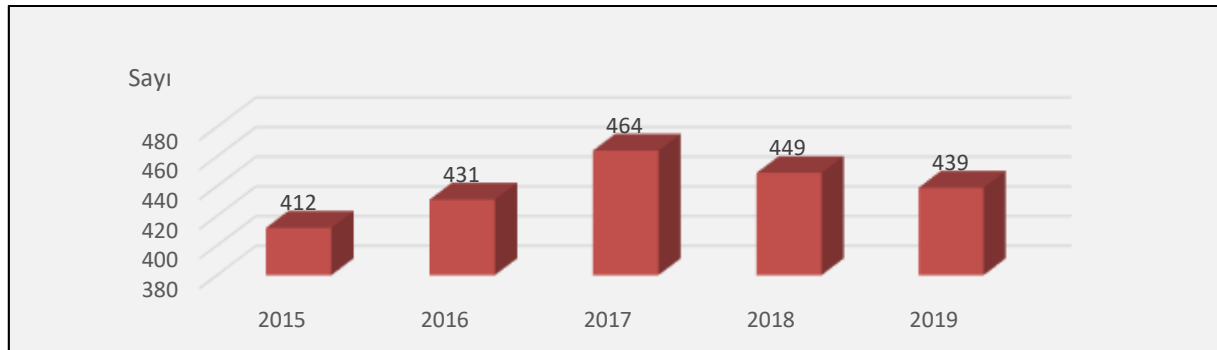
Çalışma kapsamında ilk olarak Siirt'te trafiğe kayıtlı motorlu araç sayıları incelenmiştir. Motorlu araç sayısının fazlalığı trafik kazalarının artmasında etkili olan faktörlerden biridir. Sahadaki motorlu araç sayıları yıllara göre belirgin bir şekilde artmıştır. Nitekim 2015 yılında Siirt ilinde 18.838 motorlu araç yer alırken bu sayı 2019 yılında 20.493'e yükselmiştir (Tablo 1). Sahada yıllık bazda yaklaşık 1000 motorlu aracın trafiğe dâhil olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum kentteki ulaşım altyapısının yenilenmediği düşünüldüğünde kaza sayılarının artmasında önemli bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır.

**Tablo 1.** Siirt ilindeki 2015-2019 yıllarında motorlu araç sayıları (TÜİK 2020).



Siirt kentinde trafik kazalarının yıllara göre dağılımı analiz edilmiştir. Buna göre kentte 2015 yılında 412, 2016 yılında 431, 2017 yılında 464, 2018 yılında 449 ve 2019 yılında 439 trafik kazası meydana gelmiştir (Tablo 2). 2015-2019 yılları aralığında Siirt kentinde toplam 2195 trafik kazası meydana gelmiştir. Çalışma sahasındaki trafik kazaları 2015-2018 yılları arasında sürekli artarken, 2019 yılında önceki yıla göre %2,23 azalmıştır. Bu azalmanın meydana gelmesinde Emniyet Genel Müdürlüğü tarafından yapılan hız ve trafik kurallarına uygunluk denetimlerinin artması etkili olmuştur.

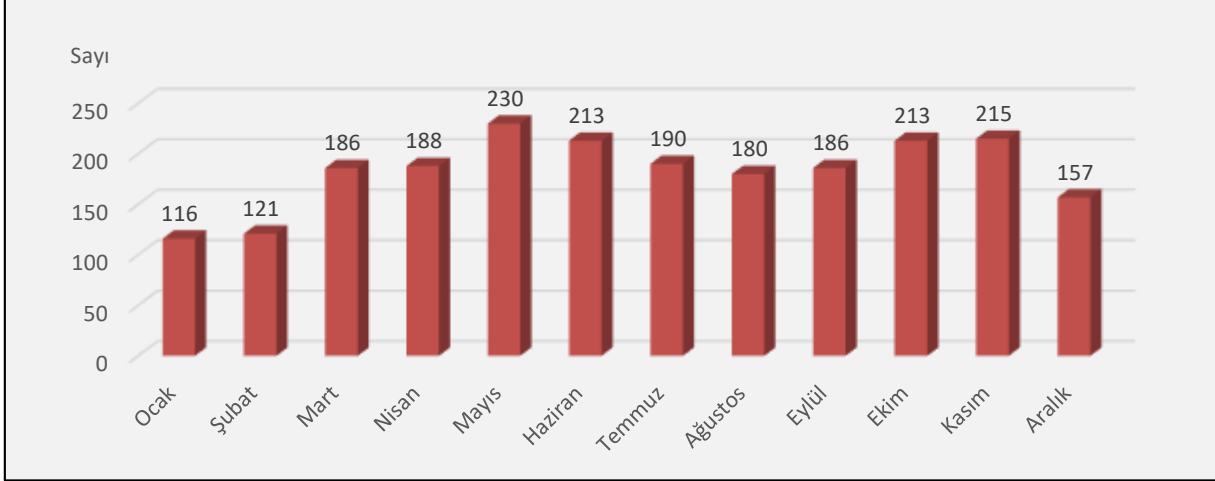
**Tablo 2.** Siirt kentindeki 2015-2019 yıllarında trafik kaza sayıları (TÜİK 2020).



Öte yandan trafik kazalarının daha iyi analiz edilebilmesi için kaza sayılarının yanı sıra bu kazaların meydana geldiği zaman oluş şekli, kaza yeri ve yol tipi gibi parametrelere göre de analiz edilmesi gerekmektedir. Buna göre Siirt kentinde 2015-2019 yılları arasında meydana gelen kazaların aylara ve gün içerisinde saatlere göre dağılımı incelendiğinde, bu dönemde en fazla kaza 230 ile Mayıs ayında meydana gelmiştir (Tablo 3). Mayıstan sonra Kasım ayı 215 kaza ile en fazla kazanın olduğu ikinci aydır. Daha sonra Ekim ve Haziran ayları 213'er kaza ile sıralanmaktadır. Çalışma sahasında ilgili istatistik yıllarında trafik kazalarının en az yaşandığı ay, 116 kaza sayısı ile Ocak ayıdır. Yıllara göre incelendiğinde 2015, 2016, 2017 yıllarında en fazla kaza Mayıs ayında, 2018 yılında Mart ve 2019

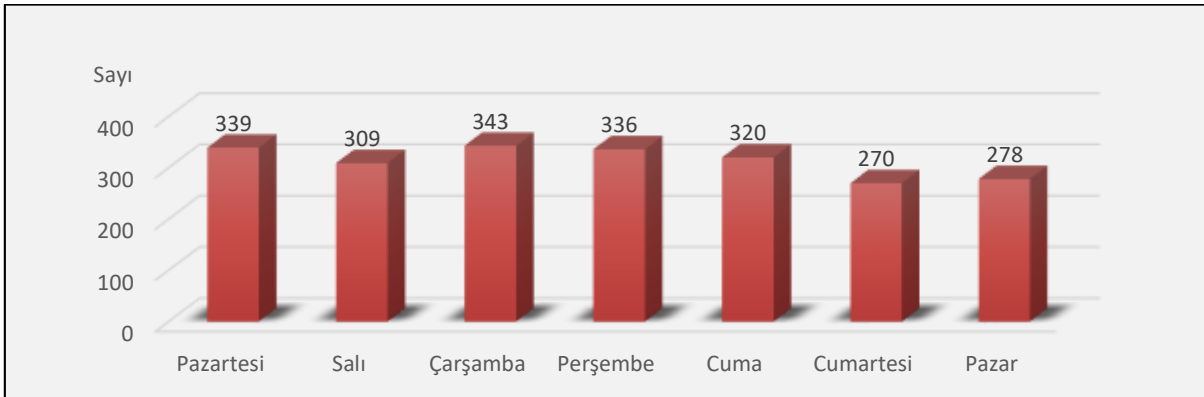
yılında kasım ayında en fazla kaza gerçekleşmiştir. Görüldüğü üzere sahada kazaların büyük bir kısmı ilkbahar ve sonbahar aylarında meydana gelmiştir. Trafik kazalarının bu dönemlerde yüksek olması, yağmur şeklinde gerçekleşen yağışların yol açtığı ıslak zeminin büyük bir etkisi vardır. Hız kurallarına uyulmadığı yağmurlu bahar günleri kazaların en fazla yaşandığı zamanları oluşturur.

**Tablo 3.** Siirt kentinde 2015-2019 yıllarında meydana gelen trafik kazalarının aylara göre dağılımı (TÜİK, 2020).



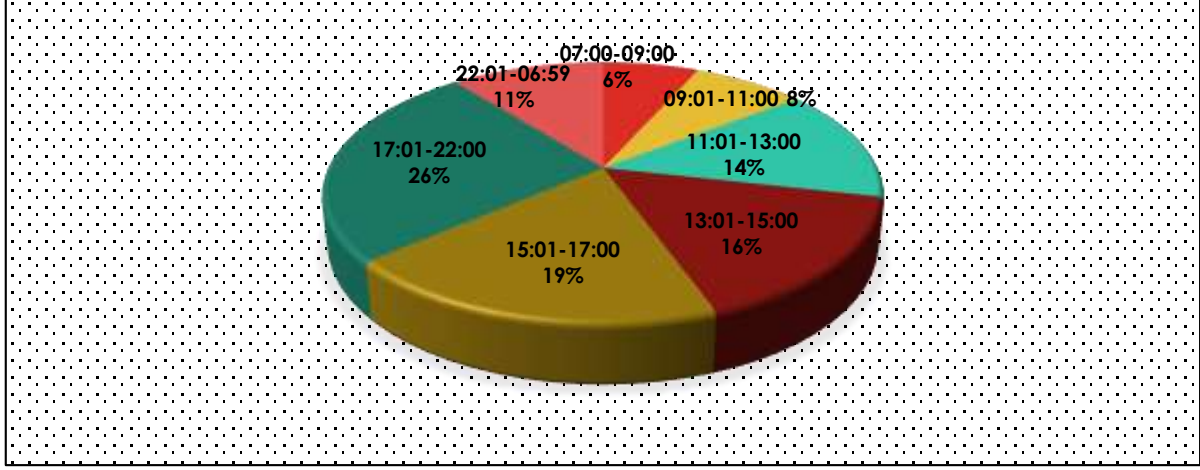
Trafik kazalarının meydana geldiği günler analiz edildiğinde, Siirt kentinde 2015-2019 yıllarını kapsayan dönemde kazaların en fazla çarşamba günü meydana geldiği tespit edilirken en az ise cumartesi günü meydana gelmektedir. Tablo 4 incelendiğinde 2015-2019 yıllarında en fazla kazanın 343 kaza sayısı ile çarşamba günü olduğu, ardından 339 kaza sayısı ile pazartesi, daha sonra 336 kaza sayısı ile perşembe günü olduğu tespit edilmiştir. Kazaların daha düşük olduğu günler ise sırasıyla cumartesi 270 kaza sayısı, pazar 278 kaza sayısı ve salı 309 kaza sayısı olduğu belirlenmiştir (Tablo 4). Siirt kentinde hafta içinde daha fazla kaza gerçekleşirken, hafta sonlarında ise daha az kaza gerçekleştiği görülmektedir.

**Tablo 4.** Siirt kentinde 2015-2019 yıllarında meydana gelen trafik kazalarının günlere göre dağılımı (TÜİK, 2020).



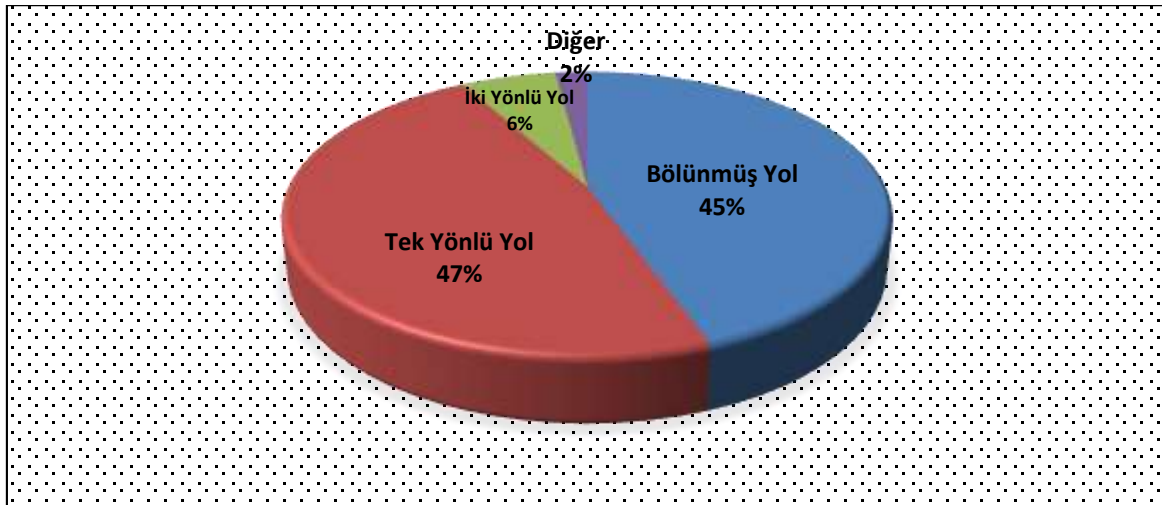
Siirt kentinde oluşan trafik kazalarının gün içerisindeki saat aralıklarına göre dağılımı incelendiğinde, 2015-2019 yılları arasında kapsayan 5 yıllık periyotta kazalar en fazla 17:01-22:00 saatleri arasında meydana gelmiştir (Şekil 2). Bu saat aralığında ilgili dönemde 565 kaza meydana gelmiştir. Bu saat aralığından sonra en fazla kaza 15:01-17:00 aralığında meydana gelmiştir. Bu zaman aralığında da 419 kaza olmuştur. İlgili dönemde kazaların en az meydana geldiği saat aralığı ise 07:00-09:00 aralığıdır.

Bu aralıkta 146 kaza gerçekleşmiştir. Bu veriler dikkate alındığında Siirt kentinde trafik kazalarının daha çok akşam saatlerinde meydana geldiği görülmektedir. Bu zaman aralığında kazaların fazla olmasının sebepleri arasında insanların mesai bitimi eve dönüşlerinde yaşanan yoğunluk ile karanlık havanın getirdiği olumsuzluklar oldukça belirleyici olduğu söylenebilir.



**Şekil 2.** Siirt kentinde 2015-2019 yıllarında meydana gelen trafik kazalarının gün içerisindeki zaman dilimlerine göre dağılımı (TÜİK).

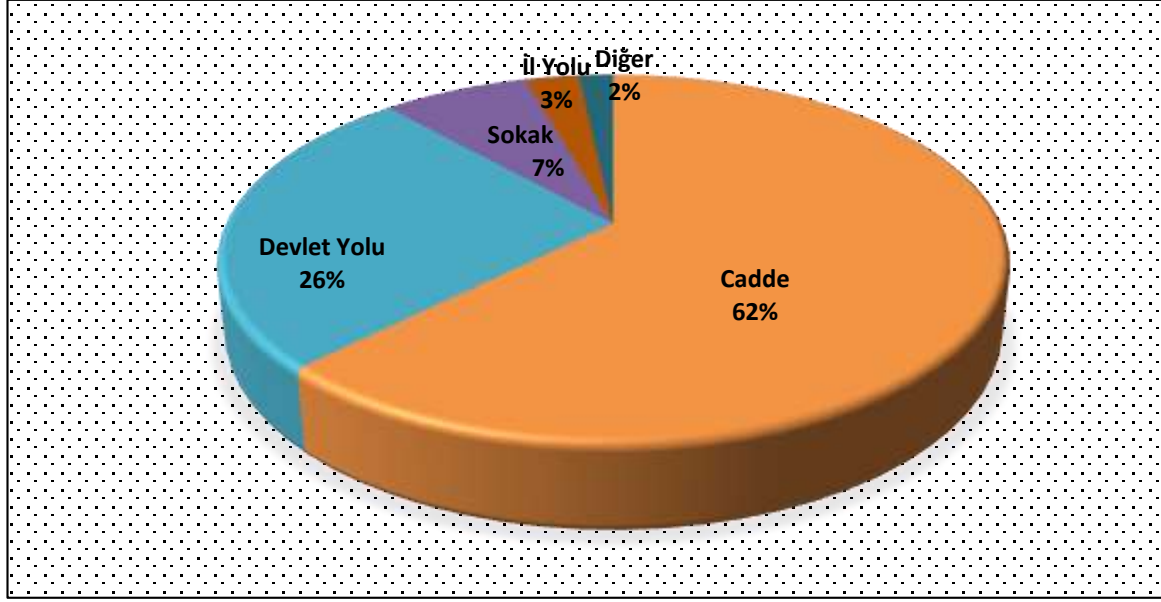
Trafik kazalarının doğru bir şekilde analiz edilmesinde karayollarının niteliği, yol tipi, yolun sınıfı gibi bir takım yol güvenliğinde etkili olan faktörlerin analiz edilmesi oldukça önemlidir. Buna göre Siirt kentinde 2015-2019 yılları arasında meydana gelen trafik kazalarının %47'si tek yönlü yollarda, %45'i bölünmüş yollarda, %6'sı iki yönlü yollarda ve %2'si diğer yollarda gerçekleşmiştir. Şekil 3'ten de anlaşılacağı üzere Siirt kentinde trafik kazaları daha çok tek yönlü yollar ve bölünmüş yollarda gerçekleşmiştir. İki yönlü duble yollarda trafik kazalarının oldukça az sayıda gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Bu durumda çalışma sahasındaki iki yönlü duble yolların sayısının artırılması trafik kazalarının azalmasında oldukça önemli bir faktör olacaktır.



**Şekil 3.** Siirt kentinde 2015-2019 yıllarında meydana gelen trafik kazalarının yol tipine göre dağılımı (TÜİK, 2020).

Trafik kazalarında karayollarının tipi kadar önemli olan bir başka özellik yolun sınıfıdır. Kazaların meydana geldiği cadde, sokak, şehirler arası, köy ve bağlantı yolları gibi yolun meydana geldiği yol

sınıfı, kazaların nedeninin anlaşılmasında önemli bir yere sahiptir. Nitekim Siirt kentinde 2014-2019 yıllarını kapsayan periyotta meydana gelen kazaların %62'si cadde yollarında, %26'sı şehirlerarası yollarda, %7'si sokak yollarında ve %5'i köy yolu, bağlantı yolu, tesis önü gibi farklı yollarda meydana gelmiştir. Şekil 4'den de anlaşılacağı üzere Siirt kentinde trafik kazalarının büyük bir kısmı cadde ve devlet yollarında meydana gelmektedir. Kentte oldukça dar olan sokak ve caddeler hem trafik kazalarına sebep olurken hem de günün belirli saatlerinde trafik yoğunluğuna yol açmaktadır. Kentteki cadde ve sokakların genişletilmesi ve modern bir yapıya kavuşturulmasıyla birlikte trafik kazalarında belirgin bir düşüş yaşanabilecektir.

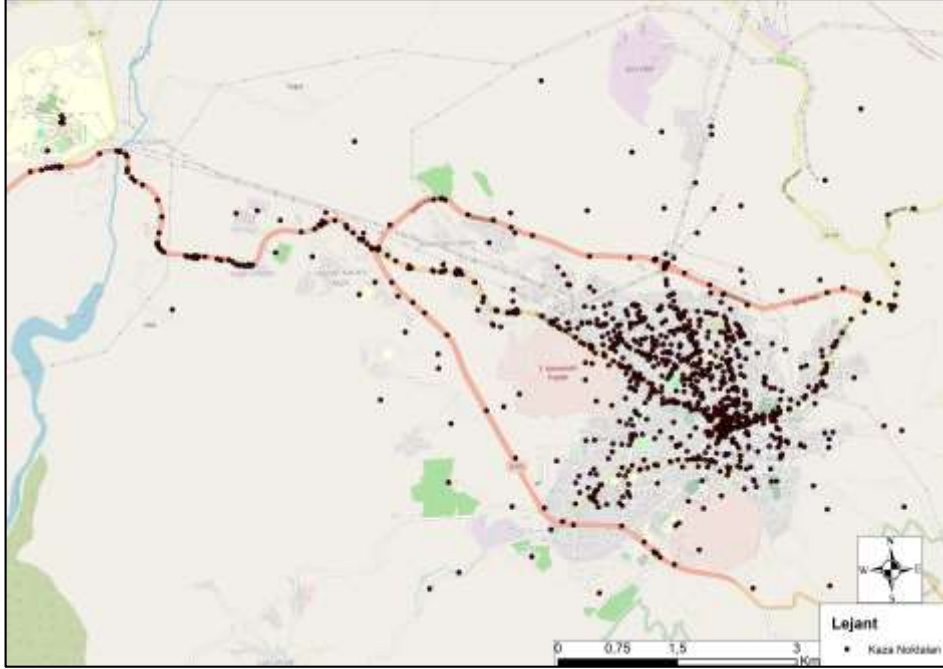


**Şekil 4.** Siirt kentinde 2015-2019 yıllarında meydana gelen trafik kazalarının yol sınıfına göre dağılımı (TÜİK, 2020).

Öte yandan bir sahadaki trafik kazalarının modern yöntemler ve Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak analiz edilebilmesi için kazaların meydana geldiği noktaların analiz edilmesi gerekir. Bu sayede kazalar için sıcak ve yoğun lokasyonlar belirlenerek gerekli çözümler geliştirilebilir. Buna göre CBS ortamında yapılan analizlerde sahada trafik kazalarının belirli kavşak, cadde ve sokaklarda yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 5, 6). Siirt kentinde trafik kazaları bakımından en sıcak ve kara nokta Hükümet, Şeyh El Hazin ve Mithat Öktüren caddelerinin kesiştiği Heykel Bulvarı'dır. Kentin kalbi olan bu bulvar, 3400 m<sup>2</sup>'lik bir alan kaplamaktadır. Belediye binası, çeşitli bankaların, hizmet binası ve birçok işyerinin konumlandığı bu nokta, kentin en işlek ve aynı zamanda trafik yoğunluğunun en fazla olduğu alandır. Heykel bulvarı ve yakın çevresinde yılda ortalama 100-150 kaza meydana gelmektedir. Bu konumda kaza yoğunluğunun fazla olmasının temel nedenleri arasında birçok önemli cadde, sokak ve yolun kesiştiği bir noktada yer alması ve buna bağlı olarak oluşan yaya ve araç yoğunluğu, bulvarda trafik işaretleri ve lambalarının bulunmaması ve yolların oldukça dar olması gibi faktörler yer almaktadır. Özellikle Heykel Bulvarı'nın hemen kuzeydoğusunda yer alan Ali Çelik ve 1402 Nolu sokaklar, oldukça dar olduğu için çok sayıda trafik kazası bu mevkide meydana gelmektedir.

Siirt kentinde Heykel Bulvarı dışında trafik kazaları açısından birçok kara nokta bulunmaktadır. Bunların başında da Şeyh El-Hazin Caddesi gelmektedir. Heykel Bulvarı'nın doğusu boyunca uzanan bu cadde, Tillo Caddesi olarak da anılmaktadır. Siirt kentini Siirt'in birçok ilçesine bağlayan bu cadde, insan ve araç hareketliliğinin en fazla olduğu yerlerden biridir. Bu cadde oldukça dar olmakla birlikte aynı zamanda çok sayıda dar ve sıkışık sokak tarafından da kesilmektedir. Bu nedenle Şeyh El-Hazin Caddesi ve bu caddeye kavuşan birçok sokakta çok sayıda kaza meydana gelmektedir. Bu hat boyunca da yıllık ortalama 100 civarında kaza meydana gelmektedir. Kentte bir diğer kara nokta ise Hükümet Caddesi'dir. Heykel Bulvarı'ndan batıya doğru uzanan bu cadde, Siirt İl Özel İdare'ye kadar

uzanmaktadır. Bu cadde etrafında da çok sayıda eğitim ve sağlık kurumu, işyeri ve kamu kurum ve kuruluşları yer almaktadır. Kentteki araç yoğunluğunun en fazla olduğu caddelerden biri olan Hükümet Caddesi, aynı zamanda kaza yoğunluğunun en fazla olduğu hatlardan biridir. 1322 Sokak, 1430 Sokak 1704 Sokak ve 1714 Sokağın Hükümet Caddesi ile birleştiği noktalar, trafik kazaları açısından bu doğrultudaki en sıcak noktalar. Çalışma sahasında kaza yoğunluğunun fazla olduğu bir diğer cadde ise Nebil Oktay Caddesi'dir. Yeni Mahalle sınırları içerisinde yer alan Nebil Oktay Caddesi, trafik kazaları açısından riskli bir sahadır. Bu caddeyi çok sayıda dar sokak ve cadde keserken, caddelerin kesişim noktaları bu hattaki kara noktalardır. Özellikle Nebil Oktay ve Medine caddelerinin kesiştiği konumda çok sayıda trafik kazası meydana gelmiştir. Bu noktada yılda yaklaşık 20 civarında kaza meydana gelmektedir.



**Şekil 5.** Siirt kentinde 2015-2019 yıllarında meydana gelen trafik kazalarının dağılımı (TÜİK 2020).

Çalışma sahasında kaza yoğunluğunun fazla olduğu bir diğer kara nokta Hakkı Akyüz Caddesi'dir. Yeni Mahalle ile Bahçelievler Mahallesi arasında kuzeydoğu-güneybatı istikametine doğru uzanan bu cadde üzerinde çok sayıda kaza yaşanmıştır. Bu cadde üzerinde hem yaya hem de araç trafiğinin çok yoğun olması ve cadde boyunca çok sayıda işyerinin varlığı kazaların artmasına yol açmaktadır. Özellikle söz konusu caddenin Güres Caddesi ile kesiştiği konum kara noktalardan birini oluşturmaktadır. Siirt kentinde kaza yoğunluğunun fazla olduğu bir diğer kara nokta ise Güres Caddesi üzerinde yer alan Siirt Eğitim ve Araştırma Hastanesi önüdür. Günlük yaya ve araç yoğunluğunun çok fazla olduğu bu noktada aynı zamanda birçok kaza meydana gelmektedir. Kentteki en önemli sağlık kuruluşu konumunda olan Siirt Eğitim ve Araştırma Hastanesi, sunmuş olduğu hizmetin niteliği ve yoğunluğundan dolayı büyük bir hareketliliğe sahne olmaktadır. Bu durum hastane çevresinde yaya ve sürücü kaynaklı çok sayıda kazanın yaşanmasına da yol açmaktadır. Ayrıca sahadaki gözlemler sonucu Siirt Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nin Güres Caddesi ile kesiştiği noktadaki araç yolları oldukça dar olup, kavşak ve ara yollar da doğru bir şekilde tasarlanmadığı tespit edilmiştir. Bu durum kaza sayılarının artmasına yol açan başka bir olumsuz durumdur.





caddelerde ise büyük bir trafik sıkışıklığı ortaya çıkmıştır. Ayrıca son yıllarda bu cadde etrafında dikey yapılaşma artmıştır. Güres Caddesi'ne yakın çok sayıda yüksek katlı apartman bloklarının inşa edilmesi ve büyük bir kısmının otoparka sahip olmaması kentte araç trafiğini daha da artırmıştır. Otoparka sahip olmayan bu apartmanlarda ikamet edenler, genellikle araçlarını Güres Caddesi'ne bağlanan sokak ve caddeler boyunca park etmekte ve bu durum zaten dar olan cadde ve sokakların daha da kullanışsız hale gelmesine ve kazaların artmasına da yol açmaktadır. Bunun önüne geçmek için Güres Caddesi'ne yakın alanlarda çok katlı otoparkların yapılması, cadde ve sokaklarda araç park uygulamalarının trafik yoğunluğunu azaltacak şekilde yeniden düzenlenmesi gerekmektedir.

Çalışma sahasında CBS kullanılarak çok sayıda kara nokta tespit edilmiştir. Bu kara noktalar genellikle yolların kesiştiği kavşaklar veya dar cadde ve sokaklarda yoğunlaşmıştır. Siirt kentinde 20'ye yakın kara nokta tespit edilmiştir. Bu kara noktalar içerisinde Heykel Bulvarı ve çevresi, trafik kazalarının en sık gerçekleştiği konumu oluşturur. Heykel Bulvarını içine alan yaklaşık 2 km<sup>2</sup>'lik alanda 5 kaza kara noktası tespit edilmiştir. Bu kesimde kaza sayılarının yüksek olmasında, trafik ve yaya yoğunluğunun yanı sıra bulvar ve çevresinde trafik sinyalizasyon sistemlerinin olmayışı, yolların oldukça dar olması ve bulvar tasarımının yanlışlığı gibi unsurlar belirleyicidir. Bu noktada kazaların önüne geçebilmek için mutlaka Heykel Bulvarı'nın modern kentsel tasarıma uygun olarak yeniden planlanması, sinyalizasyon sistemleri yapılması ve trafik denetimlerinin artırılması gerekmektedir. Siirt kentinde kaza yoğunluğunun yüksek olduğu bir diğer kara nokta ise Güres Caddesi'nin Siirt Eğitim ve Araştırma Hastanesi hizasından geçen kısmıdır. Bu noktada hastaneden kaynaklı yaya ve araç yoğunluğu ile birlikte trafik kazaları artmaktadır. Özellikle 1581 Nolu Sokak'ın Güres Caddesi ile birleştiği ve aynı zamanda Siirt Eğitim ve Araştırma Hastanesi acil girişine denk gelen nokta, kara noktalardan birini oluşturmaktadır. Bu kesimde bir başka kara nokta ise hastanenin kuzeyine denk gelen ve Nihat Aykut Caddesi ile Güres Caddesi'nin kesiştiği noktadır. Her iki noktada da kaza sayılarının yüksek olmasında yolların oldukça dar olması, trafik sinyalizasyon sistemlerinin olmayışı ve bu kesimde sokak ve cadde planlamasının doğru kurgulanmaması belirleyici olmuştur. Bütün bu kara noktalarda kazaları azaltmak için yolların genişletilmesi, bağlantılı yollarının ve trafik denetimlerinin artırılması gerekmektedir.

Siirt kentinde kaza kara noktalarının yoğun olduğu bir diğer kesim ise Hükümet Bulvarı boyunca bu bulvara dik bir şekilde uzanan sokak ve caddelerdir. Bu bulvar üzerinde 4 kara nokta bulunmaktadır. Bu güzergâhta kara noktaların oluşmasında sürücülerin hızlı ve dikkatsiz seyretmesi, hız önleyici sistemlerin olmayışı gibi unsurlar etkilidir. Bu güzergâhtaki kara noktaları önlemek için trafik denetimlerinin artırılması, hız önleyici sistemlerin kurulması gerekmektedir. Çalışma sahasında trafik kazalarının arttığı bir diğer cadde ise Abdullah Bağış Caddesi'dir. Bu caddenin İsmet Aydın ve Mahmut Çalapkulu caddeleri ile kesiştiği iki nokta, kaza sayısının yüksek olduğu kara noktalarıdır. Yolların oldukça dar ve trafik yoğunluğunun gün içerisinde fazla olması, kaza sayılarının bu kesimde artmasına yol açmıştır. Bu kesimde kazaları önlemek ve azaltmak için trafik yoğunluğunu azaltacak alternatif yollar yapmak, yol ve caddeleri genişletmek gerekir. Siirt kentinde önemli kara noktalardan biri de kentin batısında yer alan Yağmurtepe mevkiidir. Siirt'i Batman, Diyarbakır, Bitlis gibi komşu kentlere ve dünyaya bağlayan karayolunun geçtiği bu kesim, oldukça eğimlidir. Yağmurtepe mevkiinde yerleşme yoğunluğu az olduğu için yaya trafiği seyrek olmasına rağmen çok yoğun bir araç trafiği bulunmaktadır. Özellikle yağışlı havalarda eğimli olan bu kesimde sürücüler hızlı seyrettiğinde kontrolü kaybederek, kazalara yol açmaktadır. Bu kesimde meydana gelen kazalar çoğunlukla ağır yaralanmalı veya ölümlü kazalar şeklinde gerçekleşmektedir. Bu durumun önüne geçmek için mutlaka bu kesimde hız önleyici trafik tedbirlerinin alınması gerekmektedir.

Diğer yandan Siirt kentinde meydana gelen trafik kazalarının daha çok ilkbahar aylarında, haftanın ilk günlerinde ve gün içerisinde de akşam saatlerinde meydana geldiği anlaşılmaktadır. Kaza sayılarının yoğunlaştığı bu zaman dilimleri dikkate alınarak bu zaman aralıklarında ilave ve önleyici trafik tedbirlerinin alınması gerekmektedir. Ayrıca söz konusu zaman dilimlerinde trafik sıkışıklığını azaltmak için belirli cadde ve sokaklardaki yoğunluğunu azaltacak alternatif yollar ve bağlantıların yapılması, trafikte bir rahatlamaya yol açacaktır. Bunun yanında sahada trafik kazaları ve kara noktaların büyük oranda bazı cadde ve sokaklarda meydana geldiği anlaşılmakta olup, bu kesimlerde yolların modern şehirleşmeye uygun bir standarda getirilmesi ve yeniden tasarlanması kazaların azaltılması hususunda oldukça önemlidir. Ayrıca söz konusu cadde ve sokaklarda trafik sinyalizasyon sistemleri ve işaretlerinin artırılması, kazaların önüne geçmesini sağlayabilir. Bütün bunların yanında kent genelinde

trafik kazalarının azaltılması ve sağlıklı bir trafik akışının sağlanması için mutlaka sürücü, yolcu, yayalara trafik ile ilgili eğitimlerinin verilmesi ve trafik kuralları konusunda farkındalık sağlanması gerekmektedir.

### **Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı**

Yazarların çalışmadaki katkı oranları eşittir.

### **Destek ve Teşekkür Beyanı**

Çalışmada herhangi bir destek alınmamıştır. Teşekkür edilecek bir kurum veya kişi bulunmamaktadır.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Çalışma kapsamında herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### **Kaynakça**

**Abrahart, R. J., and See, L.** (1998). Neural Network vs. ARMA Modelling: Constructing Benchmark Case Studies of River Flow Prediction. In *GeoComputation '98. Proceedings of the Third International Conference on GeoComputation*, University of Bristol, United Kingdom, 17–19 September (CD-ROM).

**Afshin, S.M., Matin, S., Babak, M.** (2013). GIS Based Method for Detecting High-Crash-Risk Road Segments Using Network Kernel Density Estimation, *Geo-Spatial Information Science*, 16(2), 113-119.

**Al-Aamri, A.K., Hornby, G., Zhang, L.C., Al-Maniri, A.A., Padmadas, S.S.** (2020). Mapping Road Traffic Crash Hotspots Using GIS-Based Methods: A Case Study of Muscat Governorate in The Sultanate of Oman. *Spatial Statistics* (2020), 1-42.

**Blazquez, C.A., Celis, M.S.** (2013). A Spatial and Temporal Analysis of Child Pedestrian Crashes in Santiago, Chile. *Accident Analysis and Prevention*, 50, 304–311.

**Bulut, Y., Demir, M., Batuhan, T.** (2016). Black Point Analysis of Traffic Accidents: 2015 Erzurum City Case, *Proceedings of Academics World International Conference*, Manila, Philippines, 2 May 2016.

**Demir, M., Caner, A.M., Bulut, Y.** (2017). Erzurum Kent İçi Ulaşım Planlamasında Kullanılmak Üzere; CBS Tabanlı Trafik Kazalarının Analizi, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(3), 221-230.

**Dereli, M.A., Erdoğan, S.** (2017). A New Model for Determining the Traffic Accident Black Spots Using GIS-Aided Spatial Statistical Methods, *Transportation Research Part A* 103, 106-117.

**Doğru, E., Aydın, F.** (2018). Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Trafik Kazalarının Analizi: Karabük Merkez İlçe Örneği, *TÜCAUM 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*, 3-6 Ekim 2018, 355-369.

Emniyet Genel Müdürlüğü. (2020). Trafik Başkanlığı Trafik Kaza Tutanakları (2015-2019).

**Erdoğan, S., Yılmaz İ., Baybura, T., Gullu, M.** (2008). Geographical Information Systems Aided Traffic Accident Analysis System Case Study: City of Afyonkarahisar, *Accident Analysis and Prevention*, 40, 174-181.

**Foot K. E., ve Lynch M.** (1996). Geographic Information Systems as an Integrating Technology: Context, Concepts and Definitions. The Geographers Craft Project, Department of Geograpy, University of Texas at Austin.

**Geymen, A. ve Dedeoğlu, O.K.** (2016). Coğrafi Bilgi Sistemlerinden Yararlanılarak Trafik Kazalarının Azaltılması: Kahramanmaraş İli Örneği, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(2), 79-88.

**Geymen, A., Yomraloğlu, T.** (2006). Yerel Yönetimler İçin Devingen Yapılı Bir Kent Bilgi Sistemi Yazılımının Geliştirilmesi: DEVKBS, YvKB'06-Yapı ve Kentte Bilişim Kongresi, 8-9 Haziran, s.49-60, Ankara.

**Goodchild, M.F.** (2000). GIS and Transportation: Status and Challenges, *GeoInformatica*, 4(2), 127-139.

**Güngör, M., ve Adıgüzel, F.** (2021). Kapadokya Araştırmaları, Bölüm Adı: Nevşehir ili merkezindeki trafik kazalarının CBS ile kaza analizi, Editör: İmamoğlu Ali, Basım sayısı: 1, Sayfa sayısı: 208, ISBN: 978-625-7606-33-2, Bölüm Sayfaları: 45 – 70, Litaretürk Academia, Konya.

**Güngör, M., Vural, E., ve Adıgüzel, F.** (2021). Investigation of traffic accidents in the city center Of Şanlıurfa by using GIS. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 7(1), 74-82.

**Homburger, W. ve Kell, J.** (1981). *Fundamentals of Traffic Engineers*, 347pp, 10th Edition, Berkeley, California, USA.

**Khan, A.M., Al Kathairi, A.S., Garib, A.M.** (2004). A GIS Based Traffic Accident Data Collection, Referencing and Analysis Framework for Abu Dhabi, Paper Presented in CODATU XI: World Congress: Towards More Attractive Urban Transportation, Bucharest, Romania, 1-11.

**Khan, G., Qin, X., Noyce, A.D.** (2006). Spatial Analysis of Weather Crash Patterns in Wisconsin. 85th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, USA, 1-22.

**Khatib, Z., Ou, Y., Chang, K.** (1998). GIS and Transportation Planning, Transportation Planning for Small and Medium Sized Communities 6th Conference, 16-18 September 1998, Washington, Session 10.

**Kmet, R., Dvorak, Z., Kvet, M.** (2019). Map of Traffic Accidents, *Transportation Research Procedia*, 40, 1418-1425.

**Li C.C., ve Chang T.C.** (2019) Applying the GIS to Discuss the Traffic Accidents under Environmental Analysis - Case on Taichung City, *Ekoloji* 28(107), 3805-3816.

**Özgen, N., Karadoğan, S.** (2009). Siirt Şehrinin Kuruluşu ve Gelişimi, *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(2), 61-81.

**Saphioğlu, M. ve Karasahin, M.** (2006). Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımı İle Isparta İli Kent İçi Trafik Kaza Analizi, Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(3), 321-332.

**Steenberghen, T., Aerts, K., Thomas, I.** (2010). Spatial Clustering of Events On a Network, *Journal of Transport Geography*, 18(3), 411–418.

**Thieman, S.** (1998). GIS and Transportation Planning, Transportation Planning for Small and Medium Sized Communities 6th Conference, 16-18 September 1998, Washington, Session 10, s.1-7.

**Thomas, I.** (1996). Spatial Data Aggregation: Exploratory Analysis of Road Accidents, *Accident Analysis and Prevention.*, 28(2), 251-264.

**Turoğlu, H.** (2016). *Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Esasları Genişletilmiş 4. Baskı*, İstanbul: Çantay Yayınevi.

**Türkiye İstatistik Kurumu.** (2020). (<http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>, Erişim Tarihi: 12.09.2020).

**Ulak, M.B., Ozguven, E.E., Spainhour, L., Vanli, O.A.** (2017). Spatial Investigation of Aging-Involved Crashes: A GIS-Based Case Study in Northwest Florida, *Journal of Transport Geography*, 58, 71-91.

**Vasconcellos, E.A.** (1999). Urban Development and Traffic Accidents in Brazil, Accident Analysis and Prevention, 31, 319-328.

**World Health Organization** (2018). GLOBAL STATUS REPORT ON ROAD SAFETY 2018 ([https://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2018/en/](https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2018/en/) Erişim Tarihi: 15.09.2020)

**Xie, Z., ve Yan, J.** (2008). Kernel Density Estimation of Traffic Accidents in a Network Space. *Computers, Environment, and Urban Systems*, 35(5), 396-406.

**Yalçın, G., ve Düzgün, H.Ş.** (2013). Mekânsal İstatistikte Nokta Deseni Analizi: Trafik Kazaları Analizi Örneği, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 14-17 Mayıs 2013, Ankara, 1-5.

**Yılmaz, İ., Erdoğan, S., Baybura, T., Güllü, M., Uysal, M.** (2009). Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla Trafik Kazalarının Analizi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 7(2), 135-150.

**Zangeneh A., Najafi F., Karimi S., Saeidi S., Izadi N.** (2018). Spatial-Temporal Cluster Analysis of Mortality from Road Traffic Injuries Using Geographic Information Systems in West of Iran During 2009–2014. J Forensic Legal Med. 55, 15–22.



## Research Article

**An investigation on the use of air quality models in ship emission forecasts**Gizem Kodak<sup>1,\*</sup><sup>1</sup> Department of Maritime Transportation Management Engineering, Faculty of Maritime Studies, University of Kyrenia, Mersin 10, Türkiye,\*Correspondence: [gizem.kodak@kyrenia.edu.tr](mailto:gizem.kodak@kyrenia.edu.tr)

DOI: 10.51513/jitsa.1425614

**Abstract:** One of the most important sources of air pollution, which has become a global concern today, is transportation. Considering that world trade is largely carried out by sea, ship emissions constitute one of the main components of this pollution. The first and most critical step in combating ship-borne air pollution, which is more intangible than other types of pollution, is the accurate measurement of air pollution. Today, it is possible to calculate ship emissions with individual ship activity data instead of the traditional fuel-based approach. One of the most ideal data sources for this calculation is AIS data. In this study, we investigated how to obtain the highest resolution output with AIS data and the results revealed the critical importance of air quality models. In this direction, air quality models used in ship emission calculation are analysed with PRISMA method and the most commonly used Eulerian and Lagrangian models are discussed. Thus, a profile of alternative air quality models used in ship emission calculation has been obtained and it is aimed to contribute to the literature by creating a reference source for new studies to be conducted with individual activity data.

**Keywords:** Air quality modelling, Automatic Identification System, ship emissions

**Hava kalitesi modellerinin gemi emisyon tahminlerinde kullanılması üzerine bir araştırma**

**Özet:** Günümüzde küresel bir endişe haline gelen hava kirliliğinin en önemli kaynaklarından biri ulaştırma'dır. Dünya ticaretinin büyük ölçüde deniz yolu üzerinde işlediği düşünüldüğünde, gemi emisyonları bu kirliliğin ana bileşenlerinden birini oluşturmaktadır. Diğer kirlilik türlerine göre daha soyut bir alana işaret eden hava kirliliği ile mücadelede ilk ve en kritik adım hava kirliliğinin doğru ölçülmesidir. Günümüzde gemi emisyonlarını yakıt bazlı geleneksel yaklaşım yerine bireysel gemi faaliyet verileriyle hesaplamak mümkündür. Bu hesaplama için en ideal veri kaynaklarından biri AIS verisidir. Bu çalışmada AIS verileri ile en yüksek çözünürlüklü çıktının nasıl elde edileceği araştırılmış ve elde edilen sonuçlar hava kalitesi modellerinin kritik önemini ortaya çıkarmıştır. Bu doğrultuda gemi emisyon hesaplamasında kullanılan hava kalitesi modelleri PRISMA metodu ile incelenmiş ve en yaygın kullanılan Eulerian ve Lagrangian modeller tartışılmıştır. Böylelikle gemi emisyon hesabında kullanılan alternatif hava kalitesi modellerinin profili elde edilmiş ve bireysel aktivite verisi ile yapılacak yeni çalışmalar için bir referans kaynağı oluşturularak literatüre katkı sağlamak hedeflenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Hava kalitesi modelleme, Otomatik Tanımlama Sistemi, gemi emisyonları

## 1. Introduction

Today, 90% of world trade is carried out by maritime transportation (ICS, n.d.). Transportation systems that use fossil fuels contribute significantly to global climate change. In this context, the maritime industry is responsible for a significant portion of global climate change (Kodak, 2021). Air pollution from ships plays a decisive role on air quality on a global scale. Studies conducted by the European Environment Agency (EEA) indicate that if effective measures are not taken to reduce emissions, CO<sub>2</sub> emissions from international maritime activities may constitute 17% of total CO<sub>2</sub> emissions by 2050. Combined with aviation activities, this ratio is estimated to account for 40% of global CO<sub>2</sub> emissions by 2050 (Nusa and Kodak, 2023; TERM, 2017). At this point, the fight against air pollution caused by ships has become an international problem and has led the competent authorities to cooperate in making legal arrangements. The International Maritime Organization (IMO) has been operating since the 1960s to combat the harmful environmental effects of shipping. Air pollution from ships falls within the scope of Annex VI of the “The International Convention for the Prevention of Pollution from Ships” (MARPOL 73/78). Annex VI, adopted in 1997, contains the “Regulation for the Prevention of Air Pollution from Ships”. The activities and regulations carried out within the scope of MARPOL 73/78 Annex VI generally aim to control the impact of SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, ODS and VOC from ship fuels on air quality, human health and environmental problems.

As a result of the studies carried out within the scope of combating ship-borne air pollution in the past ten years, decisions have been taken that will change the dynamics of the world trade fleet. At the Marine Environment Protection Committee (MEPC) 72nd Session held on 9 – 13 April 2018, the first strategy to reduce ship-sourced greenhouse gases was adopted. In this framework, it is aimed to reduce annual greenhouse gas emissions by 50% in 2050 compared to 2008, and to reduce them to zero in the long term. In terms of carbon intensity, the target is to reduce CO<sub>2</sub> emissions by 40% by 2030 and by 70% by 2050 compared to 2008 (MEPC 72, n.d.). These aims have emerged as a result of many serious studies carried out in the historical process. In 2011, mandatory energy efficiency regulations were adopted under the “Energy Efficiency Design Index (EEDI)” for new ships and the “Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP)” for all ships within the framework of MARPOL Annex VI and entered into force in 2013. In 2014, the 3rd IMO GHG Study 2014 was approved. In 2015, EEDI phase 1, which regulates the 10% reduction of carbon intensity on new ships, entered into force (IMO, 2021). With the regulation that entered into force on 1 January 2015 to limit the sulfur content in fuel, it has been decided that the sulfur content in fuel oil should not exceed 0.10% m/m for ships operating in designated emission control areas as of January 1, 2020. It has been decided not to exceed 0.50% m/m for ships carrying out transportation outside these areas (IMO, 2019).

In 2016, the IMO Data Collection System (DCS) was adopted to collect and report fuel consumption data from ships over 5.000 GRT. 2019 was the first year of mandatory reporting of fuel consumption data to the IMO Data Collection System. In 2020, EEDI phase 2 came into effect, regulating up to 20% reduction in carbon intensity on new ships (IMO, 2021). In 2021, the aggregated results of DCS for 2019 have been obtained. In 2022, as of October-November 2021, the evaluation of the effects of the measures on states began.

When the fight against ship-borne air pollution is examined in the historical process, the strategic importance of the data emerges. Adoption of the IMO Data Collection System (DCS) in 2016, making it mandatory to add fuel consumption data to the DCS in 2019, and starting to evaluate the impact of the measures with the DCS results have drawn attention to the critical role of data. Because progressing towards these goals is possible by observing the effect of the regulations made. This depends on the correct calculation of the activity. Today, studies in the field of air quality that give the highest resolution results are air quality models. The use of air quality models in ship emission calculations and forecasts is a fairly new approach. With the introduction of AIS data into the literature, the use of the Tier 3 method in the calculation of ship emissions has increased. The Tier 3 approach, which is based on individual ship emission calculation instead of the traditional method based on fuel data, gives much higher resolution results. AIS data constitutes a unique resource in emission calculation, especially in terms of providing input to model studies. The literature review shows that the use of AIS data in air quality studies is increasing day by day (Kodak 2022).

Considering IMO's targets for 2050 and beyond, air quality models working with AIS data will play a key role in understanding how effective the measures taken are. In other words, the air quality models will serve as a mirror that shows the effectiveness of the regulations made in the field of ship emissions. The key role of AIS data in the calculation of ship emissions has been scientifically discussed before in the literature (Kodak, 2022). In this study, the integration of AIS data into air quality models was examined by PRISMA method and the answers to the following questions were sought.

- Which air quality models use AIS data to calculate ship emissions?
- How has the use of AIS data in air quality model studies been reflected in the literature over time?
- What is the spatial distribution of air quality model studies with AIS data?
- How is the distribution of air quality model studies made with AIS data to scientific journals?

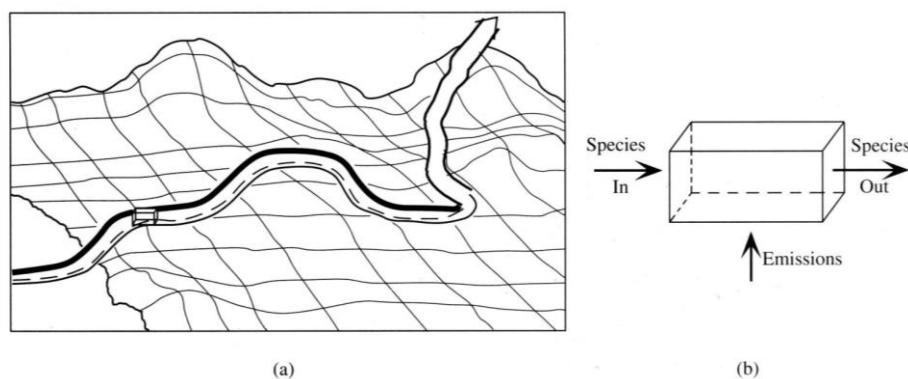
As a result, one of the most critical tools to achieve IMO environmental goals is to measure the effectiveness of regulations. Considering the targets for 2050 and beyond, the use of air quality models in ship emissions studies will be of strategic importance. At this point, it is necessary to recognize air quality models and encourage the use of AIS data as input in these model studies. The aim of this study is to find answers to the above-mentioned research questions and at the same time to raise awareness about new generation data analysis techniques in ship emission studies. Thus, the study will contribute to the literature as a reference source for both the measurements to be made by the IMO and the researchers working in this field.

## 2. Air quality models

Air quality measurements show the cumulative air quality caused by different pollutant sources together. Air quality measurements alone are not sufficient to determine the individual contributions of polluting sources. Air quality models are used to respond to this need. Air quality models, one of the most critical elements of air quality assessment, are tools that can mathematically simulate the physical and chemical processes that pollutants will be exposed to in the atmosphere (EPA, 2022). Air quality modeling studies are generally carried out to determine the pollutants released into the atmosphere from various sources under effective processes such as diffusion, chemical formation/conversion, dispersion, accumulation, advection/convection in different meteorological conditions. Atmospheric modeling is basically divided into 2 groups according to being Lagrangian and Eulerian based. The difference between Eulerian and Lagrangian models is that the coordinate system is used fixed and dynamic. Eulerian models adopt a fixed coordinate plane, while Lagrangian models are based on a moving coordinate system.

Lagrangian models are constructs with constraining assumptions in their formulation and works with less detail. In contrast, grid-based Euler models that yield high resolution results have much less restrictive assumptions and are potentially the most powerful (Hu, 2015).

Eulerian and Lagrangian approach are shown in Figure.1.



**Figure 1.** Eulerian and lagrangian approach (Zang, 2019; Seinfeld and Pandis, 2006).

The results obtained within the scope of this study revealed the most frequently used air quality models in the field of ship emission calculation in the last 22 years. In line with the findings, the most frequently used Eulerian models WRF / CMAQ and WRF / CHEM and Lagrangian models CALPUFF and AERMOD were introduced with their general characteristics.

### 2.1. Eulerian Models

Air quality models are used to determine the concentrations of pollutants in the environment after emissions have occurred. These atmospheric models use emission, meteorology and topography-based information as input data. Then, by operating numerical techniques, they can run physical processes in the atmosphere as well as can be used with chemistry algorithms that process chemical reactions. In the Euler approach, time-dependent physical and chemical changes in the air parcel are followed with a fixed coordinate system. Many of the photochemical air quality models that are widely used today use the three-dimensional Euler grid approach, which has the ability to better characterize the physical processes in the atmosphere (Tayanç, 2013). Euler models are high-resolution models that can analyse many atmospheric processes temporally and spatially. WRF/CMAQ, WRF/CHEM and CAMx are examples of Eulerian models.

#### 2.1.1. WRF/CMAQ

Air quality models are typically operated in two different ways, independent and combined. In standalone models, the previously archived output of a meteorological model is used to run the air quality model. On the other hand, in combined models, air quality and meteorological models are run simultaneously. This provides an advantage for studying interactions between chemical and meteorological processes. One of the most effective examples of coupled models is the WRF / CMAQ model. The model has emerged by integrating the Community Multiscale Air Quality Model (CMAQ) into the Weather Research and Forecasting (WRF) model (EPA, 2023c). In the WRF-CMAQ model, WRF and CMAQ are integrated simultaneously and information from the CMAQ is passed into the WRF to predict how chemical processes will affect the weather. Another advantage of the WRF/CMAQ model is that it provides users options to adjust the estimates of the variables under different possible scenarios (Wong et al., 2012). Typical running cycle of WRF is given in Figure 2.

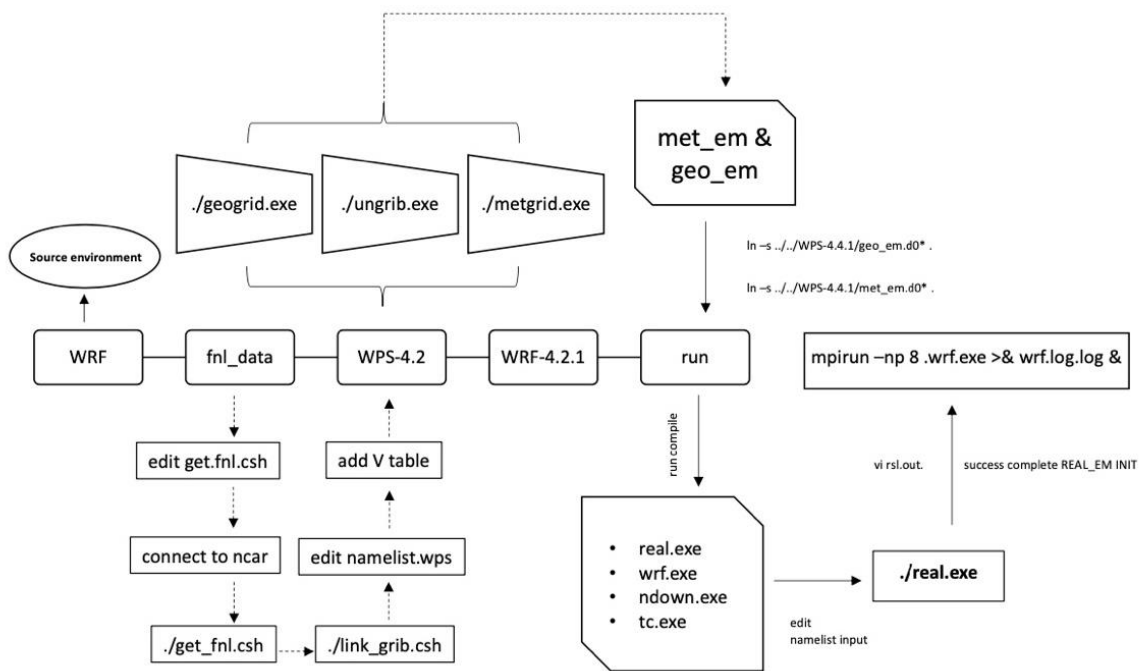


Figure 2. WRF flow chart

The first stage of the WRF running cycle introduced on the Linux operating system within the scope of the study starts with the source environment command. Linux is an operating system that allows us to install different versions of a model. The "source environment" command, which means read and run in the most general sense, makes the version we will use in Linux ready. The second step is to determine the boundaries of the area we will work with for mesoscale models. This requires downloading global model outputs from the NCAR (National Center for Atmospheric Research) database and creating a boundary condition. The `fnl_data` in WRF contains the meteorology data downloaded for the model. The first thing to do in this context is to organize the date range to be studied on the data. The next stage of the process is to download the topography, land use, etc. data required for WRF in WPS-4.2, organize the parameters to be run under "namelist", and make the model ready for application by introducing the variable table of the global model into V Table. Successfully completing the processes under WPS-4.2 will generate executable `geogrid`, `ugrib` and `metgrid` files. As a result of the successful operation of these three files using `namelist.wps` as input, `met_em` and `geo_em` files will be created. The next step is to link the generated `met_em` and `geo_em` files under WRF-4.2.1. When compile the run under WRF-4.2.1, the files we expected to be generated are `real.exe`, `wrf.exe`, `ndown.exe` and `tc.exe`. After this stage, first `real.exe` and then `wrf.exe` are run. Thus, `wrf_out` files with WRF outputs are obtained.

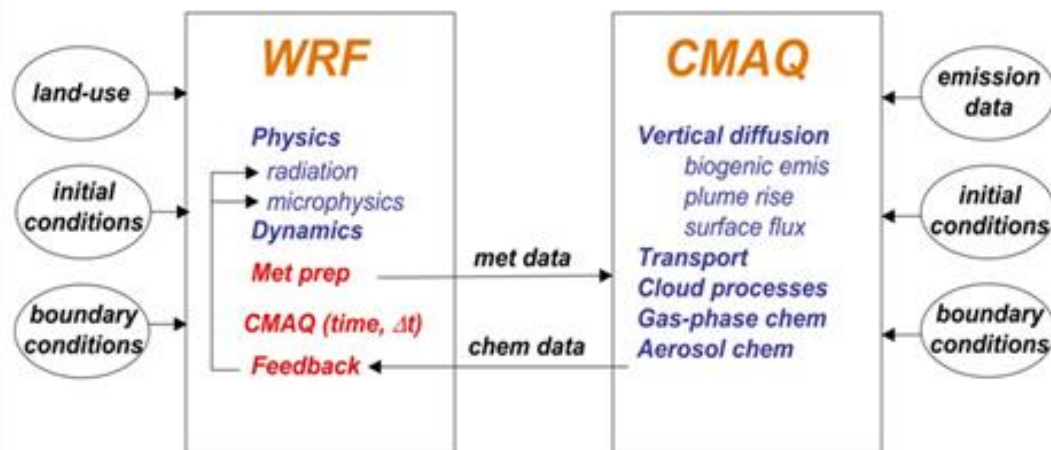


Figure 3. WRF-CMAQ model interaction (Wong et al., 2012).

After the WRF output files are created, the process continues with the pre-processing that must run before installing the CMAQ. The pre-processing process includes boundary conditions, initial conditions and MCIP (Meteorology-Chemistry Interface Processor) stages which preparing the WRF output files for CMAQ.

### 2.1.2. WRF/CHEM

CMAQ is an offline chemical transport model operating with stored meteorological data from regional to continental scale weather forecast models. The Weather Research and Forecasting with Chemistry model (WRF/Chem) is online coupled chemistry and meteorology. WRF/CHEM is beneficial for analyzing two-way interactions between chemistry, aerosols, meteorology, and radiation. (Herwehe1 and Kang, 2006; Byun and Schere, 2006; Grell et al., 2005). CMAQ is better than WRF/Chem both in terms of chemical mechanism and in correlating observation results and offering a range of values for extremes (Herwehe1 and Kang, 2006).



The WRF/Chem modeling system follows the same structure as the WRF model given in Figure 2. The difference between regular WRF and WRF/CHEM is the chemistry part of the WRF/CHEM model that needs to provide additional gridded input data related to emissions. This additional input data is provided either by the WPS or read in during the real.exe initialization or read in during the execution of the WRF solver. Although some programs are provided to assist the user in generating these external input data files, these programs are not set to work for all possible namelist options for the WRF-Chem model for all emissions. Sometimes, generating emission input data to simulate the state of the atmosphere's chemistry can be incredibly complex. In some cases, the user needs to change the code or model configuration for it to work properly in their project (NOAA, n.d.).

## 2.2. Lagrangian Models

In the Lagrangian approach, the coordinate system moves with the air parcel. Time-dependent changes in the air parcel are expressed in situ. While the Lagrangian approach provides advantages in pollutant formation and transport calculations, it is disadvantageous because it cannot fully describe the physical and chemical processes (Eliassen, 1984; EPA, 2023). CALPUFF (California Puff Model) and AERMOD (AMS/EPA Regulatory Model) are examples of Lagrangian models. CALPUFF, based on Gaussian dispersion, is a Lagrange puff model. The CALMET/ CALPUFF model system is a multilayer dispersion model that can calculate the effects of temporally and spatially varying meteorological conditions during pollutant transport, pollutant removal by wet-dry deposition processes, and transformation by chemical reactions. The CALMET/CALPUFF modelling system consists of CALMET, a 3-D diagnostic meteorological model, and CALPUFF, an air quality dispersion model (Tayanç, 2013). AERMOD modelling system is a steady-state plume model that incorporates air dispersion based on planetary boundary layer turbulence structure and scaling concepts (EPA, 2023b). CALPUFF and AERMOD are widely used air dispersion models around the world to assess the effects of air emissions. There are significant differences that make these two models applicable to different scenario types.

### 2.2.1.AERMOD

AERMOD is an air dispersion model developed and actively used by the EPA. The model was first released as a full version in 2006. Since 2006, many stakeholders and users, such as government, industry, academia, have collaborated to develop the model on a regular basis. Today, AERMOD, U.S. It is recognized as the preferred model by the EPA. In other words, AERMOD can be used for most modelling applications without special approval. In contrast, use of other models, including CALPUFF, in the USA is subject to specific approval. AERMOD is a steady-state gaussian dispersion model and includes advanced PBL (Planetary Boundary Layer) parameterizations. Gaussian plume models are based on some assumptions as follows.

- Time-averaged spreading of the pollutants generates a normal distribution of pollutant concentrations, both horizontally and vertically through the pollutant plume.
- Continuously released material is transported directly opposite to wind direction.
- Horizontal plume centerline travels downwind in a straight line indefinitely.

Gaussian models assume constant meteorological conditions throughout the model space for each modelled period, regardless of dynamic temporal and spatial conditions. This approach is useful for short distances, as meteorological conditions are similar in the short-term and in close quarters. However, meteorological conditions can vary greatly over longer distances or time scales. Therefore, this approach does not give accurate results over long distances and time periods. For this reason, the US EPA does not recommend the use of AERMOD in areas greater than 50 km (Trinity Consultants, 2020).

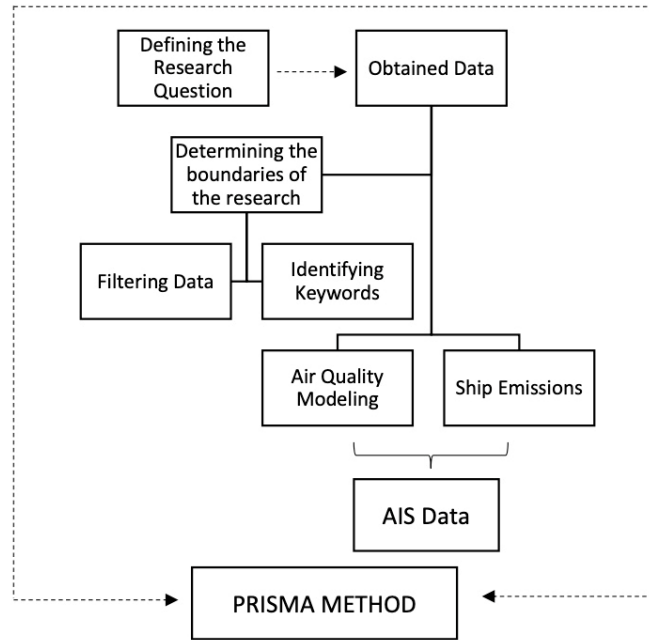
### 2.2.2. CALPUFF

As AERMOD is not recommended in areas over 50 km, CALPUFF has emerged for the analysis of dynamic effects over long distance and time periods. Announced by the US EPA for long-range transport modelling between 2003 and 2017, this model has been reclassified as an alternative model with 2017 revisions. (Guideline on Air Quality Models Appendix W to 40 CFR Part 51) Thus, for a model that requires analysis of effects beyond 50 km, the local regulatory authority must be contacted to request the use of CALPUFF. AERMOD characteristically relies on representative observational meteorological data from a single location. An advantage of the CALPUFF model is that it can use gridded WRF meteorology files. In other words, CALPUFF is capable of using meteorological data from both multiple observation sites and meteorological grid models (Trinity Consultants, 2020).

As can be seen in Figure 2, WRF proceeds by extracting observation and archived meteorological model data from the region around the modelling domain. Thus, WRF datasets provide higher resolution outputs by more realistically representing meteorological changes due to spatial changes and it characterizes more accurately the atmospheric dispersion in complex environments. As a result, when compared to AERMOD, CALPUFF is an option that gives much higher resolution results both at long range and in long periods. With the advantage of using grid data and the ability to use WRF data, CALPUFF can take into account changes in direction due to meteorological or terrain changes and gain the ability to predict concentrations up to 200-300 km (Trinity Consultants, 2020). In addition to these advantages, the CALPUFF model also has some disadvantages. First of all, the processing times of meteorological data are longer than AERMOD because it involves various processing steps and big data files. This situation also requires computer hardware with high capacity in terms of memory. One of the effective solutions that can be developed at this point is to work with a programming language such as Python (Kodak, 2023).

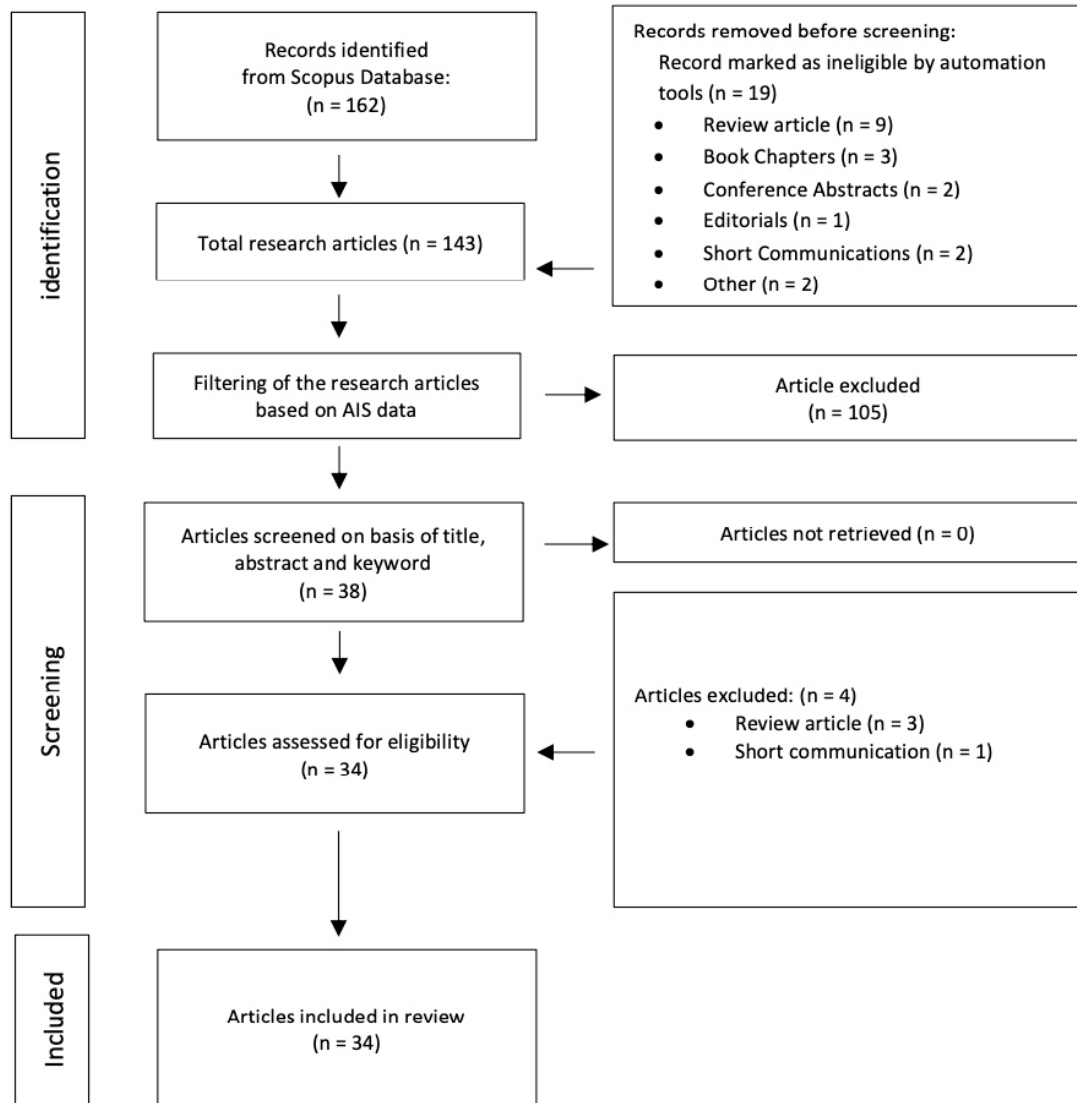
### 3. Materials and methods

In this study, Scopus electronic database was used and a three-stage literature review was conducted. In the first stage, the literature was searched with the keyword "air quality modelling" and "ship emissions". In the second stage, studies using the AIS data were filtered and then focus on the both automatic and manual screening were performed to select studies and eliminate irrelevant sources. Articles containing "air quality modelling", "ship emission" and "AIS" in the title, abstract and keywords were determined as inclusion criteria. On the other hand, studies with subject areas of "medicine", "social sciences", "health" and studies not written in English have accepted as exclusion criteria. It has been adopted as a separate criterion that the studies included in the literature review have passed at least one peer review. For this reason, studies that are not journal articles, such as conference proceedings, book chapters, editorials, books, notes, and so on, have excluded from the research. Finally, the primary interest of the study is the results of recent academic studies. Therefore, this article focuses on studies conducted in past two decades and covers articles published between 2000 and 2022. The search was carried out by the author on May 24, 2023. Main steps of the investigation are presented in Figure 4.



**Figure 4.** Main steps of the study

Obtained results have been analysed by PRISMA method. In this context, a total of 162 articles were reached. From these studies, review articles, book chapters, conference abstracts, editorials, short communications etc. isolated. In other words, in the first phase of the research, research articles focusing on "air quality modelling" and "ship emissions" have been filtered. Thus, 143 research articles have been reached. In the second stage, among these studies, studies based on AIS data were focused and a total of 38 articles were accessed. 3 review articles and 1 short communication were excluded from the obtained studies. Thus, the past, present and future of air quality model studies using AIS data in ship emission calculation were discussed through 34 articles included in the study. The results obtained with the PRISMA method are given in Figure 5.

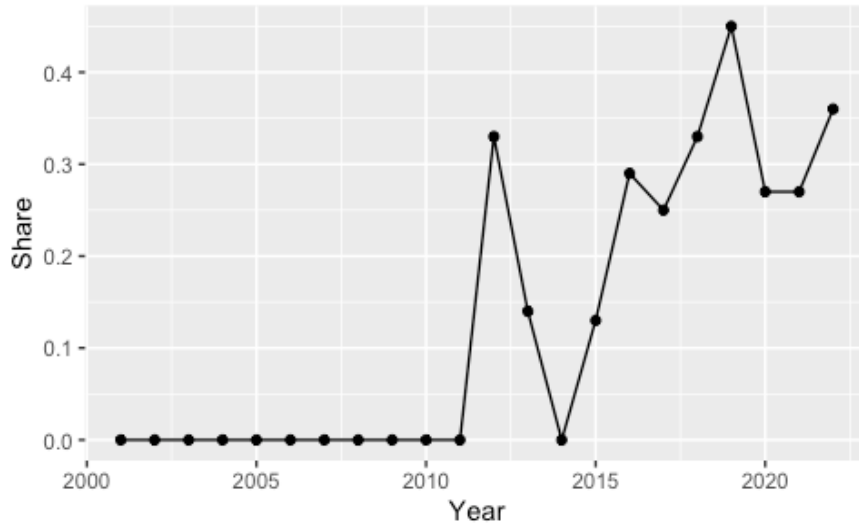


**Figure 5.** Application of the PRISMA method to the data set

#### 4. Results and Discussion

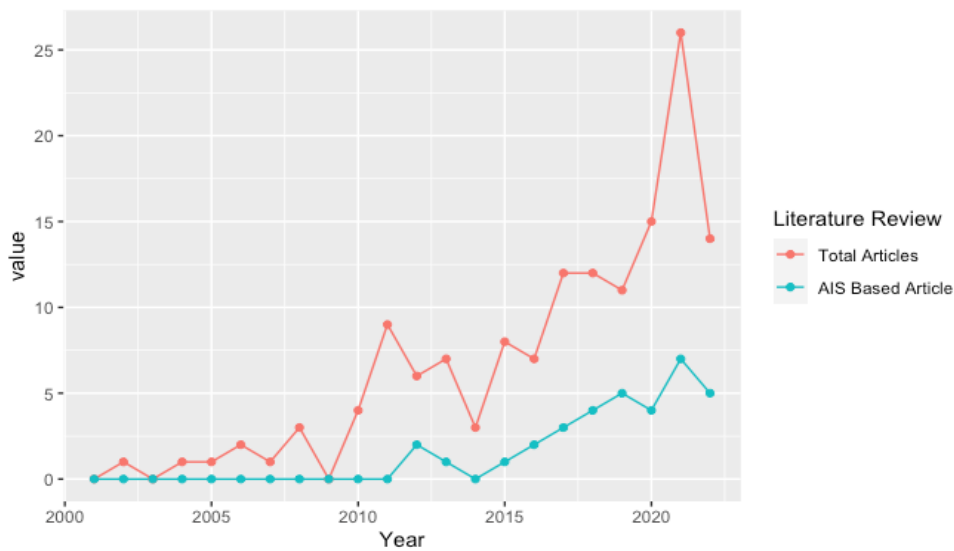
Today, individual ship emission calculations based on activity data come to the fore instead of the classical method based on fuel data. At this point, AIS data plays a critical role. Kodak (2022) focused on the reflection of the use of AIS data in ship emission calculation in the academic literature. This study aims to go deeper into the problem and encourage the use of emission calculation based on AIS data directly with air quality models. Accordingly, the use of AIS data at the intersection of ship emissions and air quality models is highlighted. In this direction, Eulerian and Lagrangian models used in ship emission calculation were examined and the profile of alternative air quality models used in ship emission calculation was obtained. Thus, it is aimed to contribute to the literature by creating a reference source for new studies to be conducted with individual activity data.

When the 34 articles included in the research were examined in terms of the methods and keywords used, the following results were obtained. First of all, it is seen that studies using AIS data with air quality models in the calculation of ship emissions started after 2012. After 2012, the share of air quality model studies based on AIS data in the total studies generally showed an increasing trend. This rate has been reached its peak with 45% in 2019. Share of studies using AIS data among air quality model studies has been given in Figure 6.



**Figure 6.** Share of studies using AIS data among air quality model studies

Air quality model studies focusing on ship emissions and time-dependent variation of the studies based on AIS data have given in Figure 7.

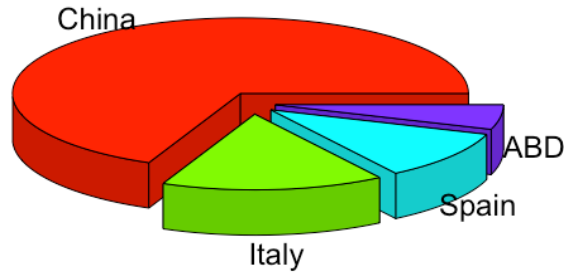


**Figure 7.** Time-dependent variation of studies using AIS data within air quality model studies

Figure 7 shows that there is a general simultaneous increase trend in both air quality model studies and AIS data-based model studies in terms of ship emission calculations. The year in which the studies reached the peak in both groups was 2019. A steady increase was observed between 2014 and 2019 in studies based on AIS data. The most definite increase in ship emissions & air quality model studies occurred between 2020 and 2021.

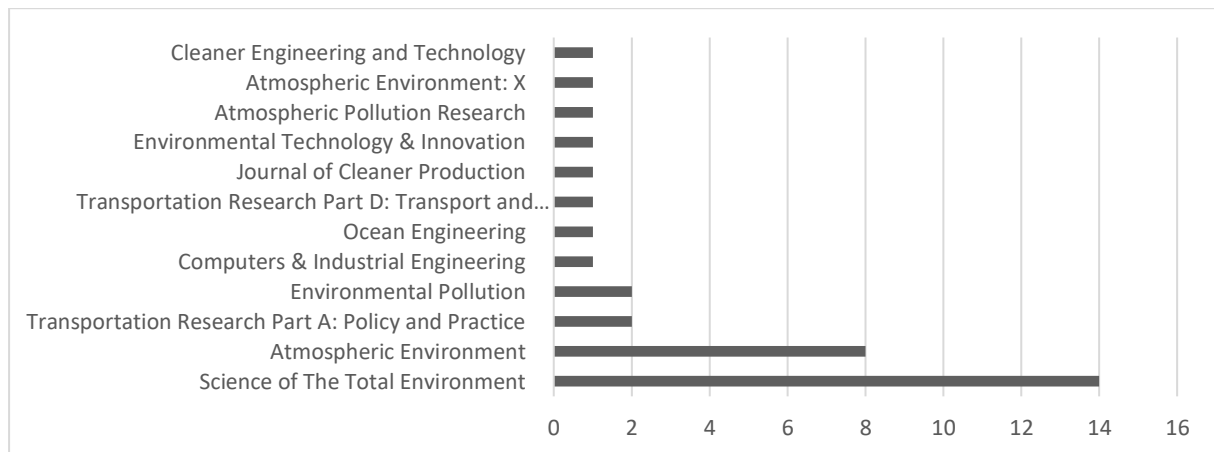
Within the literature review, 34 studies focusing on ship emissions, air quality model and AIS data have been reached. 24 of these studies are air quality model studies that directly use AIS data to calculate ship emissions at regional scale. Another critical distinction that comes to mind here is the spatial distribution of studies. The spatial distribution of the studies is given in Figure 8.





**Figure 8.** Spatial distribution of studies using AIS data in air quality model studies

Accordingly, it has been observed that the distribution of air quality modeling studies conducted with AIS data by regions is China (13), Italy (3), Spain (2) and the USA (1), respectively. The remaining 5 studies focus on calculating ship emissions on a global scale, not for a specific region. Looking at the geographical distribution of air quality models, it is seen that China is far ahead. Considering the regional distribution of studies conducted in China, it is seen that the main areas examined are Yangtze River Delta (3), Pearl River Delta (2), Bohai Rim Region (1), Tianjin Port (1) and Port. Yanitan (1). There are also 5 studies conducted across China. The distribution of the studies according to the journals is presented in Figure 9.



**Figure 9.** Distribution of the studies according to the journals

The results obtained from the literature review have shown that the studies focusing on AIS data among the air quality model studies are generally concentrated in the "Science of the Total Environment" and "Atmospheric Environment" journals. The 34 studies included in the study have filtered with the help of keywords in terms of the method used and the air quality model. 20 of these studies are air quality model studies that directly use AIS data to calculate ship emissions. Accordingly, Eulerian models WRF / CHEM and WRF / CMAQ, and Lagrangian models CALPUFF and AERMOD are the most widely used air quality models in ship emission calculations performed with AIS data in the 20-year literature. Findings have shown that 30% of these studies were modelled with WRF / CHEM, 15% with WRF / CMAQ and 10% with only CMAQ. Accordingly, 55% of the total studies were carried out with Eulerian models. In contrast, Lagrangian models account for 15% of the total studies. CALPUFF models constitute 10% of these studies, while AERMOD models constitute 5%. The remaining 30% of the total studies consists of studies carried out with the bottom-up approach based on AIS data.

## 5. Conclusion

Maritime transport is the backbone of international trade. Although it has many advantages in terms of transportation, trade and economy, it causes concern with the environmental pollution it causes. In this context, IMO develops effective strategies to achieve its long-term environmental goals. Especially in the last 10 years, the decisions taken by the Marine Environment Protection Committee within the scope of combating ship-borne air pollution are of a nature to change the dynamics of the world merchant fleet.

The first step in combating ship-borne air pollution is to correctly diagnose the current situation. This is also based on accurate measurement. Accurate estimation of emissions is possible with high quality data and the right method. The implementation of DCS, which was adopted by IMO for the collection and reporting of fuel consumption data in 2016, draws attention to the importance of data. One of the most ideal data sources that can be used as individual ship activity data in emission calculation is AIS data. The literature review shows that the use of AIS data in emission calculations has increased, but most of these studies are based on calculations made with the bottom-up approach. Today, technology enables modelling studies that produce high-resolution outputs in the field of atmospheric sciences. Modelling ship emissions with appropriate air quality models has the potential to yield the highest resolution results for policy makers and scientific researchers. The use of atmospheric modelling, which is essentially a subject of environmental sciences, in the maritime discipline is a fairly new approach. In this study, it is aimed to raise awareness about the interactive approach in question, to encourage studies in this direction and to create an infrastructure for future studies. For this purpose, a systematic literature review was made with the PRISMA method and the use of AIS data with air quality models was investigated. Thus, the past, present and future of the use of air quality models in ship emission calculations and forecasts are discussed. The following results were obtained within the scope of the study.

- In the literature, both eulerian and lagrangian models are used to calculate ship emissions. At this point, the most commonly used eulerian models are WRF/CMAQ and WRF/CHEM, while lagrangian models are CALPUFF and AERMOD.
- When the simultaneous change of use of AIS data in air quality models is examined, it is observed that the first study was done in 2012. In other words, there is no air quality model study based on AIS data in ship emission calculation in the Scopus database before 2012. Although it exhibited a fluctuating behaviour after 2012, it was observed that the share of the use of AIS data in air quality modelling studies generally tended to increase.
- From the perspective of ship emissions, the spatial distribution of studies using AIS data with air quality model studies has shown that China is overwhelmingly ahead. This has followed by Italy, Spain and the USA, respectively.
- When the distribution of the studies using AIS data with air quality models is analysed according to the journals, it is seen that the studies are mainly concentrated in two journals. These are Science of the Total Environment and Atmospheric Environment, respectively.

### Researchers' Contribution Rate Statement

All research and writing steps belong to the corresponding author.

### Acknowledgment and/or disclaimers, if any

There is no institution or organization to thank.

### Conflict of Interest Statement, if any

No conflict of interest was declared by the author.

## References

- Brandt, J., Silver, J.D., Frohn, L.M., Geels, C., Gross, A., Hansen, A.B., Hansen, K.M., Hedegaard, G.B., Skjøth, C.A., Villadsen, H., Zare, A., Christensen, J.H.** (2012), An integrated model study for Europe and North America using the Danish Eulerian Hemispheric Model with focus on intercontinental transport of air pollution, *Atmospheric Environment*, 53, 156-176.
- Byun, D., Schere, K.L.** (2006), Review of the governing equations, computational algorithms, and other components of the Models-3 Community Multiscale Air Quality (CMAQ) modeling system. *Appl. Mech. Rev.*, 59, 51-77.
- Chen, D., Fu, X., Guo, X., Lang, J., Zhou, Y., Li, Y., Wang, W.** (2020), The impact of ship emissions on nitrogen and sulfur deposition in China, *Science of the Total Environment*, 708, 134636.
- Chen, D., Tian, X., Lang, J., Zhou, Y., Li, Y., Guo, X., Wang, W., Liu, B.** (2019), The impact of ship emissions on PM<sub>2.5</sub> and the deposition of nitrogen and sulfur in Yangtze River Delta, China, *Science of the Total Environment*, 649, 1609-1619.
- Chen, D., Wang, X., Li, Y., Lang, J., Zhou, Y., Guo, X., Zhao, Y.** (2017), High-spatiotemporal-resolution ship emission inventory of China based on AIS data in 2014, *Science of the Total Environment*, 609, 776-787.
- Chen, D., Wang, X., Nelson, P., Li, Y., Zhao, N., Lang, J., Zhou, Y., Guo, X.** (2017), Ship emission inventory and its impact on the PM<sub>2.5</sub> air pollution in Qingdao Port, North China, *Atmospheric Environment*, 166, 351-361.
- Chen, D., Zhang, Y., Lang, J., Zhou, Y., Li, Y., Guo, X., Wang, W., Liu, B.** (2019), Evaluation of different control measures in 2014 to mitigate the impact of ship emissions on air quality in the Pearl River Delta, China, *Atmospheric Environment*, 216, 116911.
- Chen, D., Zhao, N., Lang, J., Zhou, Y., Wang, X., Li, Y., Zhao, Y., Guo, X.** (2018), Contribution of ship emissions to the concentration of PM<sub>2.5</sub>: A comprehensive study using AIS data and WRF/Chem model in Bohai Rim Region, China, *Science of the Total Environment*, 610-611, 1476-1486.
- Chen, D., Zhao, Y., Nelson, P., Li, Y., Wang, X., Zhou, X., Lang, J., Guo, X.** (2016), Estimating ship emissions based on AIS data for port of Tianjin, China, *Atmospheric Environment*, 145, 10-18.
- Ekmekçioğlu, A., Kuzu, S.L. , Ünlügençoğlu, K., Çelebi, U.B.** (2020) Assessment of shipping emission factors through monitoring and modelling studies, *Science of the Total Environment*, 743, 140742.
- Eliassen, A.** (1984). Aspects of Lagrangian Air Pollution Modelling. In: De Wispelaere, C. (eds) *Air Pollution Modeling and Its Application III*. Nato · Challenges of Modern Society, vol 5. Springer, Boston, MA. [https://doi.org/10.1007/978-1-4613-2691-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4613-2691-5_1)
- EPA,** (2023). Support Center for Regulatory Atmospheric Modeling (SCRAM), Air Quality, Models, Retrieved from <https://www.epa.gov/scram>
- EPA,** (2023b). Air Quality Dispersion Modeling - Preferred and Recommended Models, Retrieved from <https://www.epa.gov/scram/air-quality-dispersion-modeling-preferred-and-recommended-models#aermod>
- EPA,** (2023c). Community Multiscale Air Quality Modeling System (CMAQ), WRF-CMAQ Model, Retrieved from <https://www.epa.gov/cmaq/wrf-cmaq-model>
- EPA,** (2023d). Clean Air Act Permit Modeling Guidance, Guideline on Air Quality Models ("Appendix W" to 40 CFR Part 51), Retrieved from <https://www.epa.gov/scram/clean-air-act-permit-modeling-guidance>

- Foy, B., Smyth, A.M., Thompson, A.L., Gross, D.S., Olson, M.R., Sager, N., Schauer, J.J.** (2012). Sources of nickel, vanadium and black carbon in aerosols in Milwaukee, *Atmospheric Environment*, 59, 294-301.
- Grados, V.D., Mejias, J., Musina, L., Gutierrez, J.M.** (2018). The influence of the waterjet propulsion system on the ships' energy consumption and emissions inventories, *Science of the Total Environment*, 631-632, 496 – 509.
- Grell, G.A., Peckham, S. E., Schmitz, R., McKeen, S. A., Frost, G., Skamarock, W. C., Eder, B.** (2005). Fully coupled “online” chemistry within the WRF model. *Atmos. Environ.*, 39, 6957-6975.
- Gutierrez, J.M. and Grados, V.D.** (2021). Calculating ships' real emissions of pollutants and greenhouse gases: Towards zero uncertainties, *Science of the Total Environment*, 750, 141471.
- Gutiérrez, J.M., Velázquez, E.P., Sánchez, Y.A., Moreno, R.R., Cayetano, F.C., Grados, V.D.** (2019). Comparative analysis between different methods for calculating on-board ship's emissions and energy consumption based on operational data, *Science of the Total Environment*, 650, 575-584.
- He, L., Wang, J., Liu, Y., Zhang, Y., He, C., Yu, Q., Ma, W.** (2021). Selection of onshore sites based on monitoring possibility evaluation of exhausts from individual ships for Yantian Port, China, *Atmospheric Environment*, 247, 118187.
- He, S., Wu, X., Wang, J., Guo, J.** (2022). A ship emission diffusion model based on translation calculation and its application on Huangpu River in Shanghai, *Computers & Industrial Engineering*, 172, 108569.
- Herwehel, J.A. and Kang, D.** (2006). Comparisons of the CMAQ and WRF/Chem Models for a 2006 Eastern U.S. Case Study Jerold A. Herwehel and Daiwen Kang, United States Environmental Protection Agency. Retrieved from [https://www.cmascenter.org/conference/2008/slides/poster\\_pres/herwehe\\_comparisons\\_cmaq\\_cmas08.pdf](https://www.cmascenter.org/conference/2008/slides/poster_pres/herwehe_comparisons_cmaq_cmas08.pdf)
- Hu, X.M.** (2015). Boundary layer (atmospheric) and air pollution, *Air Pollution Meteorology, Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences Encyclopedia of Atmospheric Sciences (Second Edition)*, 2015, 227-236.
- Huang, H., Zhou, C., Huang, L., Xia, C., Wen, Y., Li, J., Lu, Z.** (2022). Inland ship emission inventory and its impact on air quality over the middle Yangtze River, China, *Science of the Total Environment*, 843, 156770.
- Huang, Z., Zhong, Z., Sha, Q., Xu, Y., Zhang, Z., Wu, L., Wang, Y., Zhang, L., Cui, X., Tang, M., Shi, B., Zheng, C., Li, Z., Hu, M., Bi, L., Zheng, J., Yan, M.** (2021). An updated model-ready emission inventory for Guangdong Province by incorporating big data and mapping onto multiple chemical mechanisms, *Science of the Total Environment*, 769, 144535.
- Huyen, T.T., Oanh, N.T.K., Huy, L.N., Winijkul, E., Chi, N.N.H.** (2022). Impact of lowering fuel sulfur content on atmospheric emissions from shipping activities in a World Heritage Bay in Vietnam, *Environmental Technology & Innovation*, 27, 102507.
- Johansson, L., Jalkanen, J.P., Kukkonen, J.** (2017). Global assessment of shipping emissions in 2015 on a high spatial and temporal resolution, *Atmospheric Environment*, 167, 403-415.
- Kodak, G.** (2021). The Role of International Maritime Traffic on PM10 Pollutant in the Strait of Istanbul (Bosphorus), *International Journal of Environment and Geoinformatics (IJECEO)*, 9(3), 036-047. Doi: 10.30897/ijegeo.977393

**Kodak, G.** (2022). Reflections on using automatic identification system (ais) data in ship emission studies in the academic literature, *Environmental Engineering and Management Journal*, 21(9), 1461-1470, doi: 10.30638/eemj.2022.129

**Kodak, G.** (2023). *Denizcilik Perspektifinden Python Program Dilinin Temelleri*, Nobel Yayıncılık, ISBN: 978-625-398-244-7, Mart, 2023.

**Li, C., Yuan, Z., Ou, J., Fan, X. Ye, S., Xiao, T., Shi, Y., Huang, Z., Ng, S.K.W., Zhong, Z., Zheng, J.** (2016). An AIS-based high-resolution ship emission inventory and its uncertainty in Pearl River Delta region, China, *Science of the Total Environment*, 573, 1-10.

**Liu, H., Meng, Z.H., Shang, Y., Lv, Z.F., Jin, X.X., Fu, M.L., He, K.B.** (2018), Shipping emission forecasts and cost-benefit analysis of China ports and key regions' control, *Environmental Pollution*, 236, 49-59.

**Mao, J., Zhang, Y., Yu, F., Chen, J., Sun, J., Wang, S., Zou, Z., Zhou, J., Yu, Q., Ma, W., Chen, L.** (2020). Simulating the impacts of ship emissions on coastal air quality: Importance of a high-resolution emission inventory relative to cruise and land-based observations, *Science of the Total Environment*, 728, 138454.

**Mercio, E., Dinoi, A., Contini, D.** (2019). Development of an integrated modelling-measurement system for near-real-time estimates of harbour activity impact to atmospheric pollution in coastal cities, *Transportation Research Part D*, 73, 108-119.

**Mölders, N., Gende, S., Pirhalla, M.** (2013). Assessment of cruise–ship activity influences on emissions, air quality, and visibility in Glacier Bay National Park, *Atmospheric Pollution Research*, 4, 435-445.

**NOAA** (n.d.). WRF-Chem Version 4.4 User's Guide, accessed 06.06.2023, Retrieved from [https://ruc.noaa.gov/wrf/wrf-chem/Users\\_guide.pdf](https://ruc.noaa.gov/wrf/wrf-chem/Users_guide.pdf)

**Nusa K., Kodak, G.** (2023). Comparison of Road and Maritime Transportations in Emissions Perspective. *International Journal of Environment and Geoinformatics (IJECEO)*, 10(2): 048-060. Doi: 10.30897/ijegeo.1254161

**Ring, A.M. Canty, T.P., Anderson, D.C., Vinciguerra, T.P., He, H., Goldberg, D.L., Ehrman, S.H., Dickerson, R.R., Salawitch, R.J.** (2018). Evaluating commercial marine emissions and their role in air quality policy using observations and the CMAQ model, *Atmospheric Environment*, 173, 96 – 107.

**Russo, M.A., Leitão, J., Gama, C., Ferreira, J., Monteiro, A.** (2018). Shipping emissions over Europe: A state-of-the-art and comparative analysis, *Atmospheric Environment*, 177, 187-194.

**Seinfeld, J., Pandis, S.** (2006). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*, A Willey Interscience publication, Wiley, 2nd edn., 2006.

**Smit, R., Van, T.C., Suara, K., Brown, R.J.** (2022). Comparing an energy-based ship emissions model with AIS and on-board emissions testing, *Atmospheric Environment: X*, 16, 100192.

**Tichavska, M. and Tovar, B.** (2015). Port-city exhaust emission model: An application to cruise and ferry operations in Las Palmas Port, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 78, 347-360.

**Topic, T., Murphy, A.J., Pazouki, K., Norman, R.** (2021). Assessment of ship emissions in coastal waters using spatial projections of ship tracks, ship voyage and engine specification data, *Cleaner Engineering and Technology*, 2, 100089.

**Toscano, D., Murena, F., Quaranta, F., Mocerino, L.** (2021). Assessment of the impact of ship emissions on air quality based on a complete annual emission inventory using AIS data for the port of Naples, *Ocean Engineering*, 232, 109166.

**Trinity Consultants**, (2020). The Differences Between AERMOD and CALPUFF, retrieved from <https://www.trinityconsultants.com/news/the-differences-between-aermod-and-calpuff>, Accessed 13.06.2023.

**Wong, D.C., Pleim, J., Mathur, R., Binkowsk, F., Otte, T., Gilliam, R., Pouliot, G., Xiu, A., Kang, D.** (2012). WRF-CMAQ two-way coupled system with aerosol feedback: software development and preliminary results. *Geosci. Model Dev.*, 5, 299-312.

**Yang, L., Zhang, Q., Lv, Z., Zhang, Y., Yang, Z., Fu, F., Lv, J., Wu, L., Mao, H.** (2022). Efficiency of DECA on ship emission and urban air quality: A case study of China port, *Journal of Cleaner Production*, 362, 132556.

**Zhang, C., Shi, Z., Zhao, J., Zhang, Y., Yu, Y., Mu, Y., Yao, X., Feng, L., Zhang, F., Chen, Y., Liu, X., Shi, J., Gao, H.** (2021). Impact of air emissions from shipping on marine phytoplankton growth, *Science of the Total Environment*, 769, 145488.

**Zhang, J., Zhang, S., Wang, Y., Bao, S., Yang, D., Xu, H., Wu, R., Wang, R., Yan, M., Wu, Y., Hao, J.** (2021), Air quality improvement via modal shift: Assessment of rail-water-port integrated system planning in Shenzhen, China, *Science of the Total Environment*, 791, 148158.

**Zhang, Y.** (2019). Model Types and Existing Modeling Systems for AQF, North Carolina State University World Meteorological Organization's, "Training course on Seamless Prediction of Air Pollution in Africa" Nairobi, Kenya, 9-12 October 2019.

**Zhang, Y., Yan, X., Brown, R., Yang, L., Morawska, L., Ristovski, Z., Fu, Q., Huang, C.** (2017). Shipping emissions and their impacts on air quality in China, *Science of the Total Environment*, 581-582, 186-198.

**Zhao, J., Zhang, Y., Patton, A.P., Ma, W., Kan, H., Wu, L., Fung, F., Wang, S., Ding, D., Walker, K.** (2020). Projection of ship emissions and their impact on air quality in 2030 in Yangtze River delta, China, *Environmental Pollution*, 263, 114643.

**Zhou, F., Fan, Y., Zou, J., An, B.** (2022). Ship emission monitoring sensor web for research and application, *Ocean Engineering*, 249, 110980.

**Zis, T.P.V.** (2019). Prospects of cold ironing as an emissions reduction option, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 119, 82-95.



## Araştırma Makalesi

# Kentsel mekânda e-skuter kullanımına ilişkin Türkiye ve dünyada yapılan yasal düzenleme örnekleri

Zeytun Bildirici<sup>1,\*</sup>, Seyitali İlyas<sup>2</sup>, Engin Kepenek<sup>3</sup>, Yalçın Albayrak<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Tezli Yüksek Lisans Programı, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, Türkiye

<sup>2</sup>Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Doktora Programı, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, Türkiye

<sup>3</sup>Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, Türkiye

<sup>4</sup>Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, Türkiye

\*Correspondence: [zeytun.blrci@gmail.com](mailto:zeytun.blrci@gmail.com)

DOI: 10.51513/jitsa.1311205

**Özet:** Elektrikli skuterlerin son yıllarda dünyada en sık kullanılan mikro-mobilite araçlarından biri olması, kentsel alanda kullanımı kapsamında uygun mevzuat arayışını beraberinde getirmiştir. Her geçen gün artan araç sahipliğinin doğurduğu hava kirliliği doğayı hızla tahrip ederken, büyük kentlerde trafik yoğunluğu problemi oluşmuştur. Bu ve diğer sebepler kentli için mikro-mobilite araçlarını cazip kılmıştır. Günümüzde skutere yatırım yapan şirketlerin politikaları, cep uygulamalarıyla sunmuş oldukları kolaylıklar, paylaşımlı e-skuterlerin hızlı erişim imkânı sunması, ulaşılabilir olması, ucuz ve farklı yapılara sahip yollarda (araç, bisiklet, kaldırım vs.) kullanılma imkânı sunması skuteri en çok tercih edilen mikro-mobilite aracı konumuna taşımıştır. Skuterlerin elektronik yapıları akıllı ulaşım sistemlerinin gelecekteki en büyük hedeflerinden olan türler arası entegrasyon konusunda hızlı şekilde uyum sağlama imkânı sunmaktadır. Ülkemizde ve dünyanın birçok kentinde bir ulaşım aracı olarak kabul edilen e-skuter için bir takım yasal düzenlemeler geliştirilmiştir. Bu çalışmada Türkiye, Almanya, Japonya, ABD ve Avustralya'daki yasal düzenlemeler incelenmiş ve bir kıyaslama tablosu oluşturulmuştur. Bu çalışmada e-skuterlerin kentsel mekâna dağılımları ve bu yeni ulaşım türünün şehir planlamasındaki yeri üzerine değerlendirmeler yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Akıllı ulaşım sistemleri, mikro-mobilite, e-skuter

## Examples of legal regulations in Turkey and the world regarding the use of e-scooters in urban spaces

**Abstract:** The fact that electric scooters are one of the most frequently used micro-mobility vehicles in the world in recent years has brought along the search for appropriate legislation within the scope of their use in urban areas. Air pollution caused by increasing vehicle ownership has caused a terrible traffic problem in big cities while rapidly destroying nature. These and other reasons have made micro-mobility vehicles attractive to the city dwellers. Today, the policies of companies investing in scooters, the convenience they offer with mobile applications, the rapid accessibility of shared e-scooters, their accessibility, the possibility of being used on roads with cheap and different structures (vehicles, bicycles, pavements, etc.), scooters are the most preferred micro-mobility tool. moved to its position. The electronic forms of scooters offer the opportunity to adapt quickly to interspecies integration, which is one of the biggest goals of intelligent transportation systems in the future. Several legal regulations have been developed for the e-scooter, which is accepted as a means of transportation in our country and many cities around the world. This study examined legal regulations in Turkey, Germany, Japan, the USA, Australia and created a comparison table. In this study, evaluations were made on the distribution of e-scooters in urban space and the place of this new type of transportation in city planning.

**Keywords:** Intelligent transportation systems, micro-mobility, e-scooter

## 1. Giriş

Kentsel ulaşımına bağlı olarak her geçen gün artan hava kirliliği, gürültü ve trafik sıkışıklığı gibi sorunlar gelişmiş ülkelerde ve ülkemizde e-skuterlerin özellikle mikro hareketlerde kullanımının hızla yaygınlaşmasını sağlamıştır. Bu durum beraberinde uygun mevzuat arayışını başlatmıştır. Ulaşım aracı olarak kabul edilen e-skuter için Türkiye, Almanya, Japonya, ABD ve Avustralya’da hazırlanmış yasal düzenlemelerin kıyaslanarak incelenmesi ve kentsel mekânda hangi hususlara dikkat edilmesi gerektiğinin ortaya konulması bu çalışmanın temel amacını oluşturmaktadır.

Elektrikli skuterlerin öncüsü olan ‘Autoped’ ilk motorlu skuter 1913'te Arthur Hugo Cecil Gibson tarafından geliştirilerek 1915'te New York'ta üretimine başlanmıştır. İstenilen satış hedeflerine ulaşamayınca 1921'de üretimi durdurulmuştur. Ancak çevreci yaklaşımlar sayesinde motorlu skuterler bir süre sonra yeniden popüler hale gelmiştir. Daha da geriye gidecek olursak ayakta kullanılan skuterler 1800'lerin başlarında Almanya’da evlerde çocuklar için bir eğlence aracı olarak icat edilmiştir (Ersöz, 2021).



**Şekil 1. (a)** 1915 yılı Autoped patent sahibi, Arthur Hugo Cecil Gibson; **(b)** Ulusal Amerikan Tarihi Müzesi, 1918 koleksiyonundan Autoped örneği (Ersöz, 2021).

Yapılan araştırmalarda “şehir içinde yapılan yolculukların yüzde 46’sının 5 km’den daha kısa mesafelerde gerçekleşmekte iken; ortalama 5 kişi için tasarlanmış araçlar olan arabalarda yolculukların %70’inde sürücü tek başına seyahat etmektedir” şeklinde bir sonuca ulaşılmıştır (Url-9). Günümüzde kullanılan e-skuterler özellikle 5 km gibi yürümek için uzun, arabayla gidilmesi kısa olan mesafelerde birden fazla kişi için tasarlanmış araçların kullanılmasına alternatif olması amacıyla üretilmiş ve zamanla yaygınlaşmıştır.

Çevresel sorunların ve sera gazı salınımının etkisiyle küresel ölçekte iklim değişikliğindeki gelişmelerin ardından yapılan Kyoto Protokolü (1997) her ne kadar bağlayıcılığı olmasa da doğa dostu ulaşım seçeneklerinde arayışa neden olmuştur (Sarıışık ve Ercoşkun, 2021). Birçok dünya kentinde ulaşımdan kaynaklanan ve her geçen gün artan trafik sorunları, hava ve gürültü kirliliği ile mücadelede mikro ulaşım araçlarının motorlu taşıtlara bir alternatif oluşturmasını olumlu karşılanmakta ve e-skutere olan ilgiyi arttırmaktadır (Gössling, 2020; Moradi ve Vagnoni, 2018).

Mevcut ulaşım altyapısından maksimum şekilde faydalanılarak emisyon, kaza ve mülkiyet önceliğini “sıfır” oranda önceliklendiren mikro-mobilite akımı, sürdürülebilir ulaşımın benimsendiği ülkelerde önem kazanmıştır. Mikro-mobilite Akımı 2017’de Kopenhag Teknoloji Festivalinin Mikro-mobilite Zirvesi’nde Horace De-diu tarafından gündeme getirilmiştir.

Önder ve Akdemir, (2022)’e göre; mikro-mobilite “25 km/sa altındaki hızlarda hareketliliği amaçlayan, brüt araç ağırlığı 500 kg’dan az olan, bisiklet, scooter, kay-kay, tek teker ve bunların elektrikli versiyonlarını kapsayan bir dizi küçük ve hafif araçlar ile yapılan, ideal yolculuk mesafesinin 10 km civarında olduğu hareketliliği tanımlamaktadır”.

Tablo 1’de görüldüğü üzere kentteki hareketler makro-mobilite, mezo-mobilite, mikro-mobilite olmak üzere sınıflandırılmıştır.

**Tablo 1.** Kentteki hareketlerin sınıflandırılması (Moradi ve Vagnoni, 2018)

<b>Makro-mobilite</b>	Makro seviyedeki, nüfus yapısı, sosyo-ekonomik ve endüstriyel değişimin etkisiyle meydana gelen hareketliliği ifade eder. Politik ve stratejik planlama gibi üst kademe kararların etkisiyle gelişir.
<b>Mezo-mobilite</b>	Makro ve mikro düzeydeki hareketler arasındaki orta düzey hareketleri içerir. Bu düzey toplu taşıma, özel otomobil ve motorsuz araç odaklı yaklaşımdan oluşur.
<b>Mikro-mobilite</b>	Ulaşım bileşenleri arasında bütünleşmeyi sağlayan spesifik elemanların kullanıldığı hareketlilik olarak değerlendirilmektedir.

Sürdürülebilir ulaşımı sağlamayı hedefleyen ülkelerde kentteki mikro hareketlerin çevreci yaklaşımlarla sağlanması yönünde adımlar atılmaya başlanmıştır. Çeşitli araçlar üretilerek kullanımlarının teşviki yönünde politikalar geliştirilmiştir.

E-skuterin hızlı erişim imkânı sunması, ulaşılabilir ve ucuz olması ve farklı yapılara sahip yollarda (araç, bisiklet, kaldırım vs.) kullanıma imkânı sunması popülaritesini hızla artırmıştır. Kostrzewska ve Macikowski (2017)'göre "Bir scooter şehirleri yayalar için keşfedilebilir kılar. Yayalar için aşılması zor kilometrelerce mesafeleri yorulmadan ve yayalarınkine benzer bir şehrin duygusunu (mimari algı, mekânsal yönelim vs.) hissederek kat edilebilir".

WRI Ross Sürdürülebilir Şehirler Merkezi bünyesindeki NUMO (New Urban Mobility Alliance) tarafından kentlerdeki mikro-mobilite kullanımının oransal dağılımını ortaya koyan tematik haritalama yapılmıştır. Çalışma alanına dâhil edilen şehirlerin her biri pasta dilimi grafiği ile gösterilerek şehirlerin bisiklet, skuter ve moped kullanım oranları sunulmuştur. Bu çalışmada çeşitli sektörlerden şehirler, STK'lar, şirketler, mobilite hizmeti operatörleri, topluluk savunucularından oluşmaktadır. Küresel ölçekteki bu organizasyon, günümüzde skuterlerin diğer mikro-mobilite araçlarına oranla daha fazla tercih edildiğini ortaya koymada kaynak sağlamaktadır (Url-10).

Son yıllarda sürdürülebilir ulaşım sistemleri üzerinde tartışmalar artmış durumdadır. Paylaşımlı sistemlere sahip, minimal ve hafif ulaşım modları kentsel alanlarda erişilebilirlik açısından avantaj sağlamaktadır. Skuter ve bisiklet gibi araçlar çevre dostu bir ulaşım hizmeti sunmaktadır (Kostrzewska ve Macikowski, 2017).

E-skuter, ulaşımında 'mikro-mobilite' çağının başlamasına öncülük etmiştir. Corona virüsü salgınının etkisiyle toplu taşıma araçlarını kullanmak istemeyen bireyler, kısa mesafe yolculuklarda bu araçları tercih etmeye başlamışlardır. Dünyada e-skuterler yaygınlaştıkça, ilgili yasal düzenlemeler oluşmaya başlamıştır (Erol, 2020).

E-skuterin özellikle trafik yoğunluğunun yaşandığı büyükşehirlerde yolculuk süresini kısaltması ve tıkanmış trafikte hareket imkânı sunması tercih edilmesinde önemli bir etkidir. Skuterin trafikte hızla artan sayıları yasal altyapının oluşturulmasını kaçınılmaz hale getirmiştir. Bu kapsamda farklı ülkelerde yapılan yasal düzenleme örneklerinin anlaşılması ve kıyaslanabilmesi için Türkiye, Almanya, ABD, Japonya ve Avustralya ülkeleri seçilmiş ve e-skutere ilişkin yasal düzenlemelerin incelenerek çalışmanın ilerleyen bölümlerinde kıyaslamalar yapılmıştır.

ABD, e-skuter marketinde dünyada 1. sıradadır. Bu rekabete uygun düzenlemeler ABD'de uzun zamandır yapılmaktadır. Ancak her eyalet e-skuter kullanımına ve trafik kurallarına dair farklı kanunlara sahiptir (Url-8). "İlk paylaşımlı e-skuter uygulamaları 2017 yılında ABD'de başlamıştır. ABD'de ulaşım ile ilgili fikir, görüş ve uygulamalar hakkında alışverişinde bulunmak ve ulusal ulaşım konularına iş birliği içinde yaklaşmak için oluşturulmuş Ulusal Şehir Ulaşım Görevlileri Birliği (Engel, 2019), şehirlerin paylaşımlı mikro-mobilite (ortak bisiklet ve skuter) şirketlerini düzenlemesine ve yönetmesine yardımcı olmak için 2018'de şehirlerde paylaşılan bisikletleri ve skuterleri yönetmek için yönerge yayınlamıştır" (Engel, 2019). Ülkenin her eyaletinde farklı uygulamalar görülmektedir. Birçok eyalette 16 yaş ve üzeri için kullanım izni sunulurken bazı eyaletlerde 14-15 yaşa izin verilmektedir. Hız limiti

eyaletlere göre değişkenlik göstermekle birlikte ortalama 20 mil/sa olarak kabul edilmektedir. Genel olarak kaldırım ve bisiklet yollarında kullanımına izin verilmiştir.

Almanya e-skuter pazarında dünyada 2. sırada bulunmaktadır. 16 yaş ve üzeri bireylerde düzenli kullanım oranı %15 civarındadır. Bu oranın %55'i e-skuteri kiralayarak kullanılmaktadır. Ülkede skuter kullanımına yönelik ciddi bir eğilim mevcuttur. 15 Haziran 2019'da Alman Küçük Elektrikli Araçlar Yönetmeliğinin (eKFV) yürürlüğe girmesiyle e-skuterlerin halka açık yollarda kullanılmasına izin verilmiştir. Mevcut yasalar eyaletlere göre farklılık göstermektedir. Genel olarak incelendiğinde e-skuterleri 14 yaş üstü herkes tek kişi olmak koşuluyla araç yollarında ve bisiklet yollarında kullanılabilir. Ülkede bisiklet yollarının çokluğu kullanımda kolaylık sunmaktadır. Tasarlanmış özel park alanlarına ve yol kenarlarına park edilebilir. Trafikte diğer araç sürücülerinin uyması gereken kurallar skuter kullanıcıları için de geçerlidir. Alkollü kullanımı yasaklanmıştır (Url-8).

Pandemi döneminde dünya genelinde skutere artan ilgi ülkemizde de görülmüştür. İlk zamanlar e-skuter kullanıcılarının trafikte kuralızsızca dolaşım sağladığı bir döneme girilmiştir. Şubat 2020 yılında Beşiktaş, İstanbul'da bir e-skuter kullanıcısının karşıdan karşıya geçerken otomobille çarpışması sonucunda ilk ölümlü trafik kazası gerçekleşmiştir. Eylül 2020 de benzer ölümlü bir kaza daha meydana gelmiştir (Yalın, 2021). Yaşanan kazalar ve trafikte hızla artan sayıları yasal altyapının oluşturulmasını kaçınılmaz kılmıştır.

Ülkemizde e-skutere ilişkin ilk yasal mevzuat 14.04.2021 tarihinde Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığını tarafından hazırlanan 'Elektrikli Skuter Yönetmeliği'dir. Aracın ismi 'Skuter' olarak belirlenmiştir. Elektrikli Skuter Yönetmeliği, (2021) Madde 2(1) de; "Bu yönetmelik karayolunda kullanılacak e-skuterler, paylaşımlı e-skuter işletmeciliği faaliyeti yapanlar ile bu faaliyetlerden yararlananlar ve bu faaliyetlerde kullanılan her türlü e-skuterleri kapsamaktadır". Elektrikli Skuter Yönetmeliği, Madde 4'te (1-c) e-skuter; "hızı en fazla 25 km/sa ulaşan, tekerlekli, fren mekanizmasına sahip, ayak tahtası ve tutamağı olabilen, dikey bir direksiyon mekanizması içerebilen ve ayakta kullanılan elektrikli taşıt" olarak tanımlanmıştır. Kullanıcı yaş sınırı 16 yaş, hız ise 25 km/sa olarak belirlenmiştir. Kask kullanımı, sigorta, ehliyet ve plaka zorunluluğu getirilmemiştir. Alkol kullanımı vb. konularda diğer sürücüler için belirlenmiş kurallar geçerlidir. Trafikte varsa bisiklet yolundan, bulunmayan alanlarda yolun en sağını kullanmaları kuralı bulunmaktadır. Hızın 50 km/sa üzerinde olduğu yollarda, otoyol, şehirlerarası yol, kaldırım ve yaya yollarında kullanılması yasaklanmıştır (T.C. Ulaştırma ve Altyapı, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği, İçişleri Bakanlıkları, 2021). Trafik düzenini bozacak alanlara, yaya ve engelli yolları ile özel mülkiyetin ihlal edildiği alanlarda park edilmesi yasaklanmıştır.

Avustralya'da e-skuter ilk kez 2018 yılında Brisbane kentinde deneyimlenmiştir. Şehirdeki belediye meclisince yerel ölçekte şu kararlar alınmıştır. En fazla 25 km/sa hızla yalnızca patikalarda (mümkün olan yerlerde) sürülmesine izin verilmiş, yollarda veya bisiklet şeritlerinde kullanımı yasaklanmıştır (Url-1). Diğer ülkelerde olduğu gibi pandemi döneminde ülkede ilgi artmıştır. Ulusal ölçekteki yasal düzenlemeler 2021 yılında oluşturulmuştur. Ülke genelinde kurallar eyaletlere göre farklılık göstermektedir. Diğer ülkelerle kıyaslandığında genel olarak kurallar daha katıdır. E-skuter kullanırken kask ve koruyucu kıyafet giyme zorunluluğu bulunmaktadır. Bazı eyaletlerde e-skuter kullanmak için araba ehliyeti yeterliyken diğer eyaletlerde özel bir eğitim alınması ve sonrasında yapılacak testin geçilmesi gerekmektedir. E-skuterin alkollü kullanılması ve sürüş esnasında cep telefonu kullanmak yasaklanmıştır. Maksimum hız sınırı 10-25 km/sa arasında değişiklik göstermektedir (Scooter Hut, 2022).

Japonya'da elektrikli skuter 'elektrikli kickboard' olarak tanımlanmıştır. Mevcut yasalarda ehliyet, kask, sigorta zorunluluğu bulunmaktadır. Alkollü kullanımı yasaklanmıştır. Hız sınırı 30 km/sa, ile sınırlandırılırken yalnızca araç yollarında kullanımına izin verilmiştir. 2022 yılı itibariyle yasada değişikliğe gidilerek 2024'te uygulamaya konulmak üzere ehliyet zorunluluğunun kaldırılması planlanmış ve kask gönüllük esaslı tutulmuştur. Plaka ve sigortalama zorunluluğunun getirilmesi ve hız limitinin 20 km/sa düşürülerek, 16 yaş ve üzeri bireylerin kullanımına izin verileceği yönünde çalışmalar bulunmaktadır. E-skuter araçlarında, ayna (dikiz aynası), flaşör (yön göstergesi), boynuz, mekanik fren (frenleme cihazı), fren lambası, hız göstergesi (hız göstergesi), kuyruk lambası (kuyruk lambası), sayı ışığı (sayı ışığı), reflektör (arka reflektör), ön ışık (far) otomatik aydınlatma olması gerekmektedir.

Cihazlarda birinin dahi eksik olması yetersiz bakım olarak değerlendirilerek halka açık yollarda kullanımı yasaklanmıştır (Url-4).

Yapılan araştırmada ülkelerin e-skutere ilişkin yasal çerçevelerinde farklılıklar olduğu görülmektedir. Ancak skuterlerin hangi alanlarda kullanılabileceği, yaş sınırı, parklanma alanları, trafikte uyulacak kurallar, alkol limitleri, araçlarda bulunması gereken donanımsal aksamalar, hız limitleri ve sürücünün kişisel koruyucu ekipman kullanımı gibi başlıkların mevzuatlardaki ortak kriterler olduğu anlaşılmıştır.

## 2. E-skuter hakkındaki yasal düzenlemelere ilişkin kıyaslamalar

Araştırmanın ilk bölümünde de bahsedildiği üzere skuterler 1800'lü yıllardan beri muhtelif zamanlarda eğlence ve ulaşım gibi farklı amaçlar için üretilerek kullanım deneyimi sunmuştur. Son yıllarda teknolojinin de etkisiyle bir kişisel hareketlilik aracı olarak hayatımıza girmiş bulunmaktadır. Yapılan araştırmalarda özellikle son on yılda ülkelerdeki e-skuter gelişimlerine bağlı olarak yasal bir çerçeve oluşturulmaya başlandığı görülmüştür.

Teknolojinin etkisi ile değişen ve dönüşen kentler ulaşımında da bu değişimlerin etkisindedir. Gelişmiş ülkelerde e-skuter kullanımı ve yaygınlaştırılmasına yönelik denemeler görülmektedir. Buna bağlı olarak kent içi mevcut ulaşım modları ile entegrasyonuna yönelik çalışmalar yapılmakta ve yasalar ile desteklenmektedir (Sarıışık ve Ercoşkun, 2021).

Çalışmanın giriş bölümünde Türkiye, Almanya, Japonya, ABD ve Avustralya ülkelerinde e-skuter için yasalarla belirlenmiş genel hükümlerden bahsedilmiştir. Ancak yapılan araştırmalarda e-skuter ile ilgili yasal düzenlemelerin aynı ülkedeki kentler arasında da farklılık gösterdiği anlaşılmıştır (Url-3). Bu nedenle bu bölüme söz konusu ülkelerin her birinden bir şehir seçilmiştir.

Türkiye'den Antalya, Almanya'dan Hamburg, Japonya'dan Tokyo, ABD'den Los Angeles ve Avustralya'dan Sydney kentleri seçilmiştir. Mevzuata ilişkin dokümanlara ülkelerin/şehirlerin mevzuat paylaşımında buldukları resmi internet sayfalarından erişim sağlanarak temin edilmiştir. Kaynaklar bölümünde son erişim tarihleriyle birlikte bu adreslere yer verilmiştir.

Seçim yapılan şehirlere ait mevcut mevzuatlar incelendiğinde hız, donanım, kullanıcı yaş sınırı, ehliyet, sigortalanma durumu, kask kullanımı, kullanıcılar için belirlenen alkol limitleri ve plaka (tescil), gibi başlıklarının genel olarak ortak olduğu görülmüştür. Bu başlıkların anlaşılır şekilde okunabilmesi için bir tablo oluşturulmuştur (Tablo2). Böylece farklı şehirlerdeki yasal durumlar rahatlıkla kıyaslanmıştır.

Antalya, Hamburg, Tokyo ve Sydney'de hız sınırı 20 km/sa, Los Angeles'te 15 mil/sa (yaklaşık 25 km/sa) olarak belirlenmiştir. E-skuter araçlarının sahip olması gereken donanımlar her şehirde benzerlik göstermektedir. Kullanıcılar için yaş sınırı Antalya, Tokyo ve Sydney'de 16 yaş, Hamburg'da 14 yaş (Hamburg şehrindeki şirketler 18 yaş ve üstünün sistemden kiralamasına izin veriyor), Los Angeles'te ise 18 yaş olarak belirlenmiştir. Antalya ve Hamburg'da kullanıcılardan herhangi bir ehliyet istenmezken, Tokyo ve Los Angeles'ta ehliyet zorunluluğu getirilmiştir. Aracın tüm şehirlerde bir kişi tarafından kullanılması izin vardır. Sigortalanma durumu Antalya ve Hamburg'da zorunlu değilken, Tokyo ve Los Angeles'te zorunlu kılınmıştır. Kullanıcıların kask kullanımı Antalya, Hamburg ve Los Angeles'te tavsiye niteliğinde bırakılarak zorunlu kılınmamışken, Tokyo ve Sydney'de kask kullanım zorunluluğu getirilmiştir. Alkol kısıtlaması tüm şehirlerde diğer sürücülerle aynı kurallara tabi tutulmuştur. Ele alınan şehirler arasından yalnızca Tokyo'da plaka zorunluluğu bulunmaktadır (Url-2; Url-4; Url-5; Url-6; Url-7).

**Tablo 2.** Antalya, Hamburg, Tokyo, Los Angeles ve Sydney şehirlerinde e-skuter için belirlenmiş kurallar

	<b>Türkiye (Antalya)</b>	<b>Almanya (Hamburg)</b>	<b>Japonya (Tokyo)</b>	<b>ABD (Los Angeles)</b>	<b>Avustralya (Sydney)</b>
<b>Hız</b>	20 km/sa	6-20 km/sa	20 km/sa	15 mil/sa (~25 km/sa)	20 km/sa, paylaşımlı yollarda 10 km/sa
<b>Donanım</b>	Önde beyaz far, kırmızı ışıklı lamba reflektör zil, korna vb.	İki bağımsız fren, zile/korna, ön ve arka aydınlatma, yan reflektörler, direksiyon veya trabzan	Fren tertibatları, farlar, dikiz aynaları vb. yapı ve cihazlar araç sınıflandırmasına göre güvenlik standartlarına uygun olması	-	Zil, korna vb. Uyarı cihazlar
<b>Yaş Sınırı</b>	16 yaş	14 yaş <sup>i</sup>	16 yaş	18 yaş	16 yaş
<b>Ehliyet</b>	Zorunlu değil	Zorunlu değil	Zorunlu	Zorunlu <sup>ii</sup>	-
<b>Sigorta</b>	Zorunlu değil	Zorunlu	Zorunlu	Zorunlu	-
<b>Kask</b>	Zorunlu değil <sup>iii</sup>	Zorunlu değil	Zorunlu	Zorunlu değil	Zorunlu
<b>Alkol Limiti</b>	Diğer araç sürücüleri ile aynı kurallara tabidirler.	Diğer araç sürücüleri ile aynı kurallara tabidirler.	Diğer araç sürücüleri ile aynı kurallara tabidirler.	Diğer araç sürücüleri ile aynı kurallara tabidirler.	0,05'lik bir BAC sınırı geçerlidir.
<b>Plaka</b>	Zorunlu değil <sup>iv</sup>	Zorunlu değil	Zorunlu	Zorunlu değil	-

### 3. Kentsel mekânda e-skuter kullanımı

Kentlerin mevcut altyapısıyla mikro hareketlik araçlarını nasıl karşıladığı konusu, bugün dünyanın birçok kentinin gündeminde yer almaktadır. Kentlerimizde her an kaldırımlarda, yaya yollarında, raylı sistem hatları üzerinde veya bir parkta motorlu ya da motorsuz bir mikro mobilite aracıyla karşılaşmanız mümkündür.

Teorik olarak, her ulaşım modunun nerede çalışacağını belirlemek basittir. Yaya yürüyüş yolları, kaldırımlar, patikalar, vb. de, araçlar ise belirlenmiş yollardadır. Ancak, özellikle trafiğin yoğun olduğu alanlarda motorsuz araçların (kaykay, e-skuter, segway vb.) kullanımı çatışmalara yol açabilmektedir (Litman ve Blair, 2017).

Mikro-mobilite araçları diğer araçlardan farklı olarak genellikle tek kullanıcı, çevreci bir yaklaşımla minimal boyutlarda tasarlanmaktadır. Bu da kentsel mekânda adeta bir yaya gibi esnek dolaşım imkânı sunmaktadır. E-skuter araçları da bu tasarım avantajına sahiptirler. Ancak bu araçların hangi alanlarda kullanılabileceği, kaldırımında park edilmesi, ulaşım sistemlerinde sorun yaratmadan kullanımının sağlanması konuları gündeme gelmiştir (Sarışık ve Ercoşkun, 2021). Önemli bir konu olarak karşımıza çıkan bu durumun e-skuter özelinde çözülebilmesi için yasal altyapı hazırlanırken ele alınmasını zorunlu kılmıştır.

Türkiye-Antalya, Almanya-Hamburg, Japonya-Tokyo, ABD-Los Angeles ve Avustralya-Sydney kentleri için yapılan mevzuat araştırmasında bu kentlerde e-skuterin kentsel mekânda kullanılabileceği

<sup>i</sup> Hamburg şehrindeki e-skuter kiralama şirketleri 18 yaş ve üstü kullanıcılara kiralama hizmeti sunmaktadır.

<sup>ii</sup> E-skutere özgü bir ehliyet değildir. Herhangi bir lastik tekerlekli araç türüne ait ehliyet olabilir.

<sup>iii</sup> Kask kullanımı zorunlu değildir, yasalarda tavsiye niteliğindedir.

<sup>iv</sup> Paylaşımlı sisteme dahil e-skuterlerin seri/plaka/id numaralarından birine sahip olması zorunludur.



alanlar, yasaklanan alanlar ve parklanma alanları başlıklar halinde incelenmiş ve kentler arasında kıyaslama yapılabilmesi için bir tablo oluşturulmuştur (Tablo3).

**Tablo 3.** Antalya, Hamburg, Tokyo, Los Angeles ve Sydney kentlerinde kentsel mekânda e-skuter kullanımının yasal durumu

	Kullanılması Uygun Alanlar	Yasaklanan Alanlar	Parklanma Alanları
<b>Türkiye (Antalya)</b>	Bisiklet yolu ve şeridi, bunlar mevcut değilse araç yolunda yolun en sağı kullanılır.	Otoyollar, şehirlerarası yollar, 50 km/sa hızın üzerindeki yollar, yaya yolları ve kaldırımlarda kullanımı yasaklanmıştır.	Kamu nizamını bozacak, yaya ve engelli bireylerin hareket alanını kısıtlayacak, trafik akışını bozacak şekilde park etmek yasaklanmıştır. <sup>i</sup>
<b>Almanya (Hamburg)</b>	Bisiklet yolu ve şeridi, bunlar mevcut değilse araç yolunda yolun en sağı kullanılır.	Yaya yolları, kaldırımlar, tek yön sokaklarda ters istikamette kullanımı yasaklanmıştır. <sup>ii</sup>	E-skuterler kaldırımlara, yol kenarlarına ve onaylanmış yaya bölgelerine park edebilir (Prensiş olarak, park halindeki e-skuterlerin diğer yol kullanıcılarını tehlikeye atmamalıdır). Kaldırma park edilirken, kaldırım genişliğinin en az 1,6 m olmasına dikkat edilmelidir. E-skuterler bisiklet gibi kabul edilir.
<b>Japonya (Tokyo)</b>	Karayolu veya bisiklet yolu kullanılabilir.	Kaldırım ve yaya yolları ile tek yönlü sokaklarda ters kullanımı yasaklanmıştır.	-
<b>ABD (Los Angeles)</b>	Varsa bisiklet yolu, bisiklet yolu yok ise karayolundan kullanılır.	Kaldırımlar ve yaya yollarında kullanımı yasaklanmıştır.	Zorunlu değildir ancak belirlenmiş "Park Bölgeleri" mevcuttur.  Araç şeritlerine, yaya geçitlerine ve toplu taşıma duraklarının önüne, ada erişim rampalarının yakınına, yangın tesislerine (yangın hidrantları gibi), renk bordürleri boyunca (erişilebilir park bölgeleri-mavi ve yükleme bölgeleri-sarı gibi), peyzajlı alanlara veya çimenlere, genişliği 3 metreden az olan kaldırımlara, park etmek yasaklanmıştır.
<b>Avustralya (Sydney)</b>	Bisiklet yollarında kullanılır.  Bisiklet yolu, ayrılmış patika veya ortak patika üzerinde giden bir elektrikli skuter sürücüsü, karşıdan gelen bisiklet sürücülerinin veya yoldaki diğer elektrikli skuter sürücülerinin solunda durması zorunludur.  Paylaşılan bir yolda sürüş yapan bir elektrikli skuter sürücüsü, mümkün olmadığı sürece yolun solunda kalmalıdır.	Bisiklet yolu dışındaki yollarda, patikalar ile 50 km/sa ve üzerindeki hıza sahip yollarda kullanımı yasaklanmıştır.	Bisiklet kullanıcıları ile aynı kuralların geçerlidir.

<sup>i</sup> Ulaşım Koordinasyon Merkezi (UKOME) Genel Kurul Kararı ile belirlen kurum/kuruluşlarının çevresine paylaşımlı e-skuter kullanıcılarının park etmesi yasaklanmıştır (Url-11).

<sup>ii</sup> Tek yönlü sokaklarda e-skuterlerin ters yönünde seyahat etmesine izin verildiği durumlar için belirlenmiş özel bir tabela bulunmaktadır.

Antalya, Hamburg, Tokyo ve Los Angeles'da varsa bisiklet yolu, bisiklet yolunun bulunmadığı durumlarda karayolunun en sağ şeridi kullanılmaktadır. Hamburg'da ilave olarak belirlenmiş özel bir tabela ile trafiğin tek yön olduğu yollarda ters yönde seyahat edilebilmektedir. Sydney'de e-skuterlerin bisiklet yollarında kullanımına izin verilmemekte olup kara yolu için özel koşullar belirlenmiştir.

Antalya'da, şehirlerarası yollar, 50 km/sa hızın üzerindeki yollar, yaya yolları ve kaldırımlar, Hamburg'da yaya yolları, kaldırımlar, tek yön sokaklarda ters istikamette gidişler, Tokyo'da kaldırımlar, yaya yolları ve tek yönlü sokaklarda ters istikamette gidişler, Los Angeles'da kaldırımlar ve yaya yolları, Sydney de bisiklet yolu dışındaki yollar ile patikalar ve 50 km/sa ve üzerindeki hıza sahip yollarda e-skuter kullanımı belediye/şehir meclislerinde alınan kararlar ile yasaklanmıştır. Antalya ilinde Kasım 2022'de alınan UKOME Genel Kurul Kararı ile; "il genelinde işletmeciliği yapılan elektrikli skuterlerin talepte bulunan kamu kurum ve kuruluşların çevresine park etmesi yasaklanmıştır" (Url-11).

Hamburg'da e-skuterler kaldırımlara, yol kenarlarına ve onaylanmış yaya bölgelerine park edebilmektedir. Prensip olarak, park halindeki e-skuterler diğer yol kullanıcılarını tehlikeye atmamalıdır. Şehirde bisiklet için belirlenmiş kurullarla benzerlik göstermektedir.

Los Angeles'da araba yollarının, yaya geçitlerinin ve toplu taşıma duraklarının önüne, ada erişim rampalarının yakına, yangın tesislerine (yangın hidrantları gibi), renk bordürleri boyunca (erişilebilir park bölgeleri-mavi ve yükleme bölgeleri-sarı gibi), peyzajlı alanlara veya çimenlere, genişliği 3 metreden az olan kaldırımlara, kaldırımda yayalar ve engelliler için en az 6 fitlik (yaklaşık 180 cm) kaldırımlara park etmek yasaklanmıştır (Url-8). Ayrıca zorunlu olmamakla beraber şehirde parklanma için belirlenmiş özel alanlar bulunmaktadır.

#### 4. Planlamada e-skuterin ele alınması

Yeni dünya kentlerinin ulaşım sistemlerine ilişkin hedef ve stratejileri, trafikte geçen zamanın azaltılması, güvenliğin artırılması, yolun optimum kapasitede kullanılması, mikro-mobilite araç kullanımının artırılması, yenilenebilir enerji kullanımı gibi doğa dostu yaklaşımlar belirlemeye yöneliktir (Tektaş ve Tektaş, 2019). Birçok kentte ulaşım modları bu yaklaşımlarla seçilmeye başlanmıştır.

Kent içi ulaşımında ilk mil ve son mil yolculuklarının mikro mobilite araçları ile sağlanmasının kentlerde ulaşımın iyileşmesine katkı sunmaktadır. İlk mil, kullanıcının evinden çıkarak araç kullanmadan toplu taşıma aracına ulaştığı mesafeyi ifade edilirken, son mil ise toplu taşımadan sonra varılmak istenilen hedefe kadar olan mesafe olarak tanımlanmaktadır.

Mikro-mobilite araçlarının kullanımında uygun şekilde planlanmış bir altyapı, şehrin erişilebilirliğinin yanı sıra daha geniş bir hareketlilik biçimi sağlayabilmektedir (Litma ve Balair, 2010).

Toplu taşıma sistemlerindeki sorun ve aksaklıklar kent içi ulaşımında kullanıcıları özel araç kullanımına sevk etmekte ve araç sahipliği oranını hızla arttırmaktadır. Mikro-mobilite araçlarının sisteme dahil edilmesi daha sürdürülebilir ve yaşanabilir kentler oluşmasına katkı sunacaktır (Güldür vd., 2022).

Vojnovic vd. (2016)'da kentsel form, erişilebilirlik ve seyahat üzerine yapılan araştırmaların yüksek yoğunluk, karmaşık arazi kullanımlarının ve bağlantılı mahallelerin motorsuz seyahati teşvik ettiğini belirtmişlerdir.

Seyahat talebinin başlamasını sağlayan cazibe alanları genel olarak ikamet edilen merkezlerin dışındadır. Bu nedenle bireyler gitmek istedikleri yerlere ulaşım altyapı hizmetlerinden faydalanarak ulaşmaktadırlar. Sosyo-ekonomik durumlarının belirleyici olduğu bir seçim ile özel otomobil ya da ulaşım hizmetlerinden faydalanılmaktadır. Yolculuklar önce yaya olarak başlamakta, ardından bir ulaşım türü seçilerek taşıtla arzu edilen yere vardığında yeniden yaya olarak devam etmektedir (Önder ve Akdemir, 2022). Kentlerdeki gelişmeler paralel mevcut/gelecekte planlanacak arazi kullanımı ve ulaşım altyapısına yönelik kararlarda da dönüşüme ihtiyaç olacaktır.

Sarışık ve Ercoşkun, (2021)'de e-skuterlerin özel araç kullanıcıları için bir alternatif olabileceğini ancak günümüz kentlerinin çoğunda yolların arabalar için tasarlandığı için bu yollarda skuter kullanımının kolay olmadığından bahsedilmektedir. Bir yolculuğun tamamında kullanılmaktan ziyade şehir içinde kısa ve orta mesafelerde son mil yolculuklarına bir alternatif olarak görülmektedir.

Ülkemizde uygulanmakta olan geleneksel ulaşım planlama yaklaşımlarının, taşıt hareketliliğini esas aldığı vurgulanmaktadır.

Otomobil odaklı ulaşım politikaları ve hız endişesi, otomobil dışındaki tüm aktörler için yolları güvensiz, otomobil karşısında yaya, bisiklet ve e-skuter kullanımını tehlikeli kılmaktadır. Bu bağlamda dijital sistemler ulaşımında güvenliği sağlanması için inovatif bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır (Karahana vd., 2023). Bu noktada, dijital çit teknolojisinin e-skuter kullanımına entegre edilmesi, sürücülerin güvenliğini artırmak ve çevresel etkileşimi düzenlemek adına önemli bir adım olabilecektir (Deveci vd., 2023). Dijital çit, GPS teknolojisi ve akıllı sensörler kullanarak belirli coğrafi sınırlar içinde e-skuter kullanımını kontrol etmeyi amaçlayan bir sistemdir. Böylece, kullanıcıların belirlenmiş bölgeler dışına çıkmalarını engelleyerek, trafik kurallarına ve yerel düzenlemelere uyumlarını desteklemektedir. Aynı zamanda, yoğun yaya bölgeleri, okul alanları ve diğer hassas bölgelerde hız sınırlamalarını otomatik olarak uygulayarak çevresel güvenliği artırmaktadır (Liazos vd., 2022).

Dijital çitler, e-skuter paylaşım sistemlerinde ve kiralama hizmetlerinde de etkili bir şekilde kullanılabilir. Belirlenen bölge dışında park edilmiş e-skuterlerin devreye giren bir uyarı sistemi ile operatörlere bilgi gönderilerek düzensiz park sorunlarına çözüm sunulabilir. Bu sayede, şehirlerdeki e-skuter kullanımının daha düzenli ve güvenli hale gelmesine katkıda bulunabilir. Dijital çit teknolojisi, e-skuter endüstrisinde güvenliği artırmak ve şehir yaşamını optimize etmek için umut verici bir çözüm olarak değerlendirilmektedir (Önder ve Akdemir, 2020). Bu teknolojinin daha geniş bir şekilde benimsenmesi, elektrikli taşıma araçlarının sürdürülebilir ve güvenli bir şekilde entegre edilmesine katkıda bulunacaktır.

## 5. Tartışma ve sonuç

Çalışma süresince yapılan mevzuat araştırmalarında konunun oldukça karmaşık bir hal aldığı anlaşılmıştır. Araştırmaya yönelik genel değerlendirme, sonuç ve çıkarımlara göre pratiğe yönelik çözüm önerileri aşağıda başlıklar ve maddeler halinde sunulmaktadır:

Eğitim ve Farkındalık Programları:

- Sürücülere yönelik güvenli sürüş eğitimleri düzenlenmeli ve geniş çaplı farkındalık kampanyalarıyla toplum bilinçlendirilmelidir. Bunun için okullar, belediyeler veya sivil toplum kuruluşları iş birliğiyle, e-skuter kullanımının yaygın olduğu alanlarda toplum eğitim etkinlikleri düzenlenmelidir. Eğitim etkinlikleri, çocuklara ve yetişkinlere yönelik farklı düzeylerde programlar içermelidir.
- İnternet üzerinden erişilebilen interaktif eğitim modülleri sağlanmalıdır. Bu modüllerde güvenli sürüş teknikleri, trafik işaretleri ve e-skuter bakımı gibi konular ele alınmalıdır.
- E-skuter paylaşım şirketleri, yerel yönetimler ve eğitim kurumları arasında iş birliği teşvik edilmelidir. Ortak projelerde yer alarak e-skuter kullanımının güvenliği konusunda ortak sorumluluklar belirlenmelidir.

Düzenli Denetimler ve Ceza Mekanizmaları:

- E-skuterler için belirlenen hız sınırı, yasaklı alanlar vs. kurallar için yollarda yatay/düşey işaretlemelerin düzenlenmesi yönünde uygulamalar yapılması gerekmektedir. Skuter için yollarda herhangi bir bilgilendirme sisteminin bulunmaması (alınan kuralların şehir bazlı olduğu da düşünülürse) durumu e-skuter sürücülerinden kurallara uyması beklentisini gerçekçi kılmamaktadır.
- Her ülkede e-skuter için plaka ve sigorta zorunluluğu yoktur. Paylaşımlı sisteme dâhil e skuterlerin seri/plaka/id numaralarından birine sahip olması zorunludur. Ancak özel kullanıcılar için herhangi bir zorunluluk yoktur. Bu durumun olası bir kaza, hırsızlık vb. olaylara zemin hazırlamaması adına gerekli önlemler alınmalıdır.
- E-skuter kullanım kurallarına uyulup uyulmadığını denetlemek adına düzenli denetimler ve bu kurallara uymayanlara yönelik etkili ceza mekanizmaları oluşturulmalıdır. Bu bağlamda sensör tabanlı donanımlar kasklara entegre edilerek, güvenli seyahat kontrol altına alınabilecektir.

- Sarıışık ve Ercoşkun, (2021)'e bu konuda şöyle der; “Çevre dostu olarak bahsettiğimiz e-skuterin zamanla ömrünü tamamlayan geri dönüştürülemez malzemelerinin doğaya atılarak çevre sorununa neden olması dezavantajlı yönlerindedir”. Çevre dostu bir ulaşım aracı olarak piyasada yer bulan bu araçlardaki geri dönüşemeyen parçalarının nasıl değerlendirileceği durumunun mevzuata dahil edilmesi ve kontrollerinin sağlanması gerekmektedir.

#### Teknolojik Çözümler:

- E-skuterlerde yerleştirilecek GPS ve diğer teknolojik çözümlerle, belirli bölgelerde hız sınırlamaları veya kullanım kısıtlamaları uygulanmalıdır.
- Ayrıca, düzensiz park etmeyi önlemek adına dijital çit teknolojileri entegre edilmelidir. Parklanmaya yönelik her ülkenin farklı bir politikası bulunmaktadır. Bazı ülkelerde özel park alanları belirlenirken bazılarında kaldırım alanlarına dahi park edilmesine izin verilmektedir. Bu durum skuterler kullanıcıları için önemli bir sorun olan ‘kentsel mekânı araç gibi mi, yaya gibi mi?’ davranılması gerektiği ikilemini doğurmaktadır. Teknolojik sistemlerle oluşturulan sanal park alanları ve yapılan bilgilendirmelerle bu sorunların giderilmesi için kullanıcılar destek sağlanmalıdır.

#### Şehir Planlaması ile İlgili İyileştirmeler:

- E-skuter kullanımının şehir içindeki akışını düzenlemek adına bisiklet yolları, park alanları ve şarj istasyonları gibi altyapı iyileştirmeleri yapılmalıdır.
- E-skuter için her ülkenin kendine özgü bir mevzuatı olmakla beraber, eyaletlerde ve şehirlerde bağımsız çalışmalar yapılarak her biri için farklı kuralların getirildiği görülmüştür. Bunun e-skuter kullanıcıları için dezavantajlı olduğu düşünülmektedir. Mevzuat sistemi incelenen ülkelerde genel olarak e-skuterin bisiklet gibi ele alındığı görülmüştür. Bu da imar planlarındaki bisiklet yolları için belirlenen lejantta “Bisiklet + E-skuter” şeklinde bir değişime mi gidileceği veya mikro-mobilite araçları için yeni bir başlık mı oluşturulması gerektiği sorusunu gündeme getirmektedir. Genel olarak bisiklet yollarında kullanılması gerektiği savunulmaktadır. Ülkemizde de skuterin sırasıyla varsa bisiklet yolu, bisiklet şeridi, hiçbiri yoksa karayolunda kullanılması kararlaştırılmıştır. Ancak mevcut bisiklet yollarının şehirlerde ne ölçüde bulunduğu düşünüldüğünde bu kapsamdaki yatırımlara öncelik verilmesi gerektiği sonucuna varılmaktadır.
- Kullanımın yasak olduğu anayol vb. yerlere alternatif güzergahlar belirlenerek, skuterlerin güvenli bir şekilde bu güzergahlardan seyahat etmesi sağlanmalıdır.

Mevzuatta bulunması gereken maddelerin eklenmesi ve pratiğe yönelik çözüm önerilerinin uygulanması, e-skuter kullanımının kontrol altına alınmasını, yolculukların güvenli ve sürdürülebilir bir şekilde gerçekleşmesini sağlamak adına önemli katkı sağlayacaktır. Bu düzenlemelerin, şehir yaşamını daha etkili ve güvenli hale getirme amacına hizmet etmesi beklenmektedir.

#### Araştırmacıların katkı oranı beyanı

Yazarların çalışmadaki katkı oranları eşittir.

#### Destek ve teşekkür beyanı

Çalışma herhangi bir destek almamıştır. Teşekkür edilecek bir kurum veya kişi bulunmamaktadır.

#### Çıkar çatışması beyanı

Çalışma kapsamında herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

#### Kaynakça

**Deveci, M., Gokasar, I., Pamucar, D., Chen, Y., & Coffman, D. M.** (2023). Sustainable E-scooter parking operation in urban areas using fuzzy Dombi based RAFSI model. *Sustainable Cities and Society*, 91, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104426>

**Engel, A.** (2019). *NACTO releases guidelines for managing shared bikes and scooters in cities*. Erişim:11 Nisan 2023, <https://nacto.org/2019/09/11/nacto-releases-guidelines-for-managing-shared-bikes-and-scooters/>.

**Ersöz, E.** (2021). *Scooter tarihine bakış*. Erişim: 5 Nisan 2023, <https://markut.net/sayi-14/scooter-tasarim-tarihi/>.

**Erol, M.** (2020). *Ülke ülke elektrikli scooter kanunları*. Erişim:10 Mayıs 2023, [www.sozcu.com.tr/2020/ekonomi/ulke-ulke-elektrikli-scooter-kurallari-ingiltere-ve-almanyada-sigorta-sart-5931673](http://www.sozcu.com.tr/2020/ekonomi/ulke-ulke-elektrikli-scooter-kurallari-ingiltere-ve-almanyada-sigorta-sart-5931673).

**Gössling, S.** (2020). Integrating e-scooters in urban transportation: problems, policies, and the prospect of system change. *Transportation Research Part D*, 75(2).

**Güldür, H., Karaçor, F., Hatipoğlu, S. ve Çubuk, K.** (2022). Yeni bir kent içi ulaşım türü: e-scooter. *Gazi Journal of Engineering Sciences*, 8(1), 60-73.

**Karahan, G., Garagon, E., ve Kurtuluş, C.** (2023). Kent Ulaşımında Mikromobilité Çözümlerine Lokasyon Analitiği Yaklaşımı. *Akıllı Ulaşım Sistemleri Ve Uygulamaları Dergisi*, 6(1), 75-86. <https://doi.org/10.51513/jitsa.1079294>

**Kostrzewska, M. and Macikowski, B.** (2017). Towardshybrid urban mobility: kick scooter as a means of individual transport in the city. *IOP conference series: Materials Science and Engineering*, 245(5).

**Liazos, A., Iliopoulou, C., Kepaptsoglou, K., & Bakogiannis, E.** (2022). Geofence planning for electric scooters. *Transportation research part D: transport and environment*, 102, <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.103149>

**Litman, T. and Blair, R.** (2006). Managing diverse modes and activities on nonmotorized facilities: Guidance for practitioners. *ITE Journal*, 76(6), 20-27.

**Moradi, A. and Vagnoni, E.** (2018). A multi-level perspective analysis of urban mobility system dynamics: what are the future transition pathways?. *Technological Forecasting and Social Change*, 126, 231-243.

**Önder, H., ve Akdemir, F.** (2020). Digital Dimension of Urban Transportation: Transportation 4.0. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 3(2), 202-215.

**Önder, H. ve Akdemir, F.** (2022). Sürdürülebilir ulaşım altyapısının pandemi döneminde yeniden kurgulanması: mikromobilité trendleri ve Türkiye. *İdeal Kent*, 36(13), 748-770.

**Saruşık, B. E. ve Ercoşkun, Ö. Y.** (2021). Dünyada ve Türkiye 'de mikro hareketlilikte e- scooter sistemleri. *Eksen Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2(1), 72- 94.

**Tektaş, N. ve Tektaş, M.** (2019). Dünyada akıllı ulaşım sistemlerinin gelecek hedefleri Japonya örneğinin incelenmesi. *Paradoks Ekonomi Sosyoloji ve Politika Dergisi*, 15(2), 189-210.

**T.C. Ulaştırma ve Altyapı, Çevre ve Şehircilik ile İçişleri Bakanlıkları** (2021). Elektrikli skuter yönetmeliği. *Resmi Gazete (Sayı: 31454)*. Erişim: 03 Nisan.2023, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/04/20210414-3.htm>.

**Vojnovic, I., Kotval-K, Z., Lee, J., Ye, M., Ledoux, T., Varnakovida, P. and Messina, J.**(2016). Urban built environments, accessibility, and travel behavior in a declining urban core: the extreme conditions of disinvestment and suburbanization in the detroit region. *Journal of Urban Affairs*, 36(2),225-255.

**Yalın, İ.** (2021). *200 yıl sonra hatırlanan özgürlük: scooter*. Erişim: 01 Nisan 2023, <https://t24.com.tr/yazarlar/irfan-yalin/200-yil-sonra-hatirlanan-ozgurluk-scooter,31286>.

**Url-1**<<https://www.budgetdirect.com.au/blog/australias-electric-scooter-laws-by-state.html>>, erişim tarihi: 15.05.2023.

**Url-2**<[https://www.hamburg.de/bvm/faq-e-scooter/#15399666\\_15399626](https://www.hamburg.de/bvm/faq-e-scooter/#15399666_15399626)>, erişim tarihi: 19.05.2023.

**Url-3**<<https://scooterhut.com.au/blogs/blogs/australian-laws-for-electric-scooters-can-you-ride-e-scooter-legally-nsw-vic-sa-qld-wa-act-nt>>, erişim tarihi: 12.04.2023.

**Url-4** <<https://www.freemile.jp/blog/rule/>>, erişim tarihi: 10.04.2023.

**Url-5** <[https://codelibrary.amlegal.com/codes/los\\_angeles/latest/lamc/0-0-0-165052](https://codelibrary.amlegal.com/codes/los_angeles/latest/lamc/0-0-0-165052)>, erişim tarihi: 01.04.2023.

**Url-6** <<https://legislation.nsw.gov.au/view/html/inforce/current/sl-2014-0758#sec.262-1>>,erişim tarihi: 01.05.2023.

**Url-7** <<https://ladot.lacity.org/projects/transportation-services/shared-mobility/micromobility>>, erişim tarihi: 01.04.2023.

**Url-8**<[www.cumhuriyet.com.tr/dunya/galeri-dunyadaki-e-scooter-duzenlemeleri-neler-1996663](http://www.cumhuriyet.com.tr/dunya/galeri-dunyadaki-e-scooter-duzenlemeleri-neler-1996663)>, erişim tarihi: 01.05.2023.

**Url-9**<[https://www.marti.tech/guvenlik\\_for\\_app\\_v1.html](https://www.marti.tech/guvenlik_for_app_v1.html)>, erişim tarihi: 05.05.2023.

**Url-10**< <https://www.numo.global/>>, erişim tarihi: 01.05.2023.

**Url-11**<<https://www.antalya.bel.tr/Kurumsal/Kararlar>>, erişim tarihi: 11.05.2023.



## Araştırma Makalesi

### **Kampüs içi ring seferi gerçekleştirecek servis filosunun tamsayılı bir programlama modeli ile optimizasyonu**

Ömer ALGORABI<sup>1,\*</sup>, Yusuf Sait TÜRKAN<sup>1</sup>, Amir FOROUMANDI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup> Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, İstanbul, Türkiye

\*Correspondence: [omer.algorabi@iuc.edu.tr](mailto:omer.algorabi@iuc.edu.tr)

DOI: 10.51513/jitsa.1330207

**Özet:** Bu çalışmada, İstanbul'daki bir üniversitenin ana kampüsünde gerçekleştirilen ring seferlerinin en ekonomik şekilde gerçekleştirilebilmesi adına bir matematiksel model geliştirilmiş, farklı araç kısıtları ve maliyetleri gözeticilerle tanımlı seferlere atamalar yapılmıştır. Bu amaçla tanımlı saatlerde ve güzergahlardaki taşıma talebinin eksiksiz sağlanmasına yönelik en uygun otobüs filosunun seçilmesi ve filodaki araçların ataması gerçekleştirilmiştir. Tam sayılı bir programlama modeli ile optimum çözüm aranan problemde, tüm taleplerin karşılandığı minimum maliyetli bir çözüm elde edilmiştir. Ele alınan problemde, otobüs filosunun seçilmesi ve çizelgelemesi için deterministik bir optimizasyon modeli önerilmiştir. Minimum otobüs kiralama maliyetini veren çözümü elde etmek için bir ticari çözücü kullanılmıştır. Ticari çözücü ile elde edilen sonuçlara göre; üniversite yönetiminin ring seferlerine olan talebi karşılayabilmesi için toplamda 13 araç kiralaması gerekmektedir. Mevcut üniversite stratejisine göre %26'lık bir iyileştirme sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Üniversite otobüs çizelgeleme, tamsayılı programlama, toplu taşımada optimizasyon

### **Optimization of the service fleet to carry out in campus ring travel with an integer programming model**

**Abstract:** In this study, a mathematical model was developed in order to carry out the ring services in the main campus of a university in Istanbul in the most economical way, and assignments were made to defined services by considering different vehicle constraints and costs. For this purpose, the most suitable bus fleet was selected and the vehicles in the fleet were assigned in order to meet the transportation demand at the defined times and on the routes. In the problem for which an optimum solution is sought with an integer programming model, a solution with minimum cost has been obtained where all demands are met. In the considered problem, a deterministic optimization model is proposed for the selection and scheduling fleet of buses. A commercial solver is used to obtain the solution that gives the minimum bus rental cost. Based on the results obtained by the commercial solver, to meet the demand for ring services, the university administration needs to rent a total of 13 vehicles. An improvement of 26% was achieved compared to the current university strategy

**Keywords:** University bus scheduling, integer programming, optimization in public transport

## 1. Giriş

Günümüz küresel sosyoekonomik ve sosyokültürel yapıları dikkate alındığında ulaşım sistemleri modern toplumlarda günlük yaşamın önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Yolcu taşımacılığında ulaşım sistemleri toplu ulaşım, şehirlerarası ulaşım, havalimanı, turizm, öğrenci, personel taşımacılığı gibi farklı birçok alanda karşımıza çıkmaktadır. Bu sistemler yaşam kalitesi üzerinde önemli bir role sahiptir, zaman, konfor, stres, para. Özellikle metropol şehirlerde ulaşımın can damarı olduğu sıklıkla söylenir (Peker ve Eliyi, 2022).

Otobüsler, dünya genelinde toplu ulaşımın ana araçlarından biridir. Otobüslerin olmaması, mevcut otobüs tiplerindeki kısıtlamalar, sürekli trafik ve çok geniş kapsama alanları dahil olmak üzere birçok faktör otobüs ulaşım sistemlerini etkiler. Sonuç olarak, istenen sonuca ulaşmak için üst düzey özelleşmiş bir matematiksel modele ihtiyaç duyulmaktadır (Osman ve Al-Sanousi, 2015).

Çizelgeleme, verimli bir ulaşım sistemi oluşturmada önemli bir konudur. Bu tür sistemler genellikle günlük bazda yetersiz çalıştırılır ve bu da çoğu zaman muazzam maliyet aşımına yol açar. Otobüs ulaşım sistemlerinde çizelgeleme, sistemin etkinliğinin ve doğruluğunun belirlenmesini sağladığı için en önemli fonksiyondur. Günümüzde kaynaklar sınırlıdır ve otobüs ulaşım sistemlerini işletmek maliyetlidir (Osman ve Al-Sanousi, 2015).

Okul servis otobüsü çizelgeleme problemi, öğrencilerin ve çalışanların ulaşımı için okul otobüsü filosunun yönetiminde önemli bir sorundur; her öğrenci ve çalışan, bu öğrencilerin ve çalışanların her birinin talebini karşılamak için verimli bir şekilde yönlendirilmesi gereken belirli bir otobüse atanmalıdır. Özellikle günümüzde servis otobüslerinin kiralama maliyetlerinin arttığı düşünüldüğünde; problemin minimum kiralama maliyetiyle optimize edilmesi oldukça önemlidir. Bu kapsamda öğrenci ve çalışanların servis taleplerini karşılayacak servis filosunun optimizasyon ihtiyacı günümüzde sıklıkla karşılaşılan bir problemidir.

Bu çalışmada, İstanbul'daki bir üniversitenin kampüsündeki servis çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Dört farklı güzergah bulunan kampüste, en yoğun saatlerdeki yolcu talebini karşılayacak en ekonomik servis filosunun belirlenmesine yönelik bir çizelgeleme gerçekleştirilmiştir. Problem, tamsayı programlama ile modellenmiş ve ticari bir çözücü kullanılarak optimize edilmiştir. Çalışmada giriş kısmından sonra literatür inceleme sonucunda ele alınan problem ile ilgili yapılmış çalışmalara yer verilmiştir. Üçüncü kısımda problemin matematiksel gösterimi verilmiş ve dördüncü bölümde elde edilen sonuçlar paylaşılmıştır. Son bölüm olan sonuç kısmında ise çalışmanın genel bir değerlendirmesi ve geleceğe yönelik önerilere yer verilmiştir.

## 2. Literatür inceleme

Toplu taşımada optimizasyon problemleri genel olarak, atama, rotalama, çizelgeleme olmak üzere üç ana grupta toplanmaktadır. Yolcu taşımalarına yönelik problemlerde atama problemleri önemli bir yer teşkil etmektedir. Bu problemlerde maksimum yolcu kapasitesini elde etme, minimum maliyet, minimum karbon salınımı gibi tekil amaçlar olabildiği gibi birden çok amaca yönelik filo optimizasyonu çalışmaları da literatürde yer almaktadır. Literatürde atama-rotalama çalışmalarının ilk örneği olarak gezgin satıcı problemi örnek gösterilmektedir. Dantzig vd. (1954), gezgin satıcı problemini tanımlamış ve doğrusal programlama ile probleme çözüm aramıştır. Filo optimizasyonu çalışmaları da atama problemleri içinde ele alınan bir konudur. Uçak filosu, gemi filosu ve otobüs filolarına yönelik farklı atama-rotalama-çizelgeleme üzerinde çalışmalar bulunmaktadır. Toplu taşıma sistemleri ile ilgili olarak literatürdeki çalışmalar, operasyon türlerine (toplu taşıma gerçekleştiren otobüsler, servis otobüsleri gibi) ve filo atama problemlerine (tek tip filo ataması problemi, çoklu filo ataması problemi gibi) göre değişkenlik göstermektedir (Chang ve Schonfeld, 1991a, 1991b, 1991c; Ker vd., 1995). Otobüs filo atama-belirleme problemlerinde otobüslerin rotaları, kalkış saatleri sabit olabildiği gibi bazı problemlerde esnek değerler de söz konusu olabilmektedir. Bu kapsamda belirlenmiş saat çizelgesi ve rotası için optimum filonun belirlenmesi çalışmaları (Chang, 1990; Chang ve Schonfeld, 1991a) dışında esnek rotalar ve saatlerin olduğu çalışmalar da (Becker ve Teal, 2011; Fu ve Ishkhanov, 2004; Diana vd., 2009; Horn, 2002; Jung ve Jayakrishnan, 2011; Kim ve Haghani, 2011; Luo ve Schonfeld, 2011a, 2011b; Quadrioglio vd., 2008; Quadrioglio ve Hall, 2006; Quadrioglio ve Li, 2009) araştırmacıların ilgisini çekmiş ve üzerinde çalışılmıştır. Bununla birlikte ilk yıllarda yapılan çalışmalarda genel olarak az kısıt ve çok varsayımla problemlere çözüm aranırken sonraki yıllarda meta sezgisel metotlardan

yararlanılan çalışmalarda varsayımlar azaltılarak çok daha geniş çözüm uzayı içerisinde uygun çözümler aranmaya başlanmıştır. Araç tiplerinin aynı olmadığı, araç ve taşıma kısıtlarının azaltıldığı bu problemlerde özellikle genetik algoritma, karınca koloni optimizasyonu, tabu arama, sürü zekası gibi çok sayıda sezgisel ve meta sezgisel metotlardan yararlanılan çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Chen vd., 2012; Ciaffi vd., 2012; Euchı ve Mraihi, 2012; Kim ve Schonfeld, 2012; Kuan vd., 2006; Schittekat vd., 2013).

Toplu taşıma sistemlerinde önerilen otobüs ve rota çizelgeleme modellerinin farklı uygulama alanlarında optimizasyon çalışmaları vardır. Chen vd. (2015) çalışmalarında, okul otobüsü çizelgeleme problemini ele almışlardır. Bao vd. (2018) çalışmalarında, otobüs servisinin optimizasyonu ile ilgili Çin'in Nanjing Lukou Uluslararası Havaalanında bir uygulama yapmışlardır. Sağlık sektörü için de servis optimizasyon çalışmaları yapılmıştır. Beaudry vd. (2010) çalışmalarında, Almanya'daki bir hastanede, hastaların dinamik ulaşımı problemini ele almışlardır. Bir başka çalışmada ise acil durumlarda hasta nakil talepleri için bir ambulans filosunun yönetimi ile ilgili çalışma yapılmıştır (Kergosien, Gendreau, Ruiz ve Soriano, 2014). Özellikle günümüzde çalışanların ulaşımı için servis otobüsleri gittikçe artmaktadır. Wanigasooriya ve Fernando (2013) çalışmalarında, çalışan taşımacılığında çoklu araç yolcu tahsisi ve güzergah optimizasyonu problemini ele almışlardır.

Literatürde, servis otobüsü ve rota çizelgeleme ile ilgili yapılmış çalışmalarda farklı amaçlarla problemlerin ele alındığı görülmüştür. Minocha ve Tripathi (2014) çalışmalarında, Hindistan'daki bir okulda kullanılacak otobüslerin sayısını ve otobüslerin katedeceği mesafeyi minimize etmeye çalışmışlardır. Bu problemdeki amaç toplam maliyetin minimize edilmesidir. Molenbruch vd. (2017) çalışmalarında, Belçika'da hasta naklinin gerçek hayattaki bir uygulamasını ele almışlar ve toplam seyahat süresini minimize etmeye çalışmışlardır. Bir başka çalışmada ise zaman bolluğu ile verilen servis hizmetinin zaman tutarlılığını sağlamak için zamandaki sapmalar minimize edilmeye çalışılmıştır (Feillet vd., 2014). Osman ve Al-Sanousi, (2015) çalışmalarında ise sadece araç sabit maliyetlerini dikkate alarak amaç fonksiyonlarını belirlemişlerdir. Bazı çalışmalar bir hedefi kullanma eğilimindeyken, bazıları bir amaçtan fazlasını içermektedir. Bir çalışmada (Caceres vd., 2017) maliyet ve zaman perspektiflerinden çoklu amaç fonksiyonları kullanılmıştır. Çalışmadaki amaç fonksiyonu, otobüs sayısının, seyahat sürelerinin ve seyahat mesafelerinin minimize edilmesidir. Melachrinoudis vd. (2007) çalışmalarında, hasta/hastane alanında toplam seyahat maliyetinin, varış süresindeki gecikme ve müşterilerin toplam rahatsızlık süreleri olarak kullanılan seyahat süresinin minimize edilmesi gibi çok amaçlı fonksiyonlar kullanılmıştır. de Souza Lima vd. (2017) çalışmalarında ise Melachrinoudis vd., (2007) ile hemen hemen aynı amaç fonksiyonlarını paylaşmış, aynı zamanda diğer yayınlarda rastlanmayan, sürücüler arasındaki rota iş yükünü dengelemeyi amaçlamıştır.

Servis otobüsü çizelgeleme problemini ele alan yazarlar problem boyutunun büyüklüğüne göre çözüm yöntemlerine başvurmuşlardır. Yalçındağ (2020) çalışmasında, uluslararası bir şirketin çalışanlarının ulaşım araçlarının yönetim süreci, matematiksel modelleme tekniği ile ele almış ve optimal çözüm için ticari bir çözücü kullanmıştır. Bir başka çalışmada ticari çözücü, hastaların acil olmayan nakli ile ilgili olarak gerçek dünyadaki bir sağlık hizmeti uygulamasından kaynaklanan çok depolu bir rota planlama problem için kullanılmıştır (Detti vd., 2017). Problem boyutu büyüdükçe çözüm süresi uzayacağından, bazı çalışmalarda sezgisel ve metasezgisel yaklaşımlardan yararlanılmıştır. Wanigasooriya ve Fernando (2013) çalışmalarında, çalışan taşımacılığı için çok amaçlı yolcu tahsisi ve rota optimizasyonu problem genetik algoritma kullanılarak ele alınmıştır. Spada vd. (2005) çalışmalarında ise ulaşım talebinin bilindiği ve otobüs seferlerinin önceden planlanabildiği okul otobüsü rotalama ve çizelgeleme problemini ele almışlardır. Problemin çözümü için benzetim tavlama metasezgisel algoritması önerilmiş ve otobüs sisteminin hizmet düzeyi ve ders başlamadan önce çocukların otobüs içinde ve okulda zaman kayıplarını en aza indirmeyi amaçlamışlardır. Bir başka çalışmada da, hastaların bakım üniteleri arasında ulaşım sorununu çözmek için bir tabu arama algoritması kullanılmıştır (Kergosien vd., 2008). Çalışmadaki amaç fonksiyonu toplam maliyetin minimize edilmesidir. Literatürde problemin çözümü için daha çok melez yöntemlerin geliştirildiği görülmüştür. Ünsal ve Yiğit (2018), yapay zeka ve kümeleme tekniklerini birlikte kullanarak okul otobüsü rotalama probleminin optimizasyonu için bir yöntem geliştirmişlerdir. Genetik algoritma kullanılarak her servis aracı için en uygun rotanın belirlenmesi amaçlanmıştır. Aynı problem için, Minocha ve Tripathi (2014) çalışmalarında, genetik algoritma ve yerel arama'yı birleştirerek melez bir metasezgisel kullanmışlardır. Schittekat vd. (2013)

çalışmalarında ise bu problem için bir karışık tamsayılı programlama modeli geliştirmişlerdir. Ardından, problemin büyük örneklerini çözmek için değişken komşuluk azaltma (VND) yöntemini ve ağırlıklı bir algoritmayı kullanmışlardır. Bir başka çalışmada da karınca kolonisi optimizasyonu (ACO) ve değişken komşuluk araması (VNS) uygulanarak melez bir yöntem geliştirilmiştir (Euchi ve Mraihi, 2012).

Son yıllarda okul servis filosunun optimizasyonu alanlarında yapılan çalışmaların bazıları Tablo 1’de verilmiştir. Her problem kendi özel amaç ve kısıtlara sahip olduğundan, problemi optimum değere yaklaşır farklı metodolojilerin uygulandığı görülmüştür.

**Tablo 1.** Okul servis otobüsü çizelgeleme çalışmaları

Yazar	Yıl	Problem	Yöntem
Bögl vd.	2015	Okul otobüsü rotalama ve çizelgeleme probleminin optimizasyonu	Sezgisel çözüm
Chen vd.	2015	Otobüs sayısı ve toplam seyahat mesafesinin optimizasyonu	Tavlama benzetimi ile yerel arama
Sarubbi vd.	2016	Otobüs durak sayısının optimizasyonu	Sezgisel çözüm
Ünsal ve Yiğit	2018	Okul servisi rotalama probleminin optimizasyonu	K-ortalamlar, genetik algoritma
Sánchez-Ansola vd.	2020	Okul servisi rotalama probleminin optimizasyonu	Bulanık optimizasyon
Shang vd.	2021	öğrenci otobüsü ataması ve otobüs rotalamasının optimizasyonunu	Artırılmış Lagrange gevşeme tekniği, döngüsel blok koordinat iniş yöntemi
Köksal Ahmed vd.	2022	okul otobüsü mesafe ve ulaşım zamanı optimizasyonu	Pekiştirmeli öğrenme, genetik algoritma

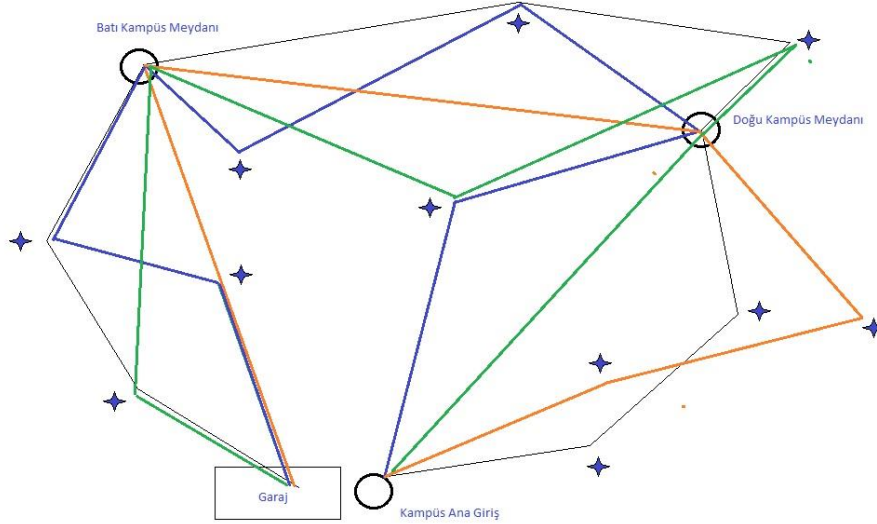
Bu makale çalışmasında, Türkiye’deki bir üniversitenin servis filosunun çizelgelemesi problemi ele alınmıştır. Ele alınan problem için bir tamsayılı matematiksel model geliştirilmiştir. Bir gerçek hayat probleminin çözümünü içeren bu çalışmanın, okul servis optimizasyonu alanında literatüre katkı sağlayacaktır.

### 3. Kampüs servis filosunun tamsayılı bir model ile optimizasyonu

Bu çalışmada, İstanbul’daki bir üniversite kampüsünde otobüs filosunun seçilmesi ve çizelgelemesi problemi ele alınmıştır. Ele alınan problem için deterministik bir optimizasyon modeli önerilmiştir. Çalışmanın amacı, üniversite kampüsünde saat 06.00-10.30 arasındaki yoğun ring seferlerinde (pik saatlerde) olan talebin karşılanmasıdır. Talebi karşılayacak kadar farklı kapasitelere sahip dört tipteki otobüs-minibüsten seçilerek optimum maliyet elde edilmiştir.

#### 3.1. Problemin tanımı

Bir üniversite kampüsünde tanımlanmış saatlerde, mavi, turuncu, siyah ve yeşil olmak üzere tanımlanmış dört farklı güzergah için ring seferleri yapılmaktadır. Her bir seferin sefer çizelgesinde tanımlı bir saati ve rotası bulunmakla birlikte tüm rotalar kampüs girişinde başlamakta ve girişin hemen yanındaki garajda son bulmaktadır. Üniversite bu hizmet için dört farklı tipteki otobüs-minibüsten oluşan filoya sahip bir firmayla yıllık anlaşma yapmıştır. Buna göre firma günlük tanımlı sefer saatlerini (çizelge sabittir) gerçekleştirecek bir filo (şoförlü) hizmeti verecektir. Üniversite kampüs içi güzergahları Şekil 1’deki gibidir.



**Şekil 1.** Üniversite kampüs içi güzergahlar

Üniversite her ay sonu bir sonraki ay için ihtiyaç duyduğu filoyu firmaya bildirecek ve bu filo ile ring seferleri gerçekleştirilecektir. Bir günde aynı otobüs en fazla 6 saat çalıştırılabilmektedir (anlaşma şartı olarak). Dört farklı tipteki otobüsün aylık kiralama maliyetleri ve kapasiteleri değişiklik göstermektedir. Seferlerde farklı saatler için farklı kapasite kısıtları bulunmaktadır. Talepler değerleri için altı aylık geçmiş verilerden yararlanılmıştır. Bu talepler, incelenen verilerin beklenen değeri hesaplanarak bulunmuştur. Üniversite taşıma taleplerini karşılarken bu işi en ekonomik bir filo ile gerçekleştirmek istemektedir. Bu çalışmada, minimum maliyetli filoyu tespit edebilecek çözüm aranmaktadır.

Ele alınan problemde, sefer saatlerine olan yolcu talepleri Tablo 2’de, hizmet sunacak firmanın sahip olduğu minibüs, midibüs ve otobüslere ait bilgiler Tablo 3’teki gibidir. Tablo 2’de de görüleceği üzere ring seferi hizmeti sunan şirketin dört farklı tipte toplam 20 aracı bulunmaktadır. Bu araçlardan minibüslerde ayakta yolcu alınmazken diğer araç tiplerinde ayakta yolcu alınabilmektedir. Kampüs ana girişinde farklı saatler için farklı yolcu talepleri geçmiş verilerden yararlanılarak oluşturulmuştur. Üniversite taşıma taleplerini karşılarken bu işi en ekonomik bir filo ile gerçekleştirmek istemektedir. Bu çalışmada, minimum maliyetli filoyu tespit edebilecek çözüm aranmaktadır.

**Tablo 2.** Sefer saatleri ve hat tiplerine göre yolcu talepleri

Sefer saatleri	Siyah hat (sefer süresi 30 dk) yolcu sayısı	Mavi hat (sefer süresi 15 dk) yolcu sayısı	Turuncu hat (sefer süresi 15 dk) yolcu sayısı	Yeşil hat (sefer süresi 20 dk) yolcu sayısı
06:00	7	2	2	3
06:15	14			11
06:30	27	10	6	25
06:45	40			38
07:00	50	21	16	41
07:15	51	24	18	43
07:30	52	26	20	41
07:45	55	32	24	41
08:00	57	33	28	43

**Tablo 2 (devamı).** Sefer saatleri ve hat tiplerine göre yolcu talepleri

08:15	60	35	30	47
08:30	59	43	33	40
08:45	60	38	30	41
09:00	150	40	24	45
09:15	52	30	19	41
09:30	54	24	13	34
09:45	50	22		25
10:00	45	20	25	18
10:15	43			15
10:30	46	22	20	14

**Tablo 3.** Araç bilgileri

Araç tipi	Maksimum yolcu sayısı	Ayakta yolcu durumu	Aylık bir araç kiralama ücreti	Kiralanabilecek maksimum araç
Minibüs	20	Ayakta yolcu yok	10 bin TL	7
Midibüs	30	Ayakta yolcu var	15 bin TL	6
Midibüs	41	Ayakta yolcu var	18 bin TL	4
Otobüs	60	Ayakta yolcu var	25 bin TL	3

### 3.2. Varsayımlar

- 1) Seferde olan otobüs sefer süresi sonunda kampüs girişinde yer alan otoparkta beklemeye geçmekte, sonrasında herhangi bir rotada herhangi bir saate atanabilmektedir.
- 2) Aynı hat ve sefer saatine talebi karşılamak için birden fazla araç atanabilir.
- 3) Servis otobüsü için olan talep deterministiktir.
- 4) Seferde olan bir otobüsün seferi tam olarak tanımlanan sürede tamamlayacağı öngörülmektedir.
- 5) Bir günde aynı otobüs en fazla altı saat çalıştırılabilmektedir.

### 3.3. Deterministik tamsayılı programlama modeli

Özel ulaşım sistemlerinde filo çizelgeleme ve otobüs seçimi için deterministik bir optimizasyon modeli sunulmuştur. Önerilen model, tamsayılı programlamaya dayanmaktadır. Model en yoğun (pik) saatlerdeki yolcu talebini karşılayacak en ekonomik servis filosunun belirlenebilmesi için otobüslerin en doğru şekilde çizelgelenmesini amaçlamaktadır. En yoğun saatlerdeki talebin karşılanması durumunda, diğer saatlerdeki (yoğun olmayan saatler) talepler zaten karşılanabilecektir. Bu nedenle çalışmada sadece vurgulu saatler dikkate alınarak problemin büyüklüğü-karmaşası da azaltılmıştır. Problemin notasyonları Tablo 4’te verilmiştir.



**Tablo 4.** Matematiksel model notasyonları

Sembol	Tanım
$I$	Otobüs kümesi
$J$	Hat kümesi
$T$	Sefer saati kümesi
$i$	Otobüs indisi, $i=1,2,\dots,I$
$j$	Hat indisi, $j=1,2,\dots,J$
$t, h$	Sefer saati indisi, $t,h=1,2,\dots,T$
$K_i$	$i$ . otobüsün kapasitesi
$D_{tj}$	$t$ . sefer saatinde $j$ . hat için olan talep
$P_j$	$j$ . hattın sefer süresi
$F_{tj}, F_{hj}$	$j$ . hat için $t$ . ve $h$ . seferlerin hareket saatleri
$A_i$	$i$ . otobüsü kiralama maliyeti
$Q_{thj}$	1 $F_{tj} \leq F_{hj} \leq F_{tj} + P_j$ , $j$ . hat için sefer $t$ ve sefer $h$ arasında çakışma varsa, 0 aksi takdirde
$V$	Bir otobüsün günlük maksimum çalıştırılma saati

Tablo 5'te matematiksel modelin karar değişkenleri ve Denklem (1)-(7)'de modelin amaç fonksiyonu ile kısıtları verilmiştir.

**Tablo 5.** Matematiksel modelin karar değişkenleri

$Y_i =$	$\begin{cases} 1 & \text{eğer } i \text{ otobüsü kiralanırsa} \\ 0 & \text{aksi takdirde} \end{cases}$
$x_{ijt} =$	$\begin{cases} 1 & \text{eğer } i \text{ otobüsü } j. \text{ hattın } t. \text{ seferine atanırsa} \\ 0 & \text{aksi takdirde} \end{cases}$

$$\text{Min } \sum_{i=1}^I A_i Y_i \quad (1)$$

öyle ki;

$$\sum_{i=1}^I x_{ijt} K_i \geq D_{jt} \quad \forall j \in J \text{ ve } t \in T \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T x_{ijt} P_j \leq V \quad \forall i \in I \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T x_{ijt} Q_{jth} \leq 1 \quad \forall i \in I \text{ ve } h \in T \quad (4)$$

$$x_{ijt} \leq Y_i \quad \forall i \in I, j \in J \text{ ve } t \in T \quad (5)$$

$$Y_i = \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad (6)$$

$$x_{ijt} = \{0,1\} \quad \forall i \in I, j \in J \text{ ve } t \in T \quad (7)$$

Denklem 1’de matematiksel modelin amaç fonksiyonu verilmiştir. Ele alınan problemin amacı toplam otobüs kiralama maliyetinin minimize edilmesidir. Her hat ve sefer saatlerine olan talebin karşılanması, Denklem 2 ile ifade edilmiştir. Denklem 3 ile bir otobüsün maksimum çalıştırılacak saat kısıtı sağlanmıştır. Denklem 4, aynı otobüse atanan tüm seferlerin hiçbir çizelgeleme çakışması olmamasını sağlar. Denklem 5, otobüsüne sefer atandığında o otobüsün kiralanmasını garanti eder. Denklem 6 ve 7 karar değişkenlerinin ikili değişkenler olmasını sağlayan kısıtlardır.

#### 4. Bulgular

Otobüs ring seferleri çizelgelemesi problemi için oluşturulan matematiksel model, GAMS’te karşık tamsayı programlama çözücüyle çözülmüştür. Problemin modelini çözmek için kullanılan sistem, 64-bit Windows 10 Professional ve Intel(R) Core(TM)i7-8750H CPU 4.00 GHz işlemci, 16GB RAM ve 1TB sabit sürücüye sahip bir Dell PC'dir.

Optimum çözümde elde edilen araç atamaları ve ring seferleri çizelgeleme sonuçları Tablo 6 ve 7’de gösterilmiştir. Sonuçlara göre; üniversite yönetiminin ring seferlerine olan talebi karşılayabilmesi, servis sağlayıcının sahip olduğu yedi minibüsten ikisini, altı küçük midibüsten dördünü, dört büyük midibüsten hepsini ve üç otobüsten yine hepsini kiralaması gerekmektedir. Özet olarak üniversite yönetiminin en ekonomik şekilde yolcu taleplerini karşılamak için toplamda 13 araç kiralaması ve 227 bin TL maliyete katlanması gerekmektedir. Önerilen model çalıştırıldıktan sonra seçilen araç numaraları Tablo 6’da verilmiştir. Problemin çözüm süresi (elapsed time) 11,40 saniyedir.

**Tablo 6.** Araç atamaları

Atanan araçlar	Kapasite (Kişi sayısı)	Kiralama maliyeti
Araç 5	20	10 bin TL
Araç 7	20	10 bin TL
Araç 8	30	15 bin TL
Araç 9	30	15 bin TL
Araç 11	30	15 bin TL
Araç 12	30	15 bin TL
Araç 14	41	18 bin TL
Araç 15	41	18 bin TL
Araç 16	41	18 bin TL
Araç 17	41	18 bin TL
Araç 18	60	25 bin TL
Araç 19	60	25 bin TL
Araç 20	60	25 bin TL

Matematiksel model çözümünde servis sağlayıcının sahip olduğu 20 araçlık filodan, 13 araç seçildiğinde yolcu taleplerinin optimum şekilde karşılanacağı görülmektedir. Araç atama - çizelgeleme sonuçları ise Tablo 7’deki gibi oluşmuştur.

**Tablo 7.** Araç çizelgeleme sonuçları

Sefer saatleri	Siyah hat (sefer süresi 30 dk) yolcu sayısı	Mavi hat (sefer süresi 15 dk) yolcu sayısı	Turuncu hat (sefer süresi 15 dk) yolcu sayısı	Yeşil hat (sefer süresi 20 dk) yolcu sayısı
06:00	Araç 14	Araç 5, Araç 9, Araç 12, Araç 15	Araç 8, Araç 19, Araç 20	Araç 7, Araç 11, Araç 17
06:15	Araç 18			Araç 16
06:30	Araç 8	Araç 15	Araç 5	Araç 19
06:45	Araç 14			Araç 17
07:00	Araç 18	Araç 12	Araç 7	Araç 15
07:15	Araç 5, Araç 17	Araç 16	Araç 8	Araç 20
07:30	Araç 19	Araç 11	Araç 12	Araç 14
07:45	Araç 18	Araç 15	Araç 9	Araç 16
08:00	Araç 5, Araç 17	Araç 7, Araç 8	Araç 11	Araç 20
08:15	Araç 9, Araç 14	Araç 15	Araç 12	Araç 19
08:30	Araç 20	Araç 8, Araç 11	Araç 18	Araç 16
08:45	Araç 19	Araç 17	Araç 12	Araç 15
09:00	Araç 7, Araç 8, Araç 16, Araç 18	Araç 14	Araç 11	Araç 5, Araç 9
09:15	Araç 20	Araç 17	Araç 12	Araç 15
09:30	Araç 19	Araç 11	Araç 5	Araç 14
09:45	Araç 18	Araç 9		Araç 15
10:00	Araç 16, Araç 17	Araç 14	Araç 5, Araç 8	Araç 12
10:15	Araç 20			Araç 7
10:30	Araç 8, Araç 12, Araç 14, Araç 18, Araç 19	Araç 15	Araç 5	Araç 9, Araç 11

Tablo 8’de ise mevcut durumdaki üniversite araç kiralama politikası ile optimum sonuçlar karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgulara göre;, üniversite, önerilen optimum stratejiyi uygulamasıyla kampüs içi ring seferleri gerçekleştirecek servis filosunun kiralama maliyeti 80 bin TL daha az olacaktır.

	Araç Kiralama Maliyeti	Kiralanacak Araç Sayısı
Mevcut durumdaki üniversite araç kiralama politikası	307 bin TL	20
Tamsayıli programlama modelinin optimum sonuçları	<b>227 bin TL</b>	<b>13</b>

## 5. Sonuç ve öneriler

Bu çalışmada, İstanbul'daki bir üniversitenin kampüsündeki otobüs ring seferleri çizelgelemesi problemi ele alınmıştır. Problem, deterministik tamsayı programlama ile formüle edilmiştir. Önerilen modelin formülasyonu bir ticari çözücüde ifade edilmiştir. Ticari çözücü ile elde edilen sonuçlara göre; üniversite yönetiminin ring seferlerine olan talebi karşılayabilmesi için toplamda 13 araç kiralama gerekmektedir. Bu şekilde uygulanacak çözüm ile üniversite otobüs kiralama maliyetlerinde önemli bir tasarruf sağlanabilecektir.

Problemde dikkate alınan değişkenlere ilave değişkenler eklendiğinde, yeni kısıtlar oluşturulduğunda ya da varsayımların azaltıldığı durumlarda problemin çözüm zorluğu artacak, NP-hard olacak ve sezgisel-meta sezgisellerden yararlanılması gerekecektir. Halihazırda mevcut problem için matematiksel model ile uygulanabilir bir çözüm elde edilebilmiştir. Geleceğe yönelik çalışmalarda daha büyük boyutlu problemler ele alınıp, probleme uygun metasezgisel yöntemlerin geliştirilmesi söz konusu olabilir. Problemin amacına yönelik olarak, gelecek çalışmalarda, otobüs kiralama maliyetleri dışında ulaştırma maliyetleri de amaç fonksiyonuna dahil edilebilir. Optimizasyon çalışmalarında elde edilen sonuçlar ilgili problem için en iyi çözümlerdir. Bununla birlikte problemle direkt ya da dolaylı ilişkili diğer problemler ya da sistemler, tekil ele alınan problemdeki optimum çözümü uygulanamaz kılabilir. Varsayımların azaltılması, stokastik durumların ele alınması veya farklı amaçların eklenmesi, farklı stratejilerin uygulanmasına neden olacaktır. Bu nedenle gelecek çalışmalarda, kampüs otobüs ring seferleri çizelgelemesi, kampüs içindeki diğer ulaştırma problemleri ile birlikte değerlendirilerek daha kapsamlı bir problem üzerinde de uygulama gerçekleştirilebilir. Bu şekilde farklı optimizasyon problemlerinin dikkate alındığı daha kapsamlı çalışmalar hayata geçirilebilir.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarların çalışmadaki katkı oranları eşittir.

### Destek ve Teşekkür Beyanı

Çalışma herhangi bir destek almamıştır. Teşekkür edilecek bir kurum veya kişi bulunmamaktadır.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Çalışma kapsamında herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### Kaynakça

- Bao, D., Gu, J., Di, Z., ve Zhang, T.** (2018). Optimization of airport shuttle bus routes based on travel time reliability. *Mathematical Problems in Engineering*. <https://doi.org/10.1155/2018/2369350>
- Beaudry, A., Laporte, G., Melo, T., ve Nickel, S.** (2010). Dynamic transportation of patients in hospitals. *OR spectrum*, 32(1), 77-107. <https://doi.org/10.1007/s00291-008-0135-6>
- Becker, A. J., ve Teal, R. F.** (2011). Next-Generation General Public Demand Responsive Transportation. *Transportation Research Board 90th Annual Meeting Transportation Research Board*, January, (11-4065).
- Bögl, M., Doerner, K. F., & Parragh, S. N.** (2015). The school bus routing and scheduling problem with transfers. *Networks*, 65(2), 180-203. <https://doi.org/10.1002/net.21589>
- Caceres, H., Batta, R., ve He, Q.** (2017). School bus routing with stochastic demand and duration constraints. *Transportation science*, 51(4), 1349-1364. <https://doi.org/10.1287/trsc.2016.0721>
- Chang, S. K.** (1990). Analytic optimization of bus systems in heterogeneous environments. University of Maryland, College Park.

**Chang, S. K., ve Schonfeld, P. M.** (1991a). Optimization models for comparing conventional and subscription bus feeder services. *Transportation Science*, 25(4), 281-298. <https://doi.org/10.1287/trsc.25.4.281>

**Chang, S. K., ve Schonfeld, P. M.** (1991b). Integration of fixed-and flexible-route bus systems. *Transportation Research Record*, (1308). <https://trid.trb.org/view/364491>

**Chang, S. K., ve Schonfeld, P. M.** (1991c). Multiple period optimization of bus transit systems. *Transportation Research Part B: Methodological*, 25(6), 453-478. [https://doi.org/10.1016/0191-2615\(91\)90038-K](https://doi.org/10.1016/0191-2615(91)90038-K)

**Chen, X., Kong, Y., Dang, L., Hou, Y., ve Ye, X.** (2015). Exact and metaheuristic approaches for a bi-objective school bus scheduling problem. *PloS one*, 10(7), e0132600. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132600>

**Chen, W., Yang, C., Feng, F., ve Chen, Z.** (2012). An improved model for headway-based bus service unreliability prevention with vehicle load capacity constraint at bus stops. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/313518>

**Ciaffi, F., Cipriani, E., ve Petrelli, M.** (2012). Feeder bus network design problem: A new metaheuristic procedure and real size applications. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 54, 798-807. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.796>

**Dantzig, G., Fulkerson, R., ve Johnson, S.** (1954). Solution of a large-scale traveling-salesman problem. *Journal of the operations research society of America*, 2(4), 393-410. <https://doi.org/10.1287/opre.2.4.393>

**de Souza Lima, F. M., Pereira, D. S., da Conceição, S. V., ve de Camargo, R. S.** (2017). A multi-objective capacitated rural school bus routing problem with heterogeneous fleet and mixed loads. *4OR*, 15(4), 359-386. <https://doi.org/10.1007/s10288-017-0340-8>

**Deti, P., Papalini, F., ve de Lara, G. Z. M.** (2017). A multi-depot dial-a-ride problem with heterogeneous vehicles and compatibility constraints in healthcare. *Omega*, 70, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2016.08.008>

**Diana, M., Quadrifoglio, L., ve Pronello, C.** (2009). A methodology for comparing distances traveled by performance-equivalent fixed-route and demand responsive transit services. *Transportation planning and technology*, 32(4), 377-399. <https://doi.org/10.1080/03081060903119618>

**Euchi, J., ve Mraih, R.** (2012). The urban bus routing problem in the Tunisian case by the hybrid artificial ant colony algorithm. *Swarm and Evolutionary Computation*, 2, 15-24. <https://doi.org/10.1016/j.swevo.2011.10.002>

**Feillet, D., Garaix, T., Lehuédé, F., Péton, O., ve Quadri, D.** (2014). A new consistent vehicle routing problem for the transportation of people with disabilities. *Networks*, 63(3), 211-224. <https://doi.org/10.1002/net.21538>

**Fu, L., ve Ishkhanov, G.** (2004). Fleet size and mix optimization for paratransit services. *Transportation Research Record*, 1884(1), 39-46. <https://doi.org/10.3141/1884-05>

**Horn, M. E.** (2002). Multi-modal and demand-responsive passenger transport systems: a modelling framework with embedded control systems. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 36(2), 167-188. [https://doi.org/10.1016/S0965-8564\(00\)00043-4](https://doi.org/10.1016/S0965-8564(00)00043-4)

**Jung, J., ve Jayakrishnan, R.** (2011). High-coverage point-to-point transit: study of path-based vehicle routing through multiple hubs. *Transportation Research Record*, 2218(1), 78-87. <https://doi.org/10.3141/2218-09>

**Ker, K. U. R. T., Kuo, H. F., ve Schondeld, M.** (1995). Optimal mixed bus fleet for urban operations. *Transportation research record*, 1503, 39-48. <https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1995/1503/1503-006.pdf>

**Kergosien, Y., Gendreau, M., Ruiz, A., ve Soriano, P.** (2014). Managing a fleet of ambulances to respond to emergency and transfer patient transportation demands. In *Proceedings of the international conference on health care systems engineering* (pp. 303-315). Springer, Cham.

**Kergosien, Y., Lenté, C., ve Billaut, J. C.** (2008A) tabu search algorithm for solving a transportation problem of patients between care units. In International Workshop on Scheduling in Healthcare systems (SCHEALS'08), *Proceedings of the 1st International Conference on Applied Operational Research (ICAOR 2008)*, September, Lecture Notes in Management Science (Vol. 1, pp. 18-31).

**Kim, T., ve Haghani, A.** (2011). Model and algorithm considering time-varying travel times to solve static multidepot dial-a-ride problem. *Transportation research record*, 2218(1), 68-77. <https://doi.org/10.3141/2218-08>

**Kim, M., ve Schonfeld, P.** (2012). Conventional, flexible, and variable-type bus services. *Journal of Transportation Engineering*, 138(3), 263. : 10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000326

**Köksal Ahmed, E., Li, Z., Veeravalli, B., & Ren, S.** (2022). Reinforcement learning-enabled genetic algorithm for school bus scheduling. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 26(3), 269-283. <https://doi.org/10.1080/15472450.2020.1852082>

**Kuan, S. N., Ong, H. L., ve Ng, K. M.** (2006). Solving the feeder bus network design problem by genetic algorithms and ant colony optimization. *Advances in Engineering Software*, 37(6), 351-359. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2005.10.003>

**Luo, Y., ve Schonfeld, P.** (2011a). Online rejected-reinsertion heuristics for dynamic multivehicle dial-a-ride problem. *Transportation research record*, 2218(1), 59-67. <https://doi.org/10.3141/2218-07>

**Luo, Y., ve Schonfeld, P.** (2011b) Performance metamodels for dial-a-ride services with time constraints. *Transportation Research Board 90th Annual Meeting, online, compendium*. MathWorks, 2011. MATLAB R2011b Documentation. <http://www.mathworks.com>.

**Melachrinoudis, E., Ilhan, A. B., ve Min, H.** (2007). A dial-a-ride problem for client transportation in a health-care organization. *Computers ve Operations Research*, 34(3), 742-759. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2005.03.024>

**Minocha, B., ve Tripathi, S.** (2014). Solving school bus routing problem using hybrid genetic algorithm: a case study. In *Proceedings of the Second International Conference on Soft Computing for Problem Solving (SocProS 2012)*, December 28-30, 2012 (pp. 93-103). Springer, New Delhi.

**Molenbruch, Y., Braekers, K., Caris, A., ve Berghe, G. V.** (2017). Multi-directional local search for a bi-objective dial-a-ride problem in patient transportation. *Computers ve Operations Research*, 77, 58-71. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2016.07.020>

**Osman, M. F. S., ve Al-Sanousi, M. M.** (2015). A deterministic IP model for optimizing bus scheduling in a private transportation system. In *2015 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, December, (pp. 244-248). IEEE.

**Peker, G., ve ELİİYİ, D. T.** (2022). Shuttle bus service routing: A systematic literature review. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 28(1), 160-172. <https://dergipark.org.tr/en/pub/pajes/issue/68582/1079523>

**Quadrifoglio, L., Dessouky, M. M., ve Ordóñez, F.** (2008). Mobility allowance shuttle transit (MAST) services: MIP formulation and strengthening with logic constraints. *European Journal of Operational Research*, 185(2), 481-494. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.12.030>

**Quadrifoglio, L., Hall, R. W., ve Dessouky, M. M.** (2006). Performance and design of mobility allowance shuttle transit services: bounds on the maximum longitudinal velocity. *Transportation science*, 40(3), 351-363. <https://doi.org/10.1287/trsc.1050.0137>

**Quadrifoglio, L., ve Li, X.** (2009). A methodology to derive the critical demand density for designing and operating feeder transit services. *Transportation Research Part B: Methodological*, 43(10), 922-935. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2009.04.003>

**Sarubbi, J. F., Mesquita, C. M., Wanner, E. F., Santos, V. F., & Silva, C. M.** (2016, April). A strategy for clustering students minimizing the number of bus stops for solving the school bus routing problem. In *NOMS 2016-2016 IEEE/IFIP network operations and management symposium* (pp. 1175-1180). IEEE. doi: 10.1109/NOMS.2016.7502983.

**Schittekat, P., Kinable, J., Sörensen, K., Sevaux, M., Spieksma, F., ve Springael, J.** (2013). A metaheuristic for the school bus routing problem with bus stop selection. *European Journal of Operational Research*, 229(2), 518-528. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.02.025>

**Shang, P., Yang, L., Zeng, Z., & Tong, L. C.** (2021). Solving school bus routing problem with mixed-load allowance for multiple schools. *Computers & Industrial Engineering*, 151, 106916. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106916>

**Spada, M., Bierlaire, M., ve Liebling, T. M.** (2005). Decision-aiding methodology for the school bus routing and scheduling problem. *Transportation Science*, 39(4), 477-490. <https://doi.org/10.1287/trsc.1040.0096>

**Ünsal, Ö., ve Yiğit, T.** (2018). Yapay zeka ve kümeleme teknikleri kullanılarak geliştirilen yöntem ile okul servisi rotalama probleminin optimizasyonu. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6(1), 7-20. <https://doi.org/10.21923/jesd.340220>

**Wanigasooriya, J., ve Fernando, T. G. I.** (2013). Multi-vehicle passenger allocation and route optimization for employee transportation using genetic algorithms. *International Journal of Computer Applications*, 64(20), 1-9. 10.5120/10747-5712

**Yalçındağ, S.** (2020). Employee shuttle bus routing problem. *Mugla Journal of Science and Technology*, 6(1), 105-111. <https://doi.org/10.22531/muglajsci.691517>



## Araştırma Makalesi

**Yapay Zekâ Kullanımıyla Peron Ayırıcı Kapı Sisteminin Sağlığını İzleme ve Kestirimci Bakım**Şükrü Görgülü<sup>1,4,\*</sup>, İsa Koç<sup>1,2</sup>, Necim Kırımça<sup>1</sup>, Mehmet Karaköse<sup>3</sup>, Mehmet Tankut Özgen<sup>4</sup><sup>1</sup> Ar-Ge Birimi, Albayrak Makine Elektronik San. Tic. A.Ş., Eskişehir, Türkiye<sup>2</sup> Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye<sup>3</sup> Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Fırat Üniversitesi, Elâzığ, Türkiye<sup>4</sup> Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye\*Correspondence: [sgorgulu@ogr.eskisehir.edu.tr](mailto:sgorgulu@ogr.eskisehir.edu.tr)

DOI: 10.51513/jitsa.1311985

**Özet:** Peron Ayırıcı Kapı Sistemleri (PAKS), modern metro ve hızlı transit otobüs istasyonlarında yolcu ve araç/ray arasında bir bariyer olarak kullanılan kayar kapı sistemleridir. PAKS sistemi, sadece platform ve raylar arasında bir bariyer olmakla kalmaz, aynı zamanda araçlara emniyetli iniş ve biniş imkânı da sağlar. Bu nedenle, PAKS sistemi kullanımı metro istasyonlarında hızla yaygınlaşmaktadır. Son yıllarda, PAKS sistemi ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar, istasyon çevresi koşullarından, enerji tüketimine, yolcu bekleme sürelerine, acil tahliye prosedürlerine, emniyet bütünlüğü seviyesi prosedürlerine ve PAKS sisteminin kontrol ve izleme yaklaşımlarına kadar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. PAKS sistemi, yolcu emniyeti için kritik bir önem taşımakta ve modern metro istasyonlarının vazgeçilmez bir özelliği haline gelmiştir. Bu nedenle, PAKS sistemi üzerine yapılan araştırmaların devam etmesi ve bu sistemlerin sürekli olarak geliştirilmesi gereklidir. Makine öğrenimi algoritmaları, hata teşhisinde önemli bir katkı sağlamakta ve bu algoritmalar sayesinde sistemin sürekli olarak geliştirilmesi hedeflenmektedir. Hata teşhisinde makine öğrenmesi yaklaşımları kullanılarak gerçekleştirilen çalışmaların sonuçları, sistemin gerçek zamanlı olarak izlenerek hataların tespit edilmesine ve giderilmesine yardımcı olmaktadır. Yapay zekâ tabanlı öngörülü bakım yaklaşımı, özellikle demiryolu sektöründe hem yolcu emniyetini hem de işletme performansını artırmak için önemlidir. Bu çalışma, makine öğrenmesi tabanlı sınıflandırma için Destek Vektör Makinesi (DVM), K-En Yakın Komşuluğu (KYK) ve Lojistik Regresyon (LR) modelleri kullanılarak tam boy PAKS sistemindeki mekanik arızaların teşhisini içermektedir. Modellerin eğitimi için PAKS sistemi tarafından sağlanan akım, gerilim, titreşim, ses, kapı pozisyonu ve kapı hızı gibi veriler kullanılmıştır. Bu verilerin istatistiksel öznitelikleri çıkarılmış ve bu öznitelikler makine öğrenimi algoritmalarında kullanılarak, eğitilmiş algoritmaların arıza tespitindeki performansları gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Akıllı Ulaşım Sistemleri, Peron Ayırıcı Kapı Sistemleri, Kestirimci Bakım, Yapay Zekâ, Makine Öğrenmesi, Durum İzleme

## Health Monitoring and Predictive Maintenance of Platform Screen Door Systems Using Artificial Intelligence

**Abstract:** The Platform Screen Door System (PSD) is a sliding door system used as a barrier between passengers and the vehicle/rail in modern metro and Rapid Bus Transit (RBT) stations. The PSD system not only serves as a barrier between the platform and tracks but also provides safe boarding and alighting opportunities for passengers, making it a critical component of modern metro stations. Consequently, PSD systems have rapidly gained popularity and are widely used. In recent years, numerous research studies have been conducted on PSD systems, covering a broad range of topics such as station environment conditions, energy consumption, passenger waiting times, emergency evacuation procedures, safety-integrity-level (SIL) procedures, and control and monitoring approaches for PSD systems. Continued research and development of PSD systems is necessary due to their critical importance for passenger safety and their indispensable role in modern metro stations. Machine learning algorithms have played a significant role in fault diagnosis, and these algorithms can be used to improve the reliability of PSD systems. The results of studies conducted using these fault diagnosis methods could help in real-time detection and rectification of errors by monitoring system performance. Artificial intelligence-based predictive maintenance approaches are important, particularly in the railway sector, for enhancing both passenger safety and operational performance. This study focuses on the application of artificial intelligence models, such as Support Vector Machine (SVM), K-Nearest Neighbors (KNN), and Logistic Regression (LR), for the diagnosis of mechanical failures in full-scale PSD systems. The information (such as current, voltage, vibration, sound, door position, and door speed) provided by the system are processed for training the models. The features of these data were extracted and used in machine learning algorithms to diagnose faults that could occur in the system.

**Keywords:** Intelligent Transportation Systems, Platform Screen Door, Predictive Maintenance, Artificial Intelligence, Machine Learning, Condition Monitoring

## 1. Giriş

Büyük şehirlerdeki kentleşme, hava kirliliği ve trafik sıkışıklığına sebep olurken, metrolar ve trenler bu durumun azaltılması için önemli bir rol oynamaktadır. Peron Ayırıcı Kapı Sistemleri (PAKS) ise modern metro ve hızlı transit otobüs istasyonlarında yolcu ve araç/ray arasında bariyer olarak kullanılan kayar kapı sistemleridir. PAKS sistemleri, yolcuları tren raylarına erişimden korurken, istasyon enerji tüketiminin optimizasyonu, hava kalitesi kontrolü, intiharı önleme ve emniyet gibi birçok işleve hizmet etmektedir. PAKS sistemleri, sadece platform ve raylar arasında bir bariyer olmayıp aynı zamanda araçlara emniyetli iniş/biniş imkânı sağlamaktadır. PAKS kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte, PAKS ile ilgili yapılan araştırmalar, matematiksel modelleme ve simülasyon çalışmaları da önemli hale gelmiştir. PAKS ile ilgili yapılan çalışmalar, istasyon çevresinin koşullarından, enerji tüketimine, yapay zekâ ile hata teşhisine, yolcu bekleme sürelerine, acil tahliye prosedürlerine ve emniyet bütünlüğü seviyesi (SIL: Safety Integrity Level) prosedürlerine ve PAKS kontrolü ve izleme yaklaşımlarına kadar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. PAKS ile ilintili makine öğrenmesi tabanlı çalışmalar da yelpazenin içerisinde önemli bir yer tutmaktadır (Koç vd., 2022; Li vd., 2018; Zhou vd., 2010; Abdurrahman vd., 2018; Qu vd., 2012; Lindfeldt, 2017; Su vd., 2022; Gabay, 2004; Aarnio vd., 2005; He vd., 2018; Koç vd., 2023).

Fiziksel sistemlerden elde edilen veriler makine öğrenimi (MÖ) algoritmaları ile sınıflandırılarak sistemdeki arızaların teşhisi yapılabilmektedir. Verilerin MÖ yapısına girilmeden önce çeşitli teknikler kullanılarak birtakım ön işlemlerden geçirilmesi teşhis performansını olumlu yönde etkilemektedir. Söz konusu tekniklerden biri veri özniteliklerinin çıkarılmasıdır. Ayrıca veri kalitesinin önemi konusunda da birçok çalışma yapıldığı bilinmektedir. Endüstriyel arıza teşhisi için yapay zekâ (YZ) modellerinin kullanımında zorluklarla karşılaşılsa da veri kalitesinin artırılması ve verilerin doğru şekilde işlenmesiyle birlikte YZ-tabanlı yaklaşımların kullanımı artmaktadır. Veri kalitesinin artırılması ve uygun örnekleme yöntemlerinin kullanımı, YZ modellerinin doğruluğunun artırılmasında önemlidir (Başaran vd., 2020; Ham vd., 2019; Jimenez vd., 2021; Sun vd., 2018).

Demiryolu sektöründe YZ-tabanlı hata teşhisine yönelik yaklaşımlar modele ve veriye dayalı yöntemler olmak üzere iki kategoride değerlendirilebilir. Model tabanlı yaklaşım cebirsel modellemeyle ifade edilirken, veriye dayalı yaklaşımlarda gerçek zamanlı arıza teşhisi amaçlanmaktadır. Çalışmalar, tren ve tramvay kapıları gibi belirli sistemlere ve asansör kapılarına yoğunlaşmıştır. Veri kalitesinin artırılması ve uygun işleme yöntemlerinin kullanımı, YZ modellerinin doğruluğunu arttırmak için önemlidir ve literatürde birçok çalışma bu konuya odaklanmaktadır (Li vd., 2017) (Shuai vd., 2014).

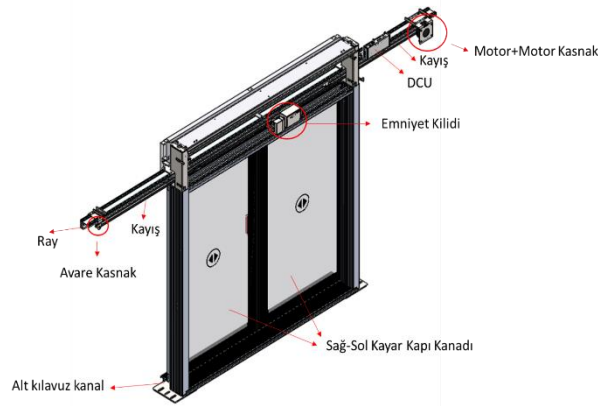
PAKS sistemleri, yolcu güvenliği için kritik önem taşımakta ve modern metro istasyonlarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Sistemin sürekli olarak geliştirilmesinde hata teşhisi çalışmaları önem arz etmektedir. Albayrak Makine Elektronik San. ve Tic. A. Ş. tarafından üretilen PAKS setleri, hata teşhisi çalışmalarına katkı sağlamaktadır ve bu bilgiler ışığında PAKS için hataların erken tespiti ve izolasyonu mümkün olmaktadır (Min vd., 2012; Koç vd., 2023). Bu çalışmada, metro istasyonlarında kullanılan tam boy PAKS sistemlerinde meydana gelebilecek mekanik arızaların teşhisinde makine öğrenmesi modellerinden yararlanılarak hata teşhisi yapıldı. Bu modellerin kullanımında PAKS sisteminden elde edilen, akım, gerilim, kapı hızı, kapı pozisyonu, ses ve titreşim verileri kullanılmıştır.

## 2. Peron Ayırıcı Kapı Sisteminin Yapısı

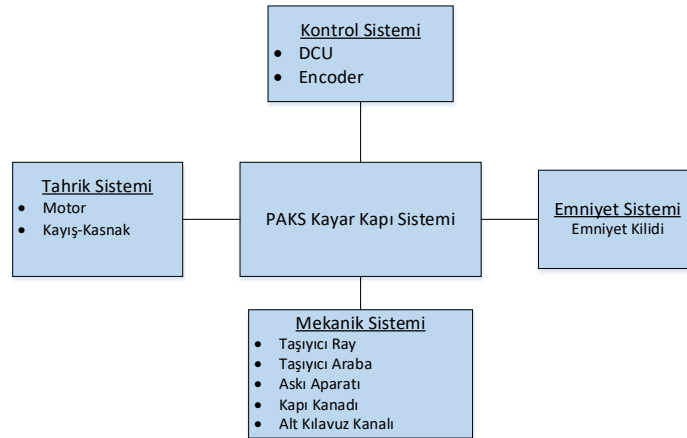
PAKS sistemi, önemli rolleri olan birçok alt bileşenden meydana gelir. Örnek bir PAKS görseli Şekil-1'de gösterilmiştir. Motor, elektronik kontrol ünitesi, kayış-kasnak ünitesi, taşıma rayı, kapı kanatları, askı aparatları ve taşıyıcı araba grubu gibi bileşenler (Şekil-2), Albayrak firması tarafından üretilen ALPSD-1000 serisindeki PAKS kayar kapı düzeneğini oluşturmaktadır. PAKS sisteminde, tahrik ünitesi, taşıma ünitesi, hareket mekanizması, kontrol ünitesi ve kapı kanadı gibi alt sistemlerin bir araya gelerek güvenli ve etkili bir şekilde çalışması sağlanmaktadır (Şekil-3). Bu alt bileşenlerin kusursuz iş birliği, PAKS sisteminin modern metro istasyonlarının vazgeçilmez bir parçası haline gelmesini sağlamaktadır (Min vd., 2012).



Şekil 1. PAKS Görseli



Şekil 2. PAKS kayar kapı sistemi görseli (Koç vd., 2023)



Şekil 3. PAKS Kayar kapısı sistem mimarisi

## 2.1. PAKS Sisteminden Veri Toplama Metodu

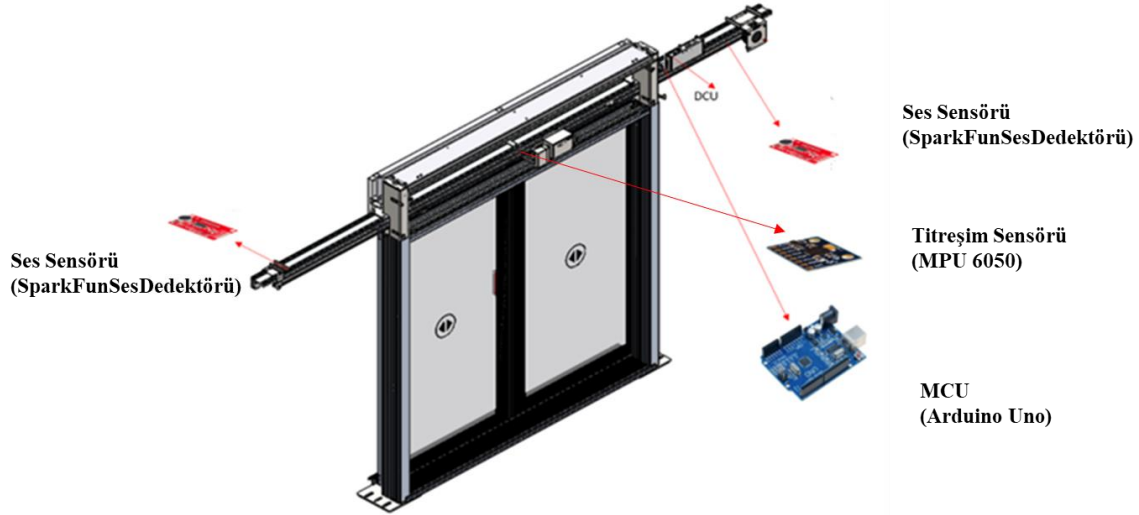
Çalışmada, metotların belirlenmesinde ve süreçlerin tanımlanmasında ISO-13379-1, ISO-13374-1 ve ISO-13380 (Makinelerin durumunun izlenmesi ve teşhisi- Veri yorumlama ve teşhis teknikleri, Veri işleme, iletişim ve sunum, Performans parametrelerinin kullanımına ilişkin genel kurallar) standartlarından yararlanıldı.

PAKS kayar kapı sistemi için ‘Arıza Modu Etkileri ve Kritiklik Analizi’ (FMECA: Failure mode effects and criticality analysis) yapılarak mekanik yapıya ait olası hata durumları belirlendi ve uygulanabilir yirmi iki farklı hata durumunu içeren bir hata kütüphanesi oluşturuldu. Hata kütüphanesi, hata türlerini, sistem üzerinde uygulanacak hata noktalarını, hatalı sistem bileşenlerini ve bu hataların oluşturulmasında uygulanacak yöntemleri tanımlamaktadır. Uygulama süreçlerinde kontrollü hata senaryolarının oluşturulması ve bu senaryoların tekrar edilebilir olması amaçlandı.

Uygulanan hatalara işaret edecek belirtilerin yakalanacağı veri türlerinin (akım, gerilim, hız, vb.) ve bu belirtileri ayırt edilebilir hale getirecek tanımlayıcıların (öznitelikler) belirlenmesi için bir veri toplama planı hazırlandı. Veri türlerinin ölçülebilmesi için kullanılacak sensörler, ölçüm alma yöntemlerinin ve düzeneğin belirlenmesi (sıklık, kullanılan donanımlar vb.) veri toplama planına dahil edildi. Oluşturulan hata kütüphanesine ve veri toplama planına göre veri toplanabilmesi için gerçek bir PAKS sistemi içeren bir deney düzeneği (Şekil-5) oluşturuldu. Bu deney düzeneğinde sistem bileşenleri, belirlenen tekil hataların ortaya çıkacağı şekilde değiştirilerek veriler alındı. Toplanan veriler, elektronik kapı kontrol ünitesinden ve sisteme yerleştirilen haricî sensörlerden alındı. Sensörlerin yerleştirildiği noktalar Şekil-5'te gösterilmektedir.



Şekil 4. PAKS Veri Toplama Deney Düzeneği Görseli



**Şekil 5.** PAKS Kayar Kapı Sisteminde Yer Alan Harici Sensörlerin Yerleşimi

MÖ modellerinin eğitimi için kullanılan 23 farklı duruma ait etiketler ve kullanılan veri sayıları Tablo-1’de verilmiştir. Hata durumları için alınan veriler, sistem üzerinde kontrollü olarak oluşturulan hatalara ilişkin verilerdir. MÖ modellerinin eğitiminde kullanılan veriler, motor akımının yanı sıra motor gerilimi, kapı pozisyonu, ses verileri, kapı hızı ve titreşim verileri gibi eş zamanlı olarak örneklenen farklı veri türlerini içermektedir. Analizler için Tablo-2’de formülleri verilen istatistiksel bilgiler kullanılarak, her bir açma-kapama döngüsüne ait örneklem grubu için ve her veri türü için altışar adet öznitelik bilgisi elde edilmiştir. Bu öznitelikler, motor akımı, motor gerilimi ve veri setinde yer alan diğer veri türlerinin özelliklerinin daha iyi anlaşılması ve PAKS kayar kapı sisteminin sağlıklı/hatalı durumlarının belirlenmesi için kullanılmıştır (Deng vd., 2014; Mimaz vd., 2019).

Zaman serisi olarak ölçülen akım, gerilim, ses, titreşim, kapı hızı ve kapı pozisyonu verileri, kapının açma/kapama döngüsü esas alınıp gruplanarak analiz edilmiştir. Bu formüller, her çalışma durumuna ait veriler için ayrı ayrı uygulanarak, 37 açma/kapama döngüsü boyunca öznitelikler hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar, her bir döngü için akım, gerilim ve diğer verilerin pencereleme işlemine tabi tutulması ile elde edilmiştir.

**Tablo 1.** PAKS Kayar Kapı Sisteminin Sağlıklı ve Hatalı Çalışma Durumları

ID	Arıza Türü	Açma/Kapama Sayısı (Yaklaşık 10dk)
<b>f_saglikli</b>	<b>Sağlıklı</b>	<b>37</b>
<b>f1_1</b>	<b>Motor Spot Hatası</b>	<b>37</b>
<b>f3</b>	<b>Motor Mil Eksenel Sapma Hatası</b>	<b>37</b>
<b>f5</b>	<b>Motor Rulman Yağsızlık Hatası</b>	<b>37</b>
<b>f6</b>	<b>Kayış Gerginliği Gevşek Olması G1</b>	<b>37</b>
<b>f7_1</b>	<b>Kayış Gerginliği Gevşek Olması G2</b>	<b>37</b>
<b>f8</b>	<b>Kayış Gerginliğinin Fazla Olması G1</b>	<b>37</b>
<b>f9_1</b>	<b>Kayış Gerginliğinin Fazla Olması G2</b>	<b>37</b>
<b>f10_1</b>	<b>Avare Kasnak Montaj Hatası T1</b>	<b>37</b>
<b>f10_2</b>	<b>Avare Kasnak Montaj Hatası T2</b>	<b>37</b>
<b>f10_3</b>	<b>Avare Kasnak Montaj Hatası T3</b>	<b>37</b>
<b>f11</b>	<b>Avare Kasnak Mil Yamultma Hatası</b>	<b>37</b>
<b>f12</b>	<b>Avare Kasnak Rulman Hatası</b>	<b>37</b>
<b>f13</b>	<b>Avare Kasnak Rulman Yağsızlık Hatası</b>	<b>37</b>
<b>f16_1</b>	<b>Araba Grubu Tekerlek Yüzey Aşınma Hatası_1</b>	<b>37</b>
<b>f16_2</b>	<b>Araba Grubu Tekerlek Yüzey Aşınma Hatası_2</b>	<b>37</b>
<b>f18_1</b>	<b>Teker Rulmanı Yağsızlık Hatası</b>	<b>37</b>
<b>f19</b>	<b>Asma Aparatı Dikey Hizalama Hatası</b>	<b>37</b>
<b>f20</b>	<b>Asma Aparatı Yatay Hizalama Hatası</b>	<b>37</b>
<b>f21</b>	<b>Alt Kılavuz Kanalda Yabancı Madde Tespiti</b>	<b>37</b>
<b>f23</b>	<b>Emniyet Kilit Mekanizması Hatası</b>	<b>37</b>
<b>f24</b>	<b>Yıpranmış Kayış Hatası</b>	<b>37</b>
<b>f25</b>	<b>Kayış Üzerinde Yabancı Madde Oluşması</b>	<b>37</b>

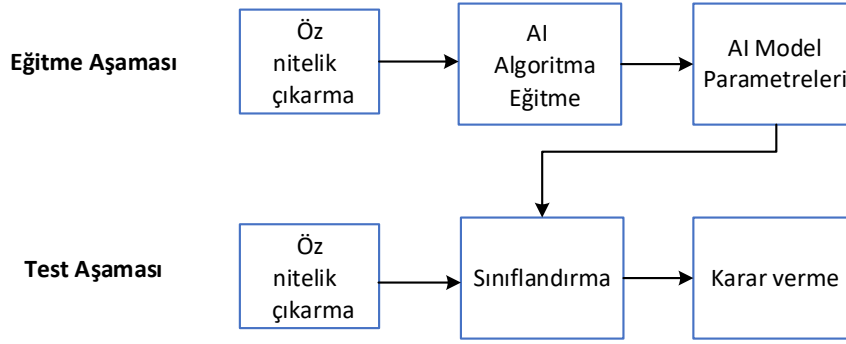
**Tablo 2.** Kullanılan Öznitelik İsimleri ve Formülleri

#	Öznitelik adı	Denklem
1	Ortalama (mean)	$\mu = \frac{\sum x_i}{N}$
2	Standart Sapma (standard deviation)	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \mu)^2}{N - 1}}$
3	Çarpıklık (skewness)	$\gamma_1 := \tilde{\mu}_3 = \frac{\sum (x_i - \mu)^3}{(N - 1) * \sigma^3}$
4	Basıklık (kurtosis)	$\beta_2 = \frac{\sum (x_i - \mu)^4}{(N - 1) * \sigma^4}$
5	Aralık (range)	$\max_i(x_i) - \min_i(x_i)$
6	Karelerin ortalamasının karekökü (Root Mean Square – RMS)	$\sqrt{\frac{\sum x_i^2}{N}}$



### 3. PAKS Kayar Kapı Sistemi için Makine Öğrenmesi Tabanlı Hata Teşhis Yaklaşımı

MÖ tabanlı hata teşhis yaklaşımları, sistemde oluşabilecek arızaların tespiti için kullanılmaktadır. K-En Yakın Komşuluk (K-nearest Neighboring), Destek Vektör Makineleri (Support Vector Machines) ve Lojistik Regresyon (Logistic Regression) algoritmaları, literatürde sıkça kullanılan örneklerdir. Bu çalışmada, MÖ yapısının bu algoritmalarla uygulanması süreci gösterilmiştir. Her bir algoritmanın kendine özgü avantaj ve dezavantajları vardır (Koç vd., 2023; Zagajewski vd., 2021). Algoritma seçimi, çözülmeye çalışılan probleme ve verilerin özelliklerine bağlıdır. Örneğin, destek vektör makineleri (DVM) algoritmasında iki sınıf arasındaki en geniş aralığın bulunması için bir hiper-düzlem oluşturulur ve sınıfların en iyi şekilde ayrılmasını sağlamaya yönelik bir yaklaşım kullanılır (Zoppis vd., 2019). Bu çalışmada, MÖ yapısının tüm algoritmalarla uygulanması süreci Şekil-5'te olduğu gibi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6. Çalışmada kullanılan MÖ yapısı

### 4. Materyal ve Metot

Çalışma kapsamında, PAKS'tan Tablo-1'de belirtilen tüm durumlarda veri toplama işlemi gerçekleştirildi. Örneğin; “f5: Motor Rulman Yağsızlık Hatası” (Tablo-1) senaryosu, yağı temizlenmiş motor rulmanı kullanılarak oluşturuldu ve deney düzeneği periyodik açılma-kapanma modunda çalıştırıldı. Düzenek çalışırken kapı kontrol ünitesinden ve haricî algılayıcılardan veriler toplanarak eş-zamanlı olarak kaydedildi.

Sağlıklı durumu da dahil olmak üzere yirmi üç farklı durumdan (Tablo-1) saniyede 17 veri örneklem paketi (Akım, gerilim, vd.) alınarak 10'ar dakika boyunca kayıt yapıldı. Elde edilen veriler Python ortamında işlenerek Tablo-2'de listelenen denklemlerle öznitelikler çıkartıldı ve bu öznitelikler etiketlenerek veri seti oluşturuldu. Oluşturulan veri seti ile MATLAB'da Sınıflandırma Öğrenici Araç-kutusunda (Classification Learner Toolbox) bulunan onlarca makine öğrenmesi algoritması eğitildi ve test edildi. Bu testler sonucunda literatürde sık kullanılan DVM, KYK ve LR modellerinin en iyi sonuçları veren sürümleri seçilerek çalışmada raporlandı.

Çalışmadaki temel amaç, durum/koşul izlemeye dayalı olarak hataların tespit edilme sürecinin gerçekleştirilmesidir. Bu süreç, makine ve ekipmanların sağlık ve performansının izlenmesi, değerlendirilmesi ve sınıflandırılması açısından kritik öneme sahiptir, çünkü makine arızalarının önlenmesi, bakım stratejilerinin optimize edilmesi ve makine ömrünün uzatılması hedeflenmektedir. Bu çalışmanın amacı, hedeflenen durum/koşul izleme sürecinde kullanılacak en iyi makine öğrenimi algoritmalarının belirlenmesi ve ardından sistemde kontrollü olarak oluşturulan arızaların tespit edilmesidir.







**Tablo 3.** Raporlanan algoritmalara Ait Ortalama Başarım Oranları

Algoritma Türü	Ortalama Başarım
DVM Model (Doğrusal Destek Vektör Modeli)	%99.4
A-KYK (Ağırlıklı En Yakın Komşuluk Modeli)	%96.5
VLR (Verimli Lojistik Regresyon Modeli)	%81.7

## 6. Tartışma/Sonuç

Bu çalışmada, PAKS kayar kapı sistemindeki hataların tespiti ve sınıflandırılması, elektronik kontrol ünitesinden ve diğer sensörlerden alınan verilerin analizi ile gerçekleştirilmiştir. Sistem durumunun izlenmesinde yapay zekâ tabanlı algoritmaların kullanımı, öngörülü bakımda arızaların tespiti ve onarımı için gerekli bilgileri sağlayabilir. Yapay zekâ algoritmaları tarafından işlenen veriler, olası arızaların tespit edilmesi ve onarımı için yüksek başarı oranıyla kullanılabilirliğini göstermektedir.

Şekil-7, 8 ve 9'da gösterilen hata matrislerine göre, PAKS kayar kapı sistemindeki hataların tespit edilmesi ve sınıflandırılması için farklı algoritmaların kullanımının başarılı olduğu görülmüştür. Bu matrisler, her bir sınıflandırma modelinin performansını değerlendirmek için kullanılan tablolardır ve doğruluk/kesinlik sonuçları Tablo-3'te sunulmuştur ve bu tablodan anlaşılacağı üzere, Verimli Lojistik Regresyon Modeli dışındaki algoritmalarda ortalama %96'lık bir doğruluk elde edilmiştir.

**Tablo-4.** Eğitilmiş DDVM Modeline Ait Örnek Tahmin Sonuçları

Sisteme Verilen Hata	Sağlıklı	f1_1	f10_1	f3	f7_1	f9_1	f12	f10_2	f10_3
		f11	f16_1	f16_2	f19	f20	f21	f6	f8
		f13	f23	f24	f25	f5			
F1_1	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	0.1	0.0			
F24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	1.0	0.0	0.0			
Sağlıklı	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			

Eğitilmiş DDVM modeli kullanılarak kontrol edilen (eğitim sırasında kullanılmamış) rastgele üç girdiye ait tahmin sonuçları Tablo-4'te gösterilmiştir. Eğitilen model, verilen girdilerin hangi hata sınıfına ait olabileceğine dair ihtimal listesi üretmektedir. Gerçek hata sınıfı 'F1\_1' olan girdiler, model tarafından da %90 ihtimalle aynı sınıfa dahil edilmiştir. Aynı şekilde gerçek hata sınıfı 'F24' olan girdi tam olarak kendi sınıfına, gerçek etiketi 'sağlıklı' olan girdi de tam olarak kendi sınıfına dahil edilmiştir. Bu sonuçlar, modelin Tablo-3'te gösterilen ortalama başarımla performansını de örtüşmektedir. Özetle, PAKS sistemlerinin bakımını yapmak için önceden planlama yapmak, işletmelerin sistemin kesintisiz çalışmasını sağlamanın yanı sıra işletme maliyetlerini düşürecek ve sistem güvenilirliğini artıracaktır. Ayrıca, gerçekleştirilen çalışmanın peron ayırıcı kapı sistemi ile benzer alt bileşenleri içeren asansör kapısı ve tren kapısı gibi sistemlere de uygulanabilecek olması, yapılan çalışmanın önemini bir kez daha göz önüne sermektedir.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Sorumlu yazar ve ikinci yazar tarafından araştırmanın ilk versiyonu hazırlanmış, tüm yazarlar tarafından düzenlenerek gözden geçirilmiştir.

### Destek ve teşekkür beyanı

Bu çalışma, ECOMAI PENTA-EURIPIDES (Hibe No. 2021028) çatı projesi kapsamında TÜBİTAK (Hibe No. 9210043) tarafından desteklenmektedir.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Çalışma kapsamında herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### Kaynakça

**Koç, İ., Mermer, Ö., Kırımça, N., Çakır, F.H., ve Karaköse, M.** (2022). Modeling and Simulation of Platform Screen Door (PSD) System using MATLAB-Simulink. *International Conference on Data Analytics for Business and Industry (ICDABI), Sakir – Kingdom of Bahrain*, 629-633.

**Li, X., ve Wang, Y.**, (2018). Simulation study on air leakage of platform screen doors in subway stations. *Sustainable Cities and Society*, c. 43, 350-356.

**Zhou, C., Su, Z., ve Zhou, J.** (2010). Design and Implementation of the Platform Screen Doors System for BRT, 2540-2552. doi: 10.1061/41127(382)271.

**Abdurrahman, U.T., Jack, A., ve Schmid, F.** (2018). Effects of Platform Screen Doors on the Overall Railway System. *8th International Conference on Railway Engineering, London, UK*. doi: 10.1049/cp.2018.0053.

**Roh, J. S., Ryou, H.S., ve Yoon, S.W.** (2010). The effect of PSD on life safety in subway station fire. *J Mech Sci Technol*, 24(4), 937-942. doi: 10.1007/s12206-010-0217-7.

**Qu, L., ve Chow, W. K.**, (2012). Platform siren doors on emergency evacuation in underground railway stations. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 30(1), 1-9. doi: 10.1016/j.tust.2011.09.003.

**Lindfeldt, O.**, (2017). The impact of platform screen doors on rail capacity, *Int. J. TDI*, 1(3), 601-610. doi: 10.2495/TDI-V1-N3-601-610

**Su, Z., ve Li, X.**, (2022). Energy benchmarking analysis of subway station with platform screen door system in China. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 128, 104655. doi: 10.1016/j.tust.2022.104655.

**Gabay, D.**, (2004) Compared fire safety features for metro tunnels, *Safe & Reliable Tunnels. Innovative European Achievements First International Symposium*, 4-6 February, Prague.

**Aarnio, P., Yli-Tuomi, T., Kousa, A., Mäkelä, T., Hirsikko, A., Hämeri, K., Räisänen, M., Hillamo, R., Koskentalo, T., Jantunen, M.**, (2005). The concentrations and composition of and exposure to fine particle in the Helsinki subway system. *Atmos. Environ.* 39(28), 5059–5066.

**Ampofo, F., Maidment, G., Missenden, J.**, 2004. Underground railway environment in the UK Part 1: *Review of thermal comfort. Appl. Therm. Eng.* 24 (5), 611–631.

**He, S., Jin, L., Le, T., Zhang, C., Liu, X., ve Ming, X.**, (2018). Commuter health risk and the protective effect of three typical metro environmental control systems in Beijing, China. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, c. 62, 633-645.

- Min, L., Zhaoyong, C., ve Jin, Z.,** (2012). Study on PSD system control strategy for safety. *3rd International Conference on System Science, Engineering Design and Manufacturing Informatization, Chengdu*, 154-159. doi: 10.1109/ICSSEM.2012.6340789.
- Koç, İ., Mermer, Ö., Kırımça, N., ve Karaköse, M.** (2023). Raylı Sistemlerde Peron Ayırıcı Kapı Sistemi İçin Yapay Sinir Ağı Tabanlı Hata Teşhis Yaklaşımı. *Emo Bilimsel Dergi*, 13(1), 13-22.
- Li, C., Luo, S., Cole, C., ve Spiriyagin, M.,** (2017). An overview: modern techniques for railway vehicle on-board health monitoring systems, *Vehicle System Dynamics*, c. 55(7), 1045-1070.
- Gonzalez-Jimenez, D., Del-Olmo J., Poza, J., Garramiola, F., ve Madina P.,** (2021). Data-Driven Fault Diagnosis for Electric Drives: A Review, *Sensors*, c. 21(12), s. 4024.
- Sun, X., Ling, K. V., Sin, K. K., ve Tay, L.** (2018). Intelligent Fault Detection and Diagnosis of Air Leakage on Train Door. *International Conference on Intelligent Rail Transportation (ICIRT), Singapore*, 1(4).
- Başaran, M., Fidan, M.,** (2020). Gearbox Fault Classification by Using Frequency Based Feature Extraction. *Eskişehir Technical University Journal of Science and Technology*, 21, 101-107.
- Ham, S., Han, S.Y., Kim, S., Park, H. J., Park, K. J., ve Choi J. H.** (2019). A Comparative Study of Fault Diagnosis for Train Door System. Traditional versus Deep Learning Approaches, *Sensors*, c. 19(23) s. 5160.
- Deng, L., ve Yu, D.** (2014). Deep learning: methods and applications. *Foundations and trends® in Signal Processing*, 7(3-4), 197-387.
- Mimaz M. R., Yıldız, K.** (2019). İndüksiyon Motorun Mekanik Arıza Teşhisinde Makine Öğrenme Yöntemlerinin Kullanılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Sayı 16, S. 881-904.
- Zagajewski, B., Kluczek, M., Raczko, E., Njegovec, A., Dabija, A., & Kycko, M.** (2021). Comparison of random forest, support vector machines, and neural networks for post-disaster forest species mapping of the krkonoše/karkonosze transboundary biosphere reserve. *Remote Sensing*, 13(13), 2581.
- Zoppis, I., Mauri, G., & Dondi, R.** (2019). Kernel methods: Support vector machines. *In Encyclopedia of Bioinformatics and Computational Biology*. Volume 1 (pp. 503-510). Elsevier.
- Ben-Hur, A., Horn, D., Siegelmann, H. T., & Vapnik, V.** (2001). Support vector clustering. *Journal of Machine Learning Research*, 2(Dec), 125-137.
- Hsieh, C. J., Chang, K. W., Lin, C. J., Keerthi, S. S., & Sundararajan, S.** (2008). A dual coordinate descent method for large-scale linear SVM. *Proceedings of the 25th International Conference on Machine Learning* (pp. 408-415)
- Khan, M. M. R., Arif, R. B., Siddique, M. A. B., & Oishe, M. R.** (2018). Study and observation of the variation of accuracies of KNN, SVM, LMNN, ENN algorithms on eleven different datasets from UCI machine learning repository. *4th International Conference on Electrical Engineering and Information & Communication Technology (iCEEICT)* (pp. 124-129). IEEE.
- Joshuva, A., Sugumaran, V., & Amarnath, M.** (2015). Selecting kernel function of support vector machine for fault diagnosis of roller bearings using sound signals through histogram features. *International Journal of Applied Engineering Research*, 10(68), 482-487.
- Pandya, D., Upadhyay, S. H., & Harsha, S. P.** (2014). Fault diagnosis of rolling element bearing by using multinomial logistic regression and wavelet packet transform. *Soft Computing*, 18, 255-266.
- Shuai, L., Limin, J., Yong, Q., Bo, Y., & Yanhui, W.** (2014). Research on urban rail train passenger door system fault diagnosis using PCA and rough set. *The Open Mechanical Engineering Journal*, 8(1).



**Sun, L., Zhang, J., Ding, W., & Xu, J.** (2022). Feature reduction for imbalanced data classification using similarity-based feature clustering with adaptive weighted K-nearest neighbors. *Information Sciences*, 593, 591-613.

## Araştırma Makalesi

# Ağır Yük Araçları Park Alanlarının Karakteristikleri: Türkiye'ye Yönelik Bir İnceleme

Sevil Ayça Taşcı<sup>1\*</sup>, Necla Tektaş<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Akıllı Ulaşım Sistemleri Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Bandırma, Türkiye

<sup>2</sup>Ekonometri, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Bandırma, Türkiye

\*Correspondence: [seviltasci@ogr.bandirma.edu.tr](mailto:seviltasci@ogr.bandirma.edu.tr)

DOI: 10.51513/jitsa.1310069

**Özet:** Çekici, römork, yarı-römork, kamyon, tır ve diğer ağır yük araçlarının yol kenarları, rampalar, boş alanlar ve ara sokaklar gibi yerlere park etmesi, güvenlik riski oluştururken altyapıyı da olumsuz olarak etkilemektedir. Uzun mesafeli yük taşımacılığı için kullanılan iyi aydınlatılmış, güvenli, emniyetli, konforlu ve yerleri belirlenmiş park alanları sayesinde ağır vasıta araç sürücülerinin stresinin azalması, sürücü, yük ve trafik güvenliği ile emniyetinin artması mümkün olabilmektedir. Uygun park alanlarının yetersiz olması veya bulunmaması, tedarik zinciri ve lojistik hizmetlerinin verimliliği ile rekabet gücünü etkileyen ulusal ölçekte bir kavram olarak karşımıza çıkabilmektedir. Bu doğrultuda üst seviye yönetim iradesi ile ulusal ölçekte ve bütüncül bir yaklaşımla ihtiyaç, fayda ve maliyet analizi sonuçları dikkate alınarak merkezi çözümler geliştirilmesinin ağır yük araçlarının park ihtiyacının giderilmesine yönelik uygun bir yöntem olacağı değerlendirilmektedir. Bu çözümlerin sağlanmasında düzenleme, teşvik ve destekler önemli imkanlar sunacaktır. Uygun planlanma ve tasarımıyla, doğru yerlerde konumlandırılan nitelikli ve yeterli tır parklarının, sürdürülebilir ve sağlıklı toplum hedefleri ile ekonomik kalkınmaya katkısı olacağı öngörülmektedir. Bu çalışmanın amacı, yük taşımacılığı sürecinin gerektirdiği dinlenme, güvenlik, bakım gibi konularda ihtiyacı karşılayacak yeterli tır parkı alanı sağlanması için mevcut uygulama ve başarılı örnekleri değerlendirerek bir yol haritası ortaya koymaktır. Literatür taramasıyla ulusal ve uluslararası ölçekte mevzuat, proje ve raporlar ile teknik şartnameler, resmi ve özel kurumların internet sayfaları incelenerek araştırma makalesi olarak düzenlenen bu çalışmanın; taşımacılık sektöründe yer alan işletme, girişim ve çalışanlar ile politika yapıcılara ve sektörün diğer tüm paydaşlarına faydalı olması ve literatüre katkı sağlaması hedeflenmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Tır parkı, kamyon, tır, ağır yük taşıtları, yük taşımacılığı, nakliye, lojistik

## Characteristics Concerning Park Areas of Heavy Load Vehicles: A Review for Türkiye

**Abstract:** The parking of tow trucks, trailers, semi-trailers, lorries and other heavy load vehicles on roadsides, ramps, empty spaces and alleys poses a safety risk and negatively affects the infrastructure. Well-lit, safe, secure, comfortable and well-located parking areas used for long-distance freight transport can reduce the stress of heavy vehicle drivers and increase driver, freight and traffic safety and security. Inadequate or non-availability of appropriate parking areas can be a national concept that affects the efficiency and competitiveness of supply chain and logistics services. In this direction, it is considered that developing centralised solutions by taking into account the results of needs, benefit and cost analyses on a national scale, with a holistic approach and a high-level management will be an appropriate method to meet the parking needs of heavy load vehicles. Regulations, incentives and supports will provide important opportunities in providing these solutions. It is foreseen that qualified and sufficient lorry parks located in the right places with appropriate planning and design will contribute to sustainable and healthy society targets and economic development. The aim of this study is to present a road map by evaluating the current practices and successful examples in order to provide sufficient truck park areas that will meet the needs in terms of rest, security and maintenance required by the freight transport process. This study, which is organised as a research article by examining the legislation, projects and reports, technical specifications, and the websites of public and private institutions on a national and international scale through a literature review, is aimed to be useful for businesses, enterprises and employees in the transport sector, policy makers and all other stakeholders of the sector and to contribute to the literature.

**Keywords:** Truck Park, truck, lorry, heavy load vehicles, freight transportation, shipping, logistics

## 1. Giriş

Ulaştırma yayalar, yolcular, yükler ve her türlü taşıtın çeşitli altyapı ve vasıtalar aracılığı ile bir konumdan diğerine geçişi olarak tanımlanmaktadır (Yurdakul, 2017). Bu geçiş karayolu, demiryolu, havayolu ve denizyolu olarak ulaşım ortamına göre dört farklı taşıma modunda yapılmaktadır. Tarih boyunca teknolojik gelişmelerin ortaya çıkardığı sonuçlar ve kolaylıklar neticesinde dönemsel olarak farklı ulaşım modlarının tercih edildiği görülmektedir. Örneğin 1800’lü yıllarda demiryolu ve denizyolu taşımacılık için ön planda olmuş, 1900’lerden itibaren otomobilin icadı ve fosil yakıtların kullanılması ile ulaşımında karayolunun etkinliği artmıştır. Günümüzde ise esnek ve aktarmasız erişim imkânı sağlaması, ekonomik ve teknik anlamda bireysel kullanıma uygunluğu gibi nedenlerle yolcu ve yük taşımacılığında karayolu dünyada ve Türkiye’de daha çok tercih edilen bir taşıma yöntemidir.

Dünyadaki teknolojik gelişmeler ve Covid-19 salgını gibi küresel veya bölgesel değişimler doğrultusunda dinamiklerde sürekli değişiklikler olsa da taşımacılık ve lojistik ülkeler için ekonominin gelişimini etkileyen en kritik sektörlerden biri olma özelliğini korumaktadır. Şehirler, bölgeler ve ülkeler arası yük taşımacılığında kullanılan yolların verimli ve güvenli bir şekilde işletilmesi ve kullanılması için, iyi planlanmış ve doğru tasarlanmış ağır araç dinlenme alanlarının varlığı önemli bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır.

Taşımacılık sektörünün doğası gereği gidilen mesafe uzadıkça çalışanların, özellikle sürücülerin mesai süreleri de aynı oranda artmaktadır. Seyahat esnasında yetersizlik ve yorgunluk nedeni ile yaşanabilecek ihmal ve kazaların önüne geçmek amacıyla sürücülerin yeterli ve uygun şekilde dinlenmiş olması önem arz etmektedir. Bu nedenle, diğer taşımacılık modlarında olduğu gibi, karayollarındaki uzun mesafeli yük ve yolcu taşımacılığında sürücülere çalışma süreleri için kısıtlamalar getirilmiştir.

Sürücülerin sağlığı ve hayat standardına yönelik çalışma ve dinlenme sürelerine ilişkin ilkeler, 1979 yılında Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) tarafından hazırlanan 153 numaralı sözleşme ile belirlenmiştir. Buna göre, sözleşmeye taraf ülkelerde mola vermeksizin kesintisiz olarak dört saatten fazla araç kullanılması kısıtlanmıştır ancak ülkenin yetkili makam ya da kuruluşları, özel ulusal şartlarına göre bu süreyi bir saatten fazla olmamak kaydı ile arttırabilmektedir (Uluslararası Çalışma Örgütü, 1979). Bu kapsamda, taşımacılık alanında emniyet ve güvenliği arttırmak ve rekabeti dengelemek amacıyla süre kısıtlamasına yönelik getirilen kurallar ile bu kuralların uygulanması, takibi ve denetimi açısından dünya genelinde pek çok ülkede çeşitli ulusal düzenlemeler yapılmıştır. Ağır tonajlı araçlara yönelik zorunluluk içeren kısıtlamalar, günlük ve haftalık sürüş ile çalışma, mola ve izin sürelerini içermektedir. EC No 561/2006 tüzüğü, Avrupa Birliği (AB) bünyesinde istisnalar haricinde, karayolu taşımacılığı ve yolcu taşımacılığı yapan tüm araçların sürücüleri için günlük ve haftalık asgari dinlenme sürelerinin yanı sıra azami günlük ve iki haftalık sürüş süreleri için ortak bir kural dizisi oluşturmuştur (European Commission, 2006).

Uzun mesafe taşımacılığının yapısından kaynaklanan ve mevzuat nedeni ile artık bir zorunluluk haline gelen mola ve dinlenme ihtiyaçları kamyon ya da tırlar için park edecekleri uygun alanlara gereksinim oluşturmaktadır. Bu gereksinimi karşılayacak güvenli park yerlerinin bulunmaması; kamyon ya da tır sürücülerinin dinlenmek için duracak yer ararken uygun olmayan yerlere park etmesine yol açabilmektedir. Aksi takdirde ise, uygun yer aramak, mevzuatla belirlenen çalışma süresi sınırının aşılması ya da erken mola verilmesi ile sonuçlanabilmektedir. Uygun yer bulamayan sürücüler yol kenarları ya da ıssız arazilere park ettiklerinde, veyahut çalışma süresini aşarak yorgun halde uygun park yeri aramaya devam ettiklerinde, sürücülerin kendileri, yükleri ve yolun diğer kullanıcıları için güvenlik ve emniyet konularında risk ortaya çıkabilmektedir. Erken mola kullanılması ise mesai, çalışma performansı ve kaynakların etkin kullanımı açısından taşımacılık ve lojistik iş süreçlerinde verimsizliğe neden olabilmektedir. Bu kapsamda özellikle transit yollardaki uzun mesafeli yük taşımacılığı için park ihtiyacının değerlendirilmesi ve bu ihtiyaca yönelik planlamanın yapılması önem arz etmektedir.

Tır parklarına yönelik çalışmaların ABD (Amerika Birleşik Devletleri) ve AB bünyesinde yoğunlaşmış olduğu görülmektedir. Türkiye’de ise akademik mecralar, kurumsal internet sayfaları, Türkiye İstatistik Kurumu verileri gibi çevrimiçi açık veri imkânı olan ortamlarda, konuya ilişkin yapılan araştırmalar sonucunda sınırlı çalışma ya da veriye ulaşılması mümkün olmuştur.

Türkiye’de karayolu ile ağır yük araçları kullanılarak yapılan taşımacılık çerçevesindeki park ihtiyacı özelinde, bu çalışmanın temel özellikleri ve önceki çalışmalardan farkları aşağıda listelenmiştir:

- Uzun mesafeli yük taşımacılığı kapsamında ağır yük araçlarının park alanlarına yönelik kavramsal çerçeve ve literatür ele alınmış,
- Taşımacılık alanında çalışma ve mola süreleri ile ilgili mevzuat incelenmiş, yapılan çalışmalar ve düzenlemelerden yola çıkılarak park yeri ihtiyacını oluşturan faktörler için bir sınıflandırma önerisi yapılmış,
- Park yeri tasarımını içeren bileşenler ve uygulamalar değerlendirilmiş,
- ABD, AB ve Türkiye’deki park yeri çözümleri ve uygulama örnekleri karşılaştırılmış,
- Türkiye’ye yönelik bir yol haritası ve park alanı konsepti ortaya koyulmuştur.

## 2. Yöntem

Bu çalışma, lojistik sektörü faaliyetlerinde verimlilik, rekabet edebilirlik ve standartlaşmanın artırılması kapsamında lojistik amaçlı kullanılan her türlü ağır vasıta için dinlenme alanlarını ele alarak mevcut durumu ortaya koymak, bu alanda dünyadaki gelişmeler ve yenilikler paralelinde geliştirilebilecek ve iyileştirilebilecek noktaları belirlemek ve farkındalık oluşturmak, aynı zamanda Türkiye’ye yönelik bütüncül bir yol haritası ortaya koymak amacıyla araştırma makalesi olarak düzenlenmiştir. Bu kapsamda, öncelikle literatür taraması ve ilgili mevzuat incelenmiştir. Hukuki yönden Türkiye’de ve dünyada, taşımacılık alanındaki çalışma ve mola süreleri ilgili kısıtlayıcı kriterler ile bunların uygulanmasını kolaylaştırıcı çözümlere yönelik yaptırımlar belirlenmiştir. Konuya ilişkin akademik çalışmalar incelenerek, araştırma alanlarıyla ilgili çıkarım ve yorumlarda bulunulmuştur. Ulusal ve uluslararası ölçekte projeler, raporlar, strateji belgeleri, kılavuzlar, teknik şartnameler, resmi ve özel kurumların internet sayfaları incelenerek, iyi uygulama örnekleri üzerinden Türkiye için değerlendirme yapılmıştır.

## 3. Kavramsal çerçeve ve literatür araştırması

Lojistik ve tedarik sektörü, ülke ekonomileri içinde önemli bir bileşen olarak görülmektedir. Bu çerçevede, ulusal ve uluslararası taşımacılık faaliyetlerinde verimlilik, rekabet edebilirlik ve standartlaşma her geçen gün daha da önem kazanmaktadır. Her alanda olduğu gibi taşımacılık alanında da teknolojik ilerlemeler doğrultusunda, altyapı ve üstyapılar geliştirilmesi ve iyileştirmesi süreklilik niteliğinde olan bileşenlerdir. Taşımacılıkta gelişimin sürekli olduğu üstyapılar arasında araç park alanları da yer almaktadır.

Çekici, römork, yarı-römork, kamyon, tır gibi ağır tonajlı yük araçlarının sürücülerinin dinlenebilecekleri, bekleme yapabilecekleri veya araçlarını uzun süre park edebilecekleri, kendilerinin ve araçlarının ihtiyaçlarına yönelik olarak yapılmış tesisler genel olarak tır parkı olarak ifade edilmektedir. Birleşmiş Milletler Teşkilatı bünyesindeki Uluslararası Karayolu Taşımacılığı Birliği (International Road Transport Union-IRU) tarafından hazırlanarak 15 Ocak 1959 tarihinde Cenevre’de imzalanan Uluslararası Karayolu Taşımacılığı (Transports Internationaux Routiers) anlaşmasının baş harflerinin kısaltması olan “TIR” ifadesi, Türkiye’de römork veya yarı-römork eklenmiş çekici için yaygın olarak kullanılmaktadır (European Commission, 2022; Vikipedi, 2022).

Bu çalışmada öncelikli olarak, kurumsal internet sayfaları ve akademik ortamlarda arama yapılarak tır parklarına yönelik araştırma ve çalışmalar incelenmiştir. Bu kapsamda son beş yıl içinde tır parkları özelinde daha çok hangi alanların çalışma konusu olarak seçildiğine yönelik genel bir değerlendirme yapılmıştır.

Ağır yük vasıtalarına yönelik park yerlerinin doluluk değişim durumunu belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada, ay, gün ve saat gibi parametreler ile Fourier modellemesi kullanılmıştır. Bu çalışmada geçmişe ait uzun dönem park alanı kullanım ve doluluk bilgilerinden yararlanılmıştır. Park etme aktivitesinin döngüsel bir faaliyet olması nedeniyle bu modellemenin doluluk tahmini için uygun bir yöntem olduğu tespit edilmiştir (Sadek vd., 2020).

Ağır ticari araçların park yerleri için uygulanması kolay ve kapsamlı bir sınıflandırma planı ortaya koyulması amacıyla yapılan bir çalışmada; yasallık, erişilebilirlik, mülkiyet, ağır vasıtalara tahsis edilmiş olma ve yol kenarı park etme faktörleri en önemli özellikler olarak belirlenmiştir. Bu özelliklerin

tüm olası kombinasyonlarının analizi sonucunda yapılan veri odaklı sistematik sınıflandırma yaklaşımının, mevcut park yeri ihtiyacı ve arzının doğru tahminine yardımcı olabileceği sonucuna varılmıştır (Nevland vd., 2020).

Kırsal bölgelerdeki ilçelerde ağır yük araçlarının park yeri ihtiyaçlarının tespiti için, geliştirilen modelde İzmir Sürdürülebilir Kentsel Lojistik Planı'nın verilerine dayanarak çeşitli varsayımlar yapılmıştır. İlçelerdeki transit olmayan ağır vasıta sayılarının tahmini için bahsi geçen plan kapsamında yapılmış olan trafik tahsisleri kullanılmıştır. Ayrıca ağır vasıta yol kenarı park etme oranları ve çalışma dışı bekleme süreleri için yine söz konusu plan kapsamında yapılan yol kenarı sürücü anketlerinden yararlanılmıştır. Ağır vasıtalar için park yeri gereksinimlerinin ulusal yük koridorları belirlenerek üst ölçekli bir yaklaşımla değerlendirilmesi gerektiği değerlendirilmiştir (Gülhan, 2020).

Sürüş ve dinlenme sürelerini inceleyen veri analizi çalışmasında kamyon ve tır sürücülerinin araç kullanma alışkanlıkları değerlendirilerek sonuçları verimliliği artırmaya yönelik uygulanabilir yük taşımacılığı faaliyetlerinin düzenlenmesinde kullanılmıştır (Csendes vd., 2021).

Yunanistan'da güvenli ve emniyetli tır park alanlarının konumlandırılması ve güvenlik seviyelerinin tanımlanması için çok bileşenli çok kriterli analiz (MAMCA) kullanarak yapılan çalışmada, Aigio'nun Dinlenme Alanı'nın, AB standartlarına göre platin seviyesinde olduğu belirlenmiştir (Kouta & Nalmpantis, 2021).

Çek Cumhuriyeti Yol ve Otoyol Müdürlüğü'nün uyguladığı akıllı tır park etme sisteminin incelenmesi neticesinde, dinlenme yerlerinde yer alan sensörler tarafından toplanan trafik bilgilerinin ulusal trafik veri merkezine aktarılmasının Yapım 4.0 konseptine uygunluğu belirlenmiştir (Krupík, 2021).

Sürücülerin güzergâhlarını ve dinlenme noktalarını planlamalarına yardımcı olmak amacıyla park yeri doluluğuna yönelik bir kısa vadeli doğru tahmin aracı için, çeşitli makine öğrenimi algoritmaları karşılaştırılarak karar ağaçlarının gerçek zamanlı uygulama için en uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Model, Hollanda'nın Deventer kentindeki bir tır parkından elde edilen 1,5 yıllık tır park etme ölçümlerini içeren gerçek veriler üzerinde uygulanmış, hava durumu gibi çevresel faktörlerden etkilenen araç park süreçlerinin değil yalnızca zaman ve geçmişteki doluluk bilgilerini kullanan bir modelin en iyi sonuçları verdiği bulunmuştur. Bir saat ilerisine yönelik doluluk oranı tahmini, tek bir veri kaynağından beslenen karar ağacı ve 4 saniyelik bir öğrenme süresi ile 0,0029'luk bir ortalama kare hatası (Root Mean Square Error-RMSE) ile elde edilmiştir. Makine öğrenmesi ile geliştirilen modellerin, anlamlı veri yapılarını ayırt etmek için daha fazla veriye ihtiyaç duyduğu, ancak daha az alan bilgisi gerektirdiğinden, uygulanmasının nispeten daha kolay olduğu sonucuna varılmıştır (Slavova vd., 2022).

ABD'de sürücülerin park etme alışkanlıklarına yönelik yapılan bir ankette, mola yeri belirleme kriterlerinin en başında, %96,5'lik oranla rotaya yakınlık, %79,8 ile tuvalet ve duş imkânı olması, üçüncü sırada da %75,5 ile park yeri bulunabilirliği sonuçlarına ulaşılmıştır. Bunların dışında erişim kolaylığı, restoran, güvenlik, abonelikler, internet, çamaşır yıkama hizmetleri, hizmet merkezleri ve hava durumu gibi sebepler de kriterler arasında yer almıştır (Boris & Brewster, 2018).

**Tablo 1.** Ortalama park yeri arama süresi (American Transportation Research Institute, 2018)

Arama Süresi	Dağılım oranları
15 dk altı	%20,6
15 dk – 30 dk arası	%36,7
30 dk – 1saat arası	%31,8
1 saatten fazla	%10,9

MAASTO (Indiana, Iowa, Kansas, Kentucky, Michigan, Minnesota, Ohio ve Wisconsin eyaletleri) Bölgesel Tır Parkı Bilgi Yönetimi Sistemi (Regional Truck Parking Information Management System-TPIMS) projesi kapsamında, Amerika Ulaşım Araştırmaları Enstitüsü (ATRI) tarafından yapılan saha araştırmalarındaki bulgulara göre; uygun park yeri bulunamaması nedeniyle her bir sürücü için yıllık üretkenlik kaybının yaklaşık olarak 3.200 km (2.000 mil) olduğu ve bu kaybın 3.000 doların üzerinde

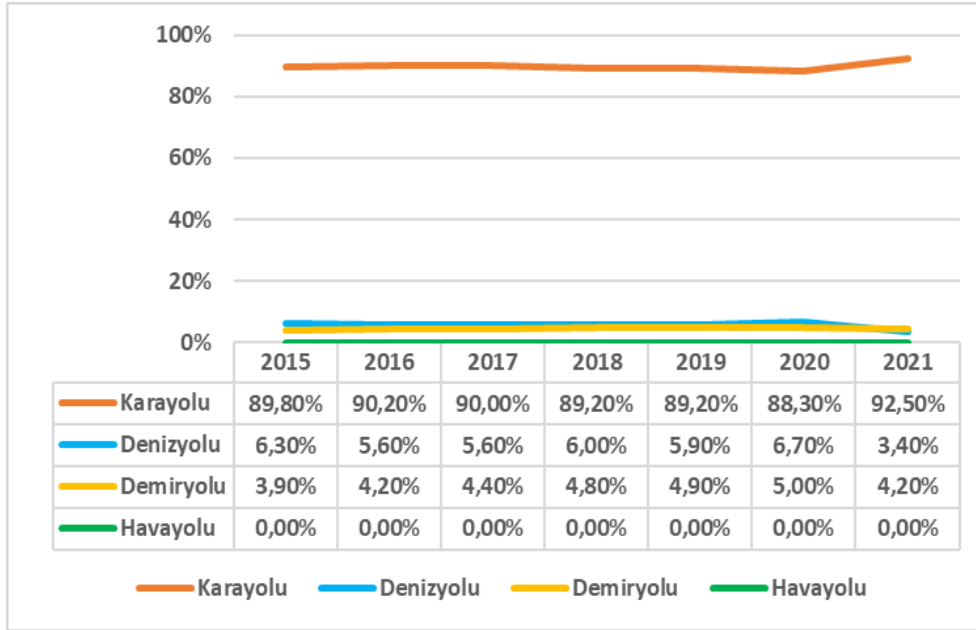
bir maliyete karşılık geldiği hesaplanmıştır (American Transportation Research Institute, 2018). Söz konusu enstitüsü tarafından yapılan saha araştırmaları ile sürücülerin uygun park yeri bulmak için harcadıkları süreler Tablo 1’de yer almaktadır.

Benzer şekilde ATRI tarafından yürütülen anket sonucunda sürücülerin uygun park yeri aramak için günde ortalama 56 dakikalık sürüş süresinden feragat ettiği, bu nedenle yapılan ilave yol, yakıt ve süre harcanmasından kaynaklanan gelir kaybının yılda 4.600 dolarlık maliyete karşılık geldiği hesaplanmıştır (Federal Highway Administration, 2022).

Ağır yük araçlarının park yerlerine yönelik akademik çalışmaların genel olarak ihtiyaç analizi veya doluluk tahmini konularına odaklanıldığı görülmüştür. Ayrıca sahada sürücülerin aktivite, alışkanlık ve tercihlerinin analizi de diğer bir araştırma boyutudur. Uygun park yerinin bulunmamasının, iş gücü kaybı nedeniyle verimliliği azalttığı ve ekonomik yönden olumsuz etki oluşturduğu, diğer taraftan çalışanlar için emniyet, güvenlik, huzur ve memnuniyet gibi sosyal ve psikolojik etkiler barındırdığı görülmektedir. Çıkış noktasından varış noktasına kadar verimli, güvenli ve kesintisiz bir şekilde yapılan yük taşımacılığı ulusal bir öncelik olarak değerlendirilmelidir. Bu bakış açısı ile ilk aşamada park yeri ihtiyacının belirlenmesinin, daha sonra uygun ve gerekli model ya da modellerin çoklu kriterler dikkate alınarak oluşturulmasının ve bu doğrultuda öncelikli alanlar için pilot çalışmalara başlanmasının taşımacılık sektörünün gelişmesine, nitelikli hale gelmesine, ulusal ve uluslararası rekabet gücünün artmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

#### 4. Karayolu taşımacılığında park ihtiyacını oluşturan etkenler

Ulaştırma ve taşımacılık sektörü tüm taşıma modlarında gelişmeye devam etmekle birlikte karayolu modundaki gelişim ve değişim daha fazla olmaktadır. Türkiye için karayolu, denizyolu (kabotaj), demiryolu ve havayolu modlarındaki yurt içi yük taşımacılığının kıyaslandığı dağılım Şekil 1’de yer almakta olup burada açık ara ile en fazla karayollarının kullanıldığı görülmektedir (Karayolları Genel Müdürlüğü, 2021).



Şekil 1. Yük taşımacılık oranları (Karayolları Genel Müdürlüğü, 2021).

Yurtiçi taşımacılık faaliyetlerinin yanı sıra lojistik alanında dünya çapında öneme sahip orta koridorda yer alan Türkiye’de, Asya ile Avrupa ve Rusya ile Arabistan arasındaki köprü konumu nedeniyle yoğun uluslararası ve transit taşımacılık trafiği oluşmaktadır. Bu kapsamda Türkiye’de ağır vasıta ile ulusal ve uluslararası taşımacılık yapabilmeye yönelik yetkilendirme sayıları Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Ağır vasıta ile taşımacılık yetkilendirme sayıları (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2022)

Yetkilendirme türü	Geçerli belge sayısı	
Yurtiçi veya yurtdışı hususi eşya taşımacılığı	C1	703
Yurtiçi veya yurtdışı ticari amaçla eşya taşımacılığı	C2 <sup>1</sup>	3.970
Yurtiçi veya yurtdışı ticari amaçla taşınma eşyası taşımacılığı	C3	20
Yurtiçi ticari amaçla eşya taşımacılığı	K1	135.203
Yurtiçi hususi eşya taşımacılığı	K2	319.635
Yurtiçi ticari amaçla taşınma eşyası taşımacılığı	K3	1.658
Yurtiçi lojistik işletmeciliği	L1	290
Yurtiçi ve/veya uluslararası lojistik işletmeciliği	L2	398
İl içi nakliyat ambarı işletmeciliği	N1	61
Yurtiçi nakliyat ambarı işletmeciliği	N2	146
Ticari amaçla yurtiçi ve/veya uluslararası ölçekte tarifeli olarak kargo işletmeciliği yapacak gerçek ve tüzel kişilere	M2	12.954
<b>Ağır vasıta ile taşımacılık yapabilecek toplam yetkilendirme sayısı</b>		<b>475.038</b>

Sektörlere göre sabit sermaye yatırımlarına bakıldığında, 1999-2020 yılları arasındaki toplam yatırımlar içinde %24 pay ile konut sektöründen sonra en çok yatırım yapılan ikinci alan, ulaştırma olmuştur (T. C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2022). Türkiye'nin karayolu yük taşımacılığı cirosu, 2010-2020 arasında %342 artarak 2020 yılında 174.307.855,00 TL gibi bir hacme ulaşmıştır (Tırpark, 2022). Lojistik alanındaki maliyet kalemlerinin yarıya yakını taşımacılık yani sevkiyat faaliyetleri oluşturmaktadır. Bu durum lojistik sektöründeki depolama, talep yönetimi gibi faaliyet kalemleri içerisinde ulaştırmanın sahip olduğu payın önemini vurgulamaktadır. Diğer sektörlerle göre ulaştırma alanındaki yatırımların doğrudan ve dolaylı ekonomik etkileri de yüksek olmaktadır (Aydm, 2022).

Türkiye'nin coğrafi olarak geniş bir yüz ölçüme sahip olması, yurtiçi ve yurtdışı yük taşımacılığında ağırlıklı olarak karayolunun tercih edilmesi, dünyaya paralel olarak lojistik sektöründe her geçen yıl trafik hacminin ve küresel rekabetin artması ile tır parkı ihtiyacı gündemin üst sıralarına taşınmaktadır.

Ayrıca uzun mesafeli taşımacılık çerçevesinde, Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) tarafından 1979 yılında 153 Numaralı Sözleşme ile dünya geneli için belirlenen sürüş süresi kısıtlamaları, park yeri ihtiyacını daha da gerekli hale getirmektedir. Bu çerçevede Türkiye'de Karayolları Trafik Yönetmeliği'nin 98'inci maddesine göre, ticari yük taşımacılığı yapan ve ağırlığı 3,5 tonun üzerinde olan araçların sürücüleri ile ticari yolcu taşımacılığı yapan ve taşıma kapasitesi şoförü dahil 9 kişiyi geçen araçların sürücülerine, 24 saatlik herhangi bir süre içinde toplam olarak en fazla 9 saat ve kesintisiz olarak en fazla 4,5 saat araç kullanabilme izni verilmektedir. Kesintisiz araç kullanma süresi sonunda, şoförlerin en az 45 dakika mola almaları mecburidir. Bu molalar tek seferde veya 4,5 saatlik araç kullanma süresi içinde en az 15 dakikalık molalar şeklinde kullanılabilir (T.C. İçişleri Bakanlığı, 1997). Sürücülerin her çalışma gününde en az 11 saat dinlenmesi bu sürenin en az 8 saatinin kesintisiz olması gerekmektedir. Günlük dinlenme süresi 12 saate çıkartılabilmekte veya haftada en fazla 3 defa en az 9 saate indirilebilmektedir. Yine aynı yönetmeliğe göre, haftada en fazla 6 gün araç kullanabilen şoförler bu sürenin ardından 24 saat hafta tatili kullanmak zorundadırlar. Düzenli olmayan uluslararası yolcu taşımacılığında ise sürücüler 12 gün süreyle araç kullanabilmektedir ancak daha sonra 2 gün hafta tatili yapmaları mecburidir. Birleşik 2 hafta içinde toplam araç kullanma süresi 90 saati aşamaz. Araçta iki sürücü bulunması halinde ise kurallar buna göre düzenlenmektedir (T.C. İçişleri Bakanlığı, 1997). Ayrıca Uluslararası Karayolu Taşımacılığı yapan taşıtlarda çalışan personelin çalışmalarına ilişkin Avrupa Anlaşması (AETR Konvansiyonu) ile Türkiye ve anlaşmaya taraf olan

<sup>1</sup> 14.1.2023 tarih ve 32073 sayılı Resmî Gazete' de yayımlanarak yürürlüğe giren "Karayolu Taşıma Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik" ile C2 yetki belgeleri yönetmelikte belirtilen geçerlilik tarihi esas alınarak L2 yetki belgesi ile değiştirilmiştir.

diğer ülkelerde uluslararası karayolu taşımacılığı için çalışma süreleri aynı şekilde kısıt altındadır (Birleşmiş Milletler, 1970).

Karayolunda, araç içinde monte edilecek şekilde tasarlanmış olan yarı otomatik veya otomatik takograf cihazları ile araç hareketleri, hız ve sürücü çalışma sürelerinin detayları görülüp kayıt altına alınabilmektedir (T.C. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2010). Karayolları Trafik Yönetmeliğine göre ticari amaçla yük ve yolcu taşımacılığı yapan otobüs, kamyon ve çekicilerde takograf bulundurulması zorunludur. Takograf kayıtlarının bir ay boyunca araç içerisinde bulundurulması, daha sonraki süreçte ise aracın bağlı bulunduğu işletme içerisinde en az beş yıl süre ile saklanması mecburidir (T.C. İçişleri Bakanlığı, 1997). Uluslararası karayolu taşımacılığı yapan taşıtlar için AETR'ye göre araçlarda bulunan kontrol aygıtının kayıt kartlarının, araç içindeki cihazda bir hafta, ilgili firmada bir yıl saklanması zorunludur (Birleşmiş Milletler, 1970). Özel taşımacılık firmaları verilerinin veya yol kenarı denetimlerinde araçtaki takograf cihazının incelenmesinden sürücülerin, çalışma ve dinlenme saatlerine yönelik kurallara uyup uymadıkları takip edilebilmektedir.

Türkiye'de 2021 yılında meydana gelen ölüm ve yaralanma ile sonuçlanan kaza nedenlerine göre, toplam 224.418 kusur içerisinde sürücü kaynaklı olanlar %87 ile en büyük payı oluşturmaktadır (Türkiye İstatistik Kurumu, 2021). Bu durum insan odaklı yaklaşım çerçevesinde, sürücülerin çalışma sürelerinin düzenlenmesinin, denetlenmesinin ve hataları asgariye indirecek şekilde dinlenme ve konfor olanağı sunmanın önemini desteklemektedir.

Mevzuat kapsamında zorunlu süre kısıtlaması bulunan yük taşımacılığında, mola ve dinlenme süresi esnasında uygun bir alana park etmiş olmak sürücü, yolcu ve yük güvenliği açısından önem arz etmektedir. Öte yandan, yakıt ve benzeri bazı tehlikeli yüklerin taşınmasına yönelik düzenleme haricinde (T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı, 2012), dinlenme sürelerinin nerede geçirileceği ile ilgili düzenleme ya da kriter bulunmamaktadır. Bu süre, özel dinlenme yeri veya uyuma bölümleri bulunan araçlarda, araç park yerlerinde, garajda veya yol kenarlarında park halinde geçirilebilmektedir.

Hâlihazırda güvenli park yerinin olmaması, dinlenmek için duracak yer ararken ağır yük vasıtalarının sürücülerinin uygun olmayan yerlere park etmesi veya mevzuata göre mola vermesi gereken süreyi aşmalarına yol açabilmektedir (Federal Highway Administration, 2022). Bu durum mevzuat açısından çelişkili bir durum oluşturduğu gibi, sürücüyü, aracı, yükü ve yolun diğer kullanıcılarını da birtakım risklerle karşı karşıya bırakmakta, trafikte kusurlu hallere, can ve mal kaybına neden olabilmektedir. Bu risklere örnek olarak hareket halindeki veya park etmiş olan ağır tonajlı araçların fren boşalması sonucu yol açtığı kazalar verilebilir. ABD'de görevli olduğu esnada mecburen park ettiği terk edilmiş istasyon noktasında öldürülen tır sürücüsü Jason Rivenburg, maalesef bu kapsamdaki örneklerden bir diğerini oluşturmuştur. Olayın ardından toplumda oluşan etki ve farkındalık neticesinde "The Moving Ahead for Progress in the 21st Century Act (MAP-21)" programı çerçevesindeki Jason Yasası olarak anılan düzenleme ile ABD Ulaştırma Bakanlığı (Department of Transport) tarafından güvenli park alanı sağlamak için gerekli çalışmalar önceliklendirilmiştir. Ağır yük araçlarının yüklerine yönelik yapılan hırsızlıkların büyük boyutlara ulaşması veya göçmenlerin ülkelere gayri resmi sokulması için bu araçların gibi nedenlerle, AB'de güvenli tır parkları çalışmaları başlatılmıştır. Bu çalışmalar kapsamında yol güvenliği yönetimi, sürücü çalışma ve dinlenme süreleri, sürücülerin nitelikleri, takograf uygulaması ile tır ve ticari araçların güvenli ve korumalı park yerleri için bilgi hizmeti sunulması ana başlıkları altında düzenlemeler yapılmıştır (European Commission, 2003; 2013; 2014b; 2019).

Türkiye'de tescil altına alınan ağır tonajlı araç sayısı toplamında 2019 yılı hariç, genel olarak son yedi yılda düzenli artış olduğu Tablo 3'te görülmektedir. Türkiye'deki ağır tonajlı araç sayısı 2022 yıl sonu verilerine göre 919.125'tir (Türkiye İstatistik Kurumu, 2022).

Türkiye'de 2022 yıl sonu verilerine göre geçerli bir taşımacılık yetki belge türlerinden herhangi birine sahip yani aktif taşımacılık yapan kamyon sayısı 263.878, çekici sayısı 245.590, yarı-römork sayısı 284.626, römork sayısı 4.961, tanker sayısı 7.705'tir (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2022).



**Tablo 3.** Tescil altındaki ağır tonajlı araç sayıları (Türkiye İstatistik Kurumu, 2022)

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Kamyon ve çekici sayısı <sup>2</sup>	804.319	825.334	838.718	845.462	844.481	859.670	886.303	919.125

ABD Ulaşım İstatistikleri Bürosu verilerine göre ülkedeki kamyon ve çekicilerin sayısı 2020 yılında toplam 13.479.382 olmuştur (United States Bureau of Transportation Statistics, 2020). AB’de 27 ülkedeki çekici sayıları toplamı 2.088.120, Yunanistan ve Slovenya hariç 25 üye ülkedeki 3,5 ton üzeri ağır yük aracı sayısı 4.002.793’tür (Eurostat, 2021). ABD’de tır parklarına yönelik öncü çalışmalarda bulunan Ulusal Karayolu İdaresi tarafından ticari motorlu araçların park yerlerine yönelik yapılan saha araştırmalarında, ülke genelinde yaklaşık 313.000 tır park alanı belirlenmiştir (Federal Highway Administration, 2020). Bununla birlikte ABD Ulaştırma Bakanlığı resmi coğrafi bilgi sistemi web uygulamasında yer alan harita üzerinde konumları verilen ülkedeki çeşitli niteliklerdeki toplam tır parkı sayısı ise 1.915’tir (United States Department of Transportation, 2023). Halihazırda AB kapsamında çeşitli niteliklerde yaklaşık 300.000 tır park yerinin olduğu, toplam talebi karşılamak için 100.000 araçlık daha park yeri ihtiyacının bulunduğu belirtilmektedir. AB’deki park yerlerinin sadece 7.000’i, yani %3’ünden daha azı güvenlik ve emniyet konusunda belgelenmiş alanlarda bulunmaktadır (International Road Transport Union, 2023).

Uzun mesafe yük taşımacılığında park yeri eksikliğinin güvenlik riskleri oluşturmasının yanı sıra altyapıya da olumsuz etkileri bulunmaktadır. Ağır tonajlı yük araçların, farklı ve uygun olmayan zeminlere sahip yol banketlerine veya rampalara sık sık park etmek durumunda kalmasının, bu alanlarda duruş-kalkış ve manevra yapmasının, kaldırımında ve yol kenarlarında çatlama, bozulma ve aşınmaya yol açtığı değerlendirilmektedir. Bu durumun sonucunda oluşan bakım ve onarım masrafları, yerel veya merkezi yönetimler için bütçeye ilave yük anlamına gelmektedir (Federal Highway Administration, 2022).

Ağır yük vasıtaları için dinlenme alanlarının faydaları; yol emniyet ve güvenliği, sürüş konforu ve rahatlığı ile verimlilik sağlanması olarak temelde üç kategoride değerlendirilebilmektedir (Campbell, 2014). Gelişigüzel yerlere park edilmesinin önüne geçilmesi, şoför, araç ve yük için daha güvenli ve emniyetli ortam sağlanmasına imkân vermektedir. Aynı zamanda ağır yük araçlarının park ve manevralarından kaynaklı yol deformasyonlarının azaltılması, park yeri aramak için harcanan zaman ve park yerine ulaşmak için gidilen mesafenin kısaltılması ile yakıt ve mesaiden sağlanan tasarruf sayesinde taşıma maliyetlerinin azaltılması söz konusu olurken verimlilik artmaktadır. Emisyon, trafik sıkışıklığı ve gürültünün azaltılması ise çevreye yönelik olumsuz etkileri bertaraf eden dolaylı katkılardandır.

Öte yandan tır ve kamyonlara özel park yeri tesis edilmesi sayesinde, bütünlük çözüm yaklaşımı ile yatırım, bakım, onarım, işletim ve enerji gibi maliyet kalemleri için daha ekonomik bir iş ve yönetim modeli oluşturulması mümkündür. Aynı zamanda bu şekildeki bir yatırım ile istihdam ve gelir kaynağı yaratılarak park yerinin bulunduğu bölgedeki ekonominin canlanması ve ticari rekabet gücünün artması gibi olumlu etkiler ortaya çıkacağı düşünülmektedir.

Türkiye’de ulaştırma sektöründeki araç ve yetkili taşımacı sayıları, park yeri sayısı ve kapasite ihtiyacını belirlemeye yönelik temel bir veri niteliği taşımaya rağmen ihtiyaç analizi yapmak için yeterli olmamaktadır. Bu analizin sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için ilk adım olarak ülke genelindeki trafik koridorları ile sanayi ve üretim alanları özelinde ağır yük taşıtlarının trafik hacminin tespit edilmesi uygun olacaktır. Tespit edilen trafik hacmine göre belirlenen güzergâhlar ve bu hat üzerinde çeşitli sebepler ile en çok duraklama yapılan noktalar için konum ve kapasite belirlenmesi amacıyla uygun bir model oluşturulması doğru bir yaklaşım olacaktır. Aynı zamanda yoğun trafik hacmi bölgelerine yönelik yapılan saha anketleri ile sürücülerin faaliyetleri araştırılarak bu çalışmalar desteklenmelidir.

<sup>2</sup> Çekici, damperli kamyon, tanker, çöp kamyonu vb. ağır tonajlı araçlar da kamyon başlığı altında gösterilmiştir.

## 5. Tır parklarına yönelik düzenleme çalışmaları

Taşımacılık sürecinin mevzuatından kaynaklı kısıtlamalar veya yollarda geçen uzun çalışma süreleri nedeniyle, ağır yük araçlarının sürücülerinin ihtiyaçları ekonomi, sağlık, ulaşım, eğitim gibi birçok alanı farklı açılardan ilgilendiren önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu ihtiyaçların en önemlisi ise yorgunluk, açlık, uykusuzluk gibi doğrudan sürücülerini ilgilendiren doğal sebeplerdir. Sürücüler bu gereksinimlerini karşılamak amacıyla yol kenarları veya boş alanlar gibi uygunsuz yerleri ya da diğer yol kullanıcılarına hizmet veren yakıt ikmal ve dinlenme tesislerini kullanmak durumunda kalmaktadır. Söz konusu mekanlar ise güvenlik ve emniyet açısından riskler barındırmakta olduğundan özellikle ağır yük araçlarına göre iyi tasarlanmış, akıllı ulaşım ve yenilikçi teknolojileri içeren park alanları önemli olmaktadır.

Araç park alanları için tasarımda genel kriterler, yol güzergahından erişim kolay olması, yeterli büyüklükte olması, yeterli ve kapsamlı aydınlatma ile güvenliğin olması, sürücülerin ihtiyaçlarını giderecek tesislerin olması, çevre kirlilik oluşturmamasıdır. Ağır yük araçlarının park yerlerine yönelik tasarım ve planlama kapsamında, ilk olarak sürücülerin park etme neden ve süreleri değerlendirilmelidir. Bu neden ve sürelerle yönelik; uzun süreli dinlenme, kısa süreli yük indirme ve yükleme, kısa süreli mola ve dinlenme, acil durum nedeni ile ani mola verme ve aktif çalışma dışı zamanlarda aracın uzun süreli olarak park edilmesi şeklinde bir gruplandırma yapmak mümkündür. Bu gruplandırma özet olarak Şekil 2’de yer almaktadır.

 Uzun süreli dinlenme	 Kısa süreli park	 Zorunlu mola (45 dk)	 Acil durum	 Çalışma dışı zaman
Uzun-mesafe sürücülerini için günde 8 saat dinlenme zorunluluğu (3,5 ton ve üzeri araçlar için) Uzun süreli dinlenme için konfor ihtiyacı	Üreticilerden, depolardan ve dağıtım merkezlerinden yük alma ya da teslim etme sürecinde bekleme (park etme) durumu	Günde en fazla 9 saat çalışabilme, 4,5 saat araç kullanımı için 45 dk süreli mola kullanma zorunluluğu	Karayolunun kapanması gibi olağanüstü durumlarda oluşan acil park etme ihtiyacı.	Kendi aracını kullanan sürücüler için çalışmadıkları zamanlarda tırlarını park edebilecekleri yer ihtiyacı

Şekil 2. Park ihtiyacına yönelik gruplandırma

Bu ihtiyaçlara cevap vermek üzere yapılan tır parkları, gümrüklerde, limanlarda, lojistik merkezlerde, otoyol ve transit yol kenarlarında, denetim noktalarında, Organize Sanayi Bölgelerinde (OSB) ve üretim tesisleri gibi ihtiyaç duyulan yerlerde konumlandırılabilir. Özellikle sınırlarda gümrük kontrolü amacıyla yapılan işlemler sürecinde, araçların park edebileceği bir tesis bulunması gereklilik oluşturmaktadır. Tır İşlemleri başlıklı 1 Seri Numaralı Gümrük Genel Tebliği, kamyon ve tır konaklama yerlerini “Sürücülerin dinlenmek, geceyi geçirmek, taşıtlarını park etmek ve teknik ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla uğradıkları sosyal tesisleri” olarak tanımlanmakla beraber bu konuda kriter içermemektedir (T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı, 2010).

Ancak özel olarak transite izin verilen Serbest Dolaşımda Bulunmayan Ham Petrol, Benzin, Motorin ve Jet Yakıtının Türkiye Cumhuriyeti Gümrük Bölgesinde Karayolu veya Demiryolu ile Transitinde Uyulacak Usul ve Esaslara İlişkin Transit Rejimi başlıklı 3 Seri Numaralı Gümrük Genel Tebliğinin (T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı, 2012) 10’uncu maddesinde söz konusu tebliğ kapsamı eşyanın taşınmasında kullanılan taşıtların, belirlenmiş güzergâhlar üzerinde durabileceği hüküm altına alınmıştır. Gümrük ve Ticaret Bakanlığının 31 Aralık 2014 tarih ve 96603261 sayılı Genelgesi ile

konaklama tesislerinin asgari olarak taşınması gereken şartlar belirlenmiştir. Bu tesislerde 24 saat güvenlik görevlisi bulundurulması, zeminin tır parkına uygun olması, tebliğ kapsamındaki yük taşıyan tırlara özel ayrılmış park alanlarının mevcut olması, kesintisiz güç kaynağına bağlı kapalı devre kamera ve kayıt sisteminin bulunması, giriş ve çıkış yerleri de dahil olmak üzere yeterli aydınlatma sağlanması gerekmektedir. (T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı, 2014).

Karayolları Kenarında Yapılacak ve Açılacak Tesisler Hakkında Yönetmelik tır parkı tesisleri ile ilgili bağlayıcı diğer bir düzenleme olarak 15 Mayıs 1997 tarih ve 22990 sayılı Resmî Gazete’ de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 1997). Söz konusu mevzuatta park yeri büyüklüğü, yol ve kavşaklara olan mesafesi, yol bağlantıları, aydınlatma durumu gibi hususlara ilişkin temel bazı hükümler yer almaktadır, ancak sınır kapıları da dahil Türkiye’de tır parklarının kriterlerine yönelik doğrudan ve kapsamlı bir düzenleme bulunmamaktadır. Resmî Gazete’nin 22 Şubat 2018 tarihli 30340’ıncı sayısında yayımlanarak yürürlüğe giren Otopark Yönetmeliği ile Büyükşehir Belediye sınırları içindeki otoparklara yönelik ihtiyacın ve koşulların tespit ve giderilme esaslarını düzenlemektedir (T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2018).

Jason Yasası olarak bilinen düzenleme ile ABD Ulaştırma Bakanlığı tarafından eyalet motorlu taşıt temsilcileriyle iş birliği yapılarak bir anket ve karşılaştırmalı analiz gerçekleştirilmesi yükümlülüğü getirilmiştir. Analizin amacı eyaletler arası taşımacılık yapan ticari motorlu taşıtlar için, trafik hacmi ile park ve dinlenme tesisi kapasitesini değerlendirmektir. Bu amaçla park tesislerinin yeterliliğine yönelik bir ölçüm sistemi geliştirmek hedeflenmiştir.

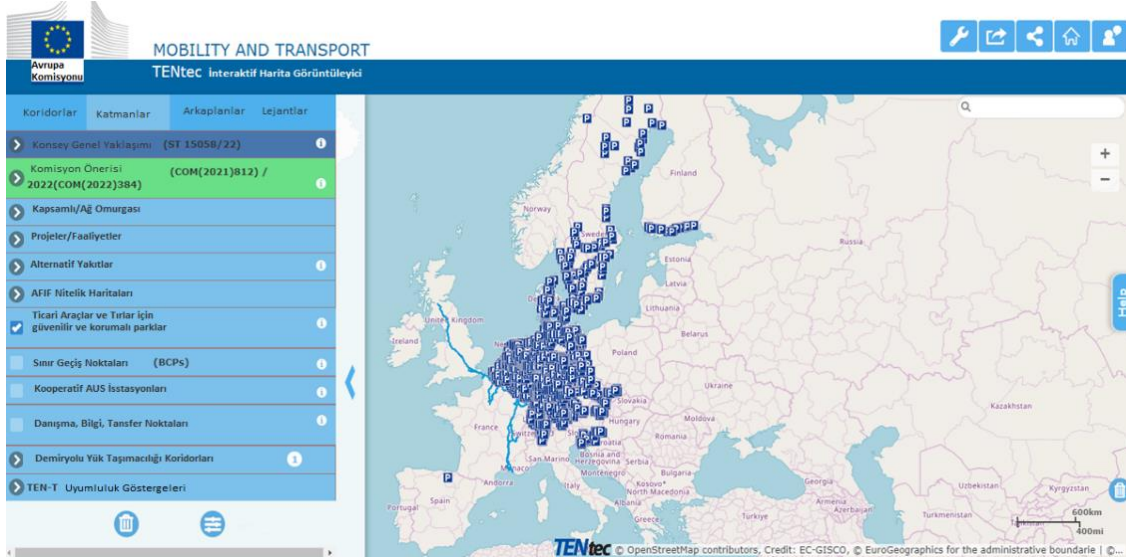
ABD Ulaştırma Bakanlığı 2015 yılında, ortak çözümler bulmak ve tır park yeri ihtiyacı konusunda farkındalık oluşturmak için ağır yük taşımacılığı endüstrisi ile Ulusal Tır Parkı Koalisyonu adında bir yapılmaya gitmiştir. Koalisyon tarafından mevcut uygulamaları incelemek ve tır parkı sorunları ile bu kapsamdaki çözümler hakkında kamuoyunu bilgilendirme çalışmaları yapmak üzere çok sayıda alt çalışma grubu oluşturmuştur. Bu gruplar tarafından, tır park tesislerinin planlanması ve yapımı kapsamındaki imar, tasarım ve arazi kullanımı gibi faaliyetlerin iyileştirilmesi ve geliştirmesinde yol haritası olacak bir rehber hazırlama çalışması yapılmıştır. Ulusal Karayolu İdaresi tarafından Eylül 2022’de bu yol haritası Tır Parkı Geliştirme El Kitabı olarak kamuoyu ile paylaşılmıştır (Federal Highway Administration, 2022).

AB’de, 2000’li yıllarda Trans-Avrupa ulaşım ağı (TEN-T) çalışmaları ile ağır yük taşımacılığına yönelik araç park alanı ihtiyacı da gündeme gelmeye başlamıştır. AB tarafından yayımlanan karayolu altyapısı güvenlik yönetimi hakkındaki 2008/96/EC yönergede, yeterli sayıda güvenli dinlenme alanı varlığına ilişkin, olası suçların önüne geçilmesinin yanında yol güvenliği ve emniyeti için de önemli etkisi olduğu vurgusu yapılmıştır. Bu alanlar sürücülerin vaktinde mola vermelerini ve yolculuklarına tam konsantrasyonla devam etmelerini sağladığından karayolu altyapısı güvenlik yönetiminin ayrılmaz bir parçası olarak görülmüştür. Bu mevzuat ile aynı zamanda, karayolu güvenliğine yönelik etki değerlendirme ve denetim çalışmaları ile, yeni yol bölümlerinin yeterli ve güvenli park alanı öngörülerek inşa edilmelerini sağlamak hedeflenmiştir (European Commission, 2008).

Avrupa Komisyonu tarafından, ağır yük araçları için güvenli park yerlerine ilişkin olarak Avrupa Güvenli Tır Parkı Operasyonel Hizmetleri (SETPOS-Secure European Truck Park Operational Services) projesi 2006 yılında başlatılmıştır. Daha iyi navlun güvenliği sağlamak amacıyla ortak finansman ile başlatılan bu proje sürücüler, sevkiyat görevlileri, nakliyeciler, dinlenme tesisi işletmecileri, sigortacılar ve kamu yetkilileri gibi çeşitli paydaşların gereksinimlerini belirlemeyi ve değerlendirerek çözümler sunmayı hedeflemiştir. Güvenlik standartlarının belirlenmesini, pilot uygulamaları ve tüm tesisleri içine alacak şekilde tasarlanması planlanan bilgi, rehberlik ve rezervasyon portalı gibi temel unsurları içeren proje 2010 yılında tamamlanmıştır. Projenin sonucunda park yerlerinin en iyi uygulamalarına yönelik bir el kitabı (European Commission, 2010) ile güvenli tır parkına ilişkin temel bilgileri ve dikkate alınması gereken hususları içeren doküman (European Commission, 2019) hazırlanarak yayımlanmıştır (European Commission, 2011a).

Tır Parkları için Avrupa Erişim Noktası çalışması ile, DATEX II formatında tır park verilerine erişim sağlamak amaçlanmıştır. Tırlar ve ticari yük araçlarına yönelik güvenli ve emniyetli park yerlerine ilişkin bilgi ve rezervasyon hizmetlerini sunabilmek için gerekli kriterlerin belirlenmesi görevi 2010/40/EU Direktifi ile Avrupa Komisyonuna verilmiştir. Bu kapsamda Komisyon, tırlar ve ticari yük

araçları için güvenli park yerlerine yönelik bilgi hizmetlerinin sağlanmasına ilişkin 885/2013 sayılı düzenlemeyi kabul etmiştir. Bu düzenlemenin 5'inci maddesi uyarınca, halka açık veya özel otopark işletmecileri ve hizmet sağlayıcılarına, güvenli ve korumalı park alanlarıyla ilgili verileri, bir ağ aracılığıyla paylaşma ve ulusal veya uluslararası erişim noktası aracılığı ile değiş tokuş yapma yükümlülüğü getirilmiştir. Bu yükümlülük doğrultusunda, Avrupa Komisyonu tarafından ticari yük araçları için güvenli park alanları ile ilgili toplanan veriler kullanılarak oluşturulan, Şekil 3'teki interaktif harita portalından, açık veri olarak kamuoyu ile paylaşılmaktadır (European Commission, 2014; European Commission, 2018).



Şekil 3. Avrupa Komisyonu tır park portalı (European Commission, 2018).

Avrupa Komisyonu Nisan 2022'de, TEN-T ağı boyunca her biri arasında maksimum 100 km mesafe olan güvenli ve emniyetli park alanları bulunmasını sağlama yükümlülüğü kapsamında, güvenli ve emniyetli park alanlarının hizmet ve güvenlik seviyesini detaylandıran AB standartlarını yayınlamıştır (European Commission, 2013).

Avustralya'da ise tüm devlet karayolu idareleri, ağır vasıta dinlenme alanlarının planlanması ve inşası konusunda ulusal teknik standartlara uymak durumundadır. Bu doğrultuda yetki ve faaliyet alanları arasındaki farklılıkları gidererek dinlenme alanı tanımını ulusal bir standart haline getirmek için Avustralya Ulusal Ulaştırma Komisyonu (NTC) bir çalışma başlatmıştır. Bu çalışma ile hazırlanan ağır vasıta dinlenme alanı tesislerine yönelik koşulları ortaya koyan kılavuz (National Road Transport Commission, 2005) çerçevesinde bu tesislerin konumu, sayısı, mesafesi ve yapımına ilişkin hususlara odaklanılmaktadır. Söz konusu çalışmanın kapsamında 15 veya daha fazla park yeri olan uzun dinlenme molaları için büyük dinlenme alanları, 15 park yerine kadar daha kısa dinlenme molaları için küçük dinlenme alanları, kısa amaçlı duraklar için, en fazla dört park yeri ile tır park yeri şeklinde üç farklı sınıflandırma yapılmıştır. Burada genel bir kural olarak, büyük dinlenme alanları en fazla 100 km, küçük dinlenme alanları 50 km ve tır park yerleri 30 km aralıklarla konumlandırılmaktadır. Dinlenme tesislerinin asgari olarak her türlü hava koşuluna uygun yol ve zemin yapısına, korunaklı ve gölgelik alanlara, atık kutularına, hafif ve ağır araçlar için ayrı park yerleri ile masa ve bank gibi dinlenme malzemelerine sahip olması gerekmektedir (Campbell, 2014).

Ağır tonajlı yük araçlarına yönelik ülke genelindeki veya bir bölgedeki taşımacılık koridorları kapsamında, park yeri ihtiyacı analizinin yanı sıra bir yolun veya otoyolun belirlenen bir bölümü için daha mikro ölçekte park alanı ihtiyacını denklem (1) ile hesaplamak mümkündür. Bu denklem, park alanı türünden bağımsız, park yeri tasarımında araç kapasitesini matematiksel olarak belirlemek için kullanılmaktadır (Poliak vd., 2020).

$$PP = I \cdot \frac{R}{24} \cdot \frac{D}{S \cdot T_d} \quad (1)$$

Denklemden yer alan PP gerekli park yeri sayısı, I araç/saat cinsinden incelenen yol bölümü için trafik yoğunluğu, R saat cinsinden sürücünün dinlenme süresi, D incelenen yol bölümünün kilometre cinsinden uzunluğu, S kilometre/saat cinsinden incelenen yol bölümündeki ortalama araç hızını ve T<sub>d</sub> saat cinsinden 24 saat başına ortalama araç sürüş süresini ifade etmektedir. Güvenilirliği, giriş verilerinin doğruluğuna bağlı olan formül, trafik yoğunluğunu, uzunluğunu, kamyon ve tırların ortalama hızlarını ve ayrıca şoförlerin dinlenme süresi ile ilgili temel verileri dikkate alarak yeni park alanlarının tasarlanması için teorik bir temel oluşturmaya katkı sağlamaktadır (Poliak vd., 2020).

Türkiye'deki yollar için de benzer analizin yapılması mümkündür. Ancak özellikle yollardaki tır ve kamyon gibi ağır yük araçların yoğunluğunun belirlenmesi gerekmektedir. Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) tarafından 2005 yılından itibaren yollardaki araç yoğunluğunu takip edebilmek amacıyla yol ağında manyetik döngülü sistemlerinin kurulmasına ve kullanımına başlanmıştır. Elde edilen veriler ile belirlenen trafik parametreleri, karayolu planlama, projelendirme, alt ve üst yapı tasarım ve yapım, trafik güvenliği, çevresel etki değerlendirme işlerinde kullanılmaktadır. Kurulumu 2019 yılı sonunda tamamlanmış olan 540 adet manyetik döngülü sistem, sürekli olarak topladığı anlık trafik verisini, sabit otomatik trafik sayım ve sınıflandırma merkez sistemine aktarmaktadır. Bu sistem sayesinde saatlik, günlük, aylık trafik akım değerleri, taşıt bazlı hız, uzunluk ve ağırlık bilgileri elde edilmekte, sürekli sayım yerlerine ait Yıllık Ortalama Günlük Trafik (YOGT), K faktörü ve yönsel dağılım parametreleri üretilmektedir. K faktörü, bir saatlik süre zarfında olan trafiğin YOGT'ye oranıdır. Yönsel dağılım ise, yolun tek yönünde zirve saatte geçen trafiğin, yolun iki yönünden geçen toplam trafiğe oranının yüzde olarak ifadesidir. Taşıtlar, uzunluklarına göre motosiklet, otomobil, karavan, hafif yüklü ticari taşıt, orta yüklü ticari taşıt, kamyon, otobüs, römork, çekici ve yarı römork olmak üzere 9 sınıfa ayrılmaktadır. Ayrıca Türkiye genelinde her yıl yaklaşık 1000-1200 noktada seyyar sayım ve sınıflandırma cihazları kullanılarak da trafik sayımları gerçekleştirilmektedir. Elde edilen bu veriler kapsamında, KGM tarafından yıllık ortalama günlük trafik değerleri ve ulaşım bilgileri yayımlanmaktadır (Karayolları Genel Müdürlüğü, 2023). Bu veriler ışığında, özellikle yük taşımacılığında başlangıç ve varış noktaları ile daha çok tercih edilen ve yoğun kullanılan güzergâhların belirlenmesi, bu yollarda ağır yük araçlarının oluşturduğu trafik hacminin analiz edilmesi ve dinlenme tesisi ihtiyacına yönelik denklem (1)'in uygulanması neticesinde kamyon ve çekici sayısına yönelik park yeri ihtiyacı için teorik bir temel oluşturulması mümkün olabilecektir.

## 6. Tır parklarına yönelik çözüm önerileri

Tır parkı tesislerinin kapasiteleri, kapsamı, nitelikleri ve imkanları bölgeden bölgeye değişkenlik arz etmektedir. İhtiyaçları gruplandırarak park ihtiyacı için nerede ne kadar kapasite gerektiğini belirlemek, yerel tedarik zincirlerinden, şehir planlamasına kadar etki alanındaki tüm kesimler hakkında bilgi sahibi olmayı gerektiren birden çok disiplini içeren bir çalışmadır. Doğru bir tasarım ise, ihtiyaca cevap veren güvenli ve verimli bir park ortamı sağlanması ile çevre üzerindeki etkilerin azaltılması açısından önemlidir. Ağır yük taşıtlarının seyahat sırasında çeşitli amaçlarla farklı sürelerde kullandıkları park alanlarına yönelik teknik özelliklerin ve düzenlemelerin, yük taşımacılığının ticari bir süreç olması ve yaşam ile sanayi alanları arasındaki etkileşim gibi nedenlerle özel araç park alanlarından farklı şekilde değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Tır parkı geliştirme ve planlama çalışmalarının temel aşamaları öncelikle bölgedeki ağır yük araçlarının park etme ihtiyacını belirleme, daha sonra park yeri fayda-maliyet analizi ile bu kapsamda tır parklarının yapılandırılması olarak kısaca özetlenebilir.

Ağır yük aracı sürücülerinin nereye, hangi sebeple ve ne zaman park edeceğini analiz etmenin ilk adımı, yük aracı trafiğine sebep olan faaliyet, iş kolları, altyapı ve tesisleri belirlemektir. Otopark kullanımına ilişkin geniş kitlelerden toplu bilgi elde etmenin en pratik yolu mobil uygulamalardan yararlanmaktır. Ayrıca GPS altyapısı ile tır hareket verilerinin analizinin yapılması da mümkündür. ABD Federal Yol Otoritesi (Federal Highway Authorization-FHWA) tarafından, günlük yük aracı seferlerinin sayısı ile sahanın çeşitli mesafelerinde gerekli olan park yeri arasındaki ilişkiyi yaklaşık olarak tahmin etmek için Tır Park Talebi Tahmin Aracı geliştirilmiştir. Talep ve ihtiyacı belirlemeye yönelik sahadaki paydaşlardan anket, mülakat gibi yöntemlerle bilgi alınmıştır. Endüstriyel sektörler ve bu sektörlerde

çalışanların hacimlerden yola çıkarak bir park yeri talep analizi modeli kullanılmıştır. Bu modelin dayandığı esas, lojistik sektörünün önemli miktarda tır ve kamyon trafiği ve park yeri ihtiyacı oluşturmalarıdır. Bu nedenle tır parkı tasarım ve proje geliştirme sürecinde, bölgedeki üretim tesisleri ve işletmeler hakkında bilgi sahibi olmak faydalıdır (Federal Highway Administration, 2022). Bu modelin analiz çalışmasının sadeleştirilmiş özetine ve bir bölgedeki park yapılmasına yol açan faaliyetler ile park talebinin belirlenmesine yönelik çalışma sorularına Tablo 4’te yer verilmiştir.

**Tablo 4.** Çalışma soruları (Federal Highway Administration, 2022)

<b>Tır ve kamyonları bölgeye çeken etmenler</b>	<b>Park talebini anlamaya yönelik sorular</b>	<b>Planlamaya yönelik çıkarımlar</b>
Ticari ve endüstri merkezlerine yönelik faaliyetler	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Arazi kullanımları belli yerlerde yoğunlaşmış veya dağıtık yapıda mıdır? Yoğun kullanılan bölgeler nerelerdir?</li> <li>– Bölgede hâlihazırda kamyon/tır park yeri var mı?</li> <li>– Ağır ve/veya standart ölçülerin dışında yük taşımacılığı yapan tırlar gelmekte mi?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Teslimat noktasına en yakın yere park talebi</li> <li>– Zaman sınırlamaları, çalışma saatinden önce yapılması gereken hazırlıklar</li> <li>– Ağır tonajlı araçların çalışma saatlerinde kısıtlama bulunan yollar için bu kriterlerin planlamada değerlendirilmesi</li> </ul>
Kombine taşımacılık kapsamında oluşan tır parkı ihtiyacı	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Teslim etme ve teslim alma faaliyetleri belli bir zaman aralığında mı yoksa 24 saat mı yapılmaktadır?</li> <li>– Zaman içerisinde hacim artışı ne yoğunlukta olmuştur?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zaman sınırlamalarının, tesis açılış saatlerinde talep yoğunluğuna yol açması</li> <li>– Daha uzun trenler, daha büyük gemiler ve intermodal hizmet kullanımının artması dolayısıyla tır trafiğinin artması</li> </ul>
Trafik akışından kaynaklanan park yeri ihtiyacı	<ul style="list-style-type: none"> <li>– En fazla tır trafiğini hangi otoyollar taşıyor?</li> <li>– Anayollar ve otoyollar boyunca hâlihazırda tır durakları veya dinlenme alanları mevcut mu?</li> <li>– Mevcut park tesislerinde boş kapasite olduğu bilgisine erişilebiliyor mu?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Kamyon ve tır yoğunluğu</li> <li>– Park yeri arayan sürücüler, tır parkına gelip yer bulamadığında rastgele yerlere park edebilir.</li> <li>– Yerleşim yeri ve mevzuattan kaynaklanan konaklama veya tır park yeri belirlemeye yönelik kısıtlar</li> </ul>

Park alanı planlamasında, çalışma yapılan bölgede, standart dışı ağırlık ve boyutta yük taşımacılığı yapan özel kamyon veya tırların olup olmadığının tespiti, park alanı planlaması için önemlidir. Bu yükler, rutin park etme sürecini etkileyen saat ve yol kısıtlamalarına yol açabilecektir. Organize sanayi bölgeleri, özel odalar ve birlikler dahil olmak üzere il veya belediyeleveli yerel paydaşlar ile iş birliği ile analiz yapılması doğru değerlendirme yapmak açısından faydalı olacaktır.

Tır parkı projelerinin, güvenlik ve emniyet içeren faydalar, zaman tasarrufu, emisyonlarda azalma gibi avantajlar ile sermaye işletme ve bakım maliyeti kapsamında fayda-maliyet analizi kullanarak değerlendirmek doğru bir yaklaşım olacaktır. Dinlenme alanlarının kurulmasından elde edilen faydalar, tesisin kendisinden değil, ilgili yol bölümü ile yolun bağlandığı diğer güzergâhlar üzerinde ortaya çıkan güvenlik ve emniyet etkisinden kaynaklanmaktadır. Dinlenme alanlarının ekonomik analizi için genellikle hem güzergâh hem de bağlantı açısından etki ve sonuçlar dikkate alınmalıdır (Campbell, 2014).

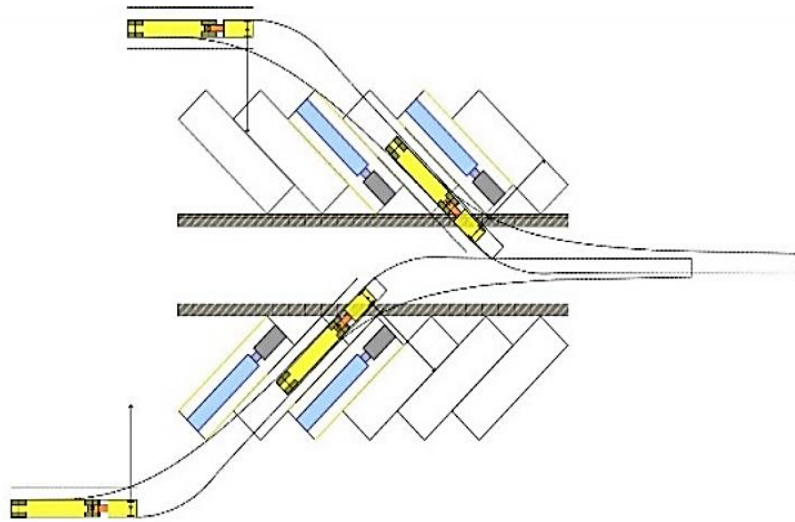


Güvenli park yerleri için, fayda-maliyet analizinin anlaşılması ve uygulanmasını kolaylaştırmak amacıyla Avrupa'yı Birbirine Bağlama Programı (CEF-Connecting Europe Facility) kapsamında, örnek bir vaka çalışması yapılmıştır. Çalışmada, EasternLand adı verilen hayali bir bölgede, TEN-T yol ağı içindeki A3 karayolunda yer alan 30 bin metrekare büyüklüğünde ve 155 adet tır kapasitesine sahip bir park alanı seçilmiştir. Seçilen park alanındaki mevcut tesislerin iyileştirilmesi, tuvalet, duş, lokanta, yakıt ikmal alanı gibi 7/24 hizmet veren yeni tesisler ilave edilmesi ve park alanının AB standartlarına göre gümüş seviyesinde güvenli hale getirilmesi için bir değerlendirme yapılmıştır. Çalışmada, tamamen yeni bir park yapmak, mevcut parkı iyileştirmek veya güvenli olmayan başka bir park alanını iyileştirmek şekilde 3 seçenek belirlenmiş ve bu seçenekler arasında en uygun olanı projenin uygulama alanı olarak tercih edilmiştir. Yapılan analiz sonucunda, mevcut parkın güvenli hale getirilmesinin, topluma faydalı olacağı belirtilmekle beraber, park alanı gelirlerinin tek başına yapılan yatırımı karşılamaya yetmeyeceği, bu anlamda kamu teşvik ve desteklerinin gerekli olduğu sonucuna varılmıştır (Bollati & Clar, 2019).

Tır parklarının yaygınlaşmasının önündeki en büyük engel sermaye ve işletme maliyetleridir. Kent alanlarında uygun konumda arazi bulunması kadar arazi maliyetlerinin yüksekliği de diğer bir kritik unsurdur. Bununla birlikte, park yerlerinin mali değeri ile güvenlik, seyahat süresi tasarrufları ve altyapının korunması gibi faydaların oluşturacağı katma değer birlikte değerlendirilmelidir. Oluşacak maliyetlerin kime, ne ölçüde tahakkuk edileceğinin belirlenmesi yatırım ile ilgili diğer bir önemli konudur. Tır parkları için uygun modeller olan kamu iştirakleri aracılığı ile veya kamu-özel ortaklığı yolu ile çözümler geliştirilmesi, Türkiye'de ve dünyada başarılı olmuş uygulamalar arasındadır. Ayrıca işlevsel değişiklikler ve iyileştirmeler ile mevcut park alanlarının daha az maliyetle ve hızlı şekilde, daha nitelikli bir tır parkı olarak hizmet verebilecek hale getirilebileceği de göz önünde bulundurulmalıdır.

İhtiyaç ve fayda-maliyet analizleri neticesinde kurulması planlanan tır parkları için bir sonraki aşama teknik tasarımıdır. Burada özel otomobil park yerlerinden farklı olarak dönüş çapı ve park alanı tasarımı, tehlikeli yük taşıyan araçlar için diğer araçlardan izole alan, park alanını çevreleyen güvenlik duvarı, doğal duvar, gürültü ve ses izolasyonu dikkat edilmesi gereken başlıklardır. Dönüş çapı, aracın U dönüşü gibi dairesel bir dönüş yapması için ihtiyaç duyduğu kavisli alanın minimum çapını veya genişliğini ifade etmektedir. Tırların büyük ve eklemli yapısı nedeniyle bu alanın doğru hesaplanması gerekmektedir.

Tır park yerlerinin tasarımı ve yerleşim düzeni için kullanım ergonomisi açısından çeşitli öneriler bulunmaktadır. En çok kullanılan park yeri düzenlerinden ikisi, düz arkadan giriş (Straight Back In-SBI) yuvaları ve Şekil 4'te görsel olarak verilen balıksırtı servis yolu (Herringbone Drive Through-HDT) yuvaları yapısıdır. Yapım maliyeti açısından HDT modeli daha uygun olsa da aracın geri manevra yapmadan park alanına giriş çıkış yapabilmesi ve açılı bir konumlandırma ile daha fazla yuva yapılabilmesi SBI modelini daha avantajlı kılmaktadır (Federal Highway Administration, 2022).



Şekil 4. Herringbone drive-through circulation düzeni (Federal Highway Administration, 2022)

Otoparklarda verimliliği artıracak ve birlikte uygulandığında park yerlerinin meskûn alanlardaki taleplerini kısmen azaltacağı öngörülen iki önemli uygulama bulunmaktadır. Bunlardan ilki, aracın park yeri içinde bir tam tur döngü oluşturacak şekilde dönmesine imkân verilmesidir. Sürücülerin, park yeri içinde uygun yer ararken, araç yönünün uygun olmaması gibi çeşitli nedenlerle park edemediği durumlarda, boş park yeri olsa bile, özellikle arkadan başka araç gelmesi halinde otoparktan tamamen çıkmak mecburiyetinde kalabilir. Bunun için uygun şekilde tekrar park içine dönebileceği bir tasarım, özellikle de çift yönlü trafiğin mümkün olduğu bir otopark tasarımı önerilmektedir. İkinci uygulama, araçların bir park yerine sol el manevrası ile park edebildiği düzendir. Sürücülerin geri manevrada sağ arka aynasında yalnızca treylerin önünü görebildikleri sınırlı bir görüşe sahip olmalarına rağmen, manevra aldıktan sonra aynada tır katarının sol tarafını da görebilmeleri nedeniyle ve yine manevra aldıktan sonra yan sürücü penceresinden yarı römorkun tamamını daha büyük bir açıyla görebildikleri için araçların park yerlerine sol elle dönerek geri manevra ile girmelerinin sürücü için daha rahat ve güvenli olduğu ortaya koyulmuştur (Poliak vd., 2021).

Bir park tesisinde gerçek zamanlı olarak boş park yeri olup olmadığı bilgisi, sürücülerin güzergâhlarını ve mola zamanlarını doğru ayarlayabilmeleri açısından önemlidir. Bu bilgiye, her bir park alanının algılayıcılarla doğrudan izlenmesi ile doğrudan veya tesise giriş ve çıkış yapan araçların sayılması ve tesisteki toplam park alanı kapasitesiyle karşılaştırılması neticesinde hesaplama yapılarak dolaylı olarak ulaşılabilmektedir. Doğrudan veya dolaylı olarak tespit edilen boş kapasite verileri, iletişim ağları aracılığıyla bilgi işlem yönetim merkezlerine veya trafik yönetim merkezlerine gönderilmekte, mobil uygulamalar aracılığı ile de sürücülerin erişimine sunulmaktadır. Diğer taraftan, uygun park alanları bilgisinin araçlardaki konum yönlendirme cihazlarının görüntüleyebileceği forma dönüştürülmesi ile geliştirilecek çözümlerin, sürücülerin veriye daha kolay erişmesine ve daha sağlıklı seyahat planlaması yapabilmelerine imkân sağlayarak elde edilecek faydayı artıracakı düşünülmektedir.

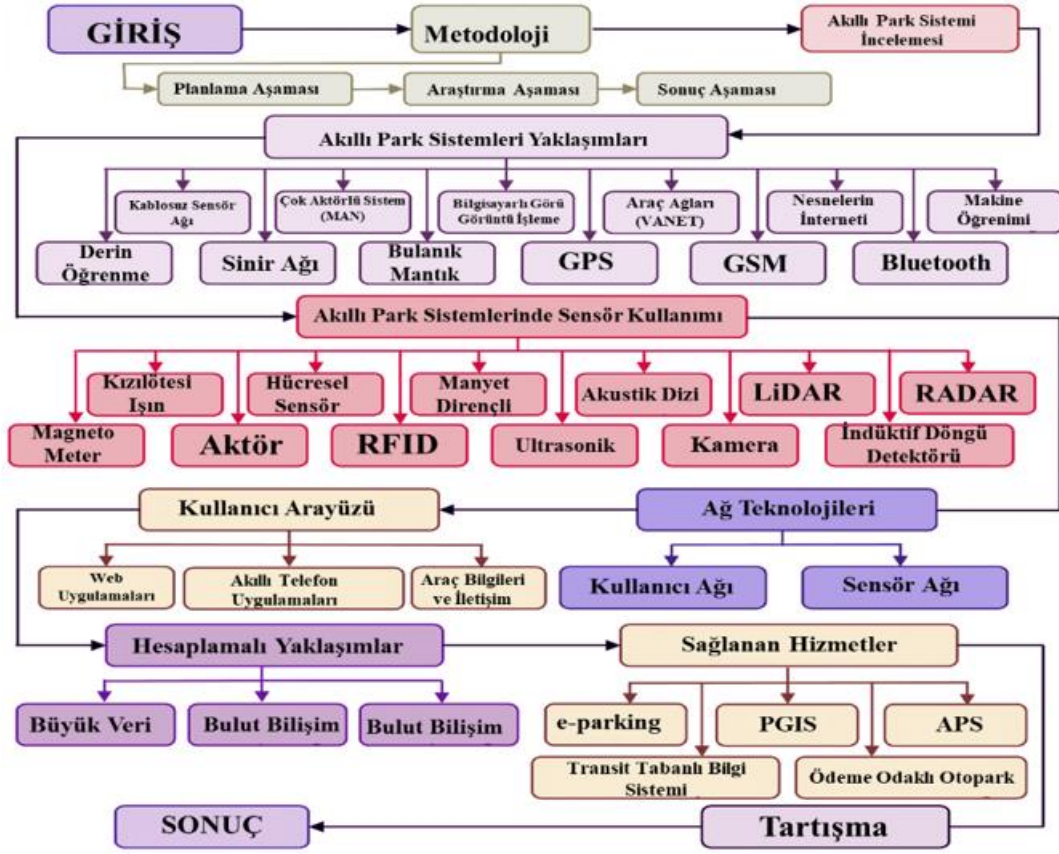
Ağır yük taşıtları için park yeri ihtiyacı belirlenirken, park amacı, süresi ve aracın taşıdığı yük gibi kriterlerin bir arada değerlendirilmesi faydalı olacaktır. Tır parklarının tasarım ve planlama aşamalarında park alanı içerisinde teknik altyapıların ve sosyal imkânların hangilerinin yapılacağı da diğer bir değerlendirme başlığıdır. Tır parkları içerisinde yer alabilecek altyapı ve üst yapılara ilişkin bilgiler Tablo 5’te özet olarak verilmiştir.

**Tablo 5.** Tır parkları içerisinde yer alabilecek altyapı ve üstyapılar

Altyapılar	Teknik tesisler	Sosyal tesisler	İdari tesisler
– Aydınlatma	– Tamir onarım tesisleri	– Tuvalet	– Güvenlik birimi
– Kamera kayıt sistemi	– Yakıt pompaları	– Restoran	– Danışma ofisi
– İnternet	– Elektrik şarj istasyonları	– Konaklama	– Gümrük Bürosu
– Park algılama sistemi	– Soğutma/Isıtma ekipmanları için enerji	– Alışveriş tesisi	– Ticaret odaları
– Giriş çıkış takip sistemi	– Araç muayene	– İbadethane	– Sivil toplum örgütü ofisleri
	– Laboratuvar		

Tır parklarında kullanılan güncel teknolojik çözümler arasında, parkın yerini, doluluk oranını görmeyi veya rezervasyon yapmayı sağlayan mobil veya web uygulamalar, ödeme sistemleri, algılayıcılar ile park alanı doluluğunu takip etme ve yönlendirme, acil yardım butonu, kör nokta aydınlatma, bariyer ve kapı sistemleri, plaka tanıma, şarj istasyonları gibi çalışmalarını sayabiliriz. Farklı algılayıcı ve sunucu yapılarının oluşturduğu akıllı park uygulamalarına yönelik bu teknolojilerin, zaman ve maliyet açısından kurulum kolaylığı ve uygunluğu, esneklik ve modülerlik, çalışma ve ortam şartları, bağımsız ve doğru bilgi sağlama gibi parametrelerin dikkate alınması doğru çözüm geliştirmek açısından önemlidir. Bir araç park tesisi için akıllı park unsurlarını oluşturan uygulama ve teknolojilerin değerlendirme süreci genel başlıklar ile Şekil 5’de listelenmiştir (Fahim, vd., 2021).





Şekil 5. Akıllı park unsurları (PGIS: Park yönlendirme ve bilgilendirme sistemi-APS: Otomatik Park sistemi)

Bir akıllı tır park alanı örneği olan Hamburg Liman İdaresi'ndeki Tankpark Moorfleet park alanında akıllı yük aracı parklarında kullanılan kızılötesi ve manyetik algılama teknolojilerine sahip algılayıcılar ile park yerlerinin doluluk bilgileri izlenmektedir. Bu bilgiler, Liman Yolu Yönetim Merkezinde mevcut park kapasitesinin talebe göre kullanımını optimize etmek için kullanılmaktadır. Park yerlerinin doluluğu ve trafiğin uygunluğuna yönelik durum bilgilerinin sürücüler tarafından anlık olarak takip edilebilmesi için yol kenarlarına dijital ekranlar kurulmuştur. Akıllı algoritmalar kullanılarak, sürücülerin plaka numarası, ağır yük aracının boyutları ve tahmini hareket saati gibi bilgiler ile park ücreti hesaplanmakta ve tüm ağır yük araçlarının park sırası optimum şekilde belirlenmektedir (T.C. Çevre ve Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2020).

Yapay zekâ tabanlı kamera ve tehlike algılama, robotik ve otomasyon park sistemleri, yeşil enerji ve güneş enerjisi sistemleri, atık yönetimi, akıllı tesis, bağlı ve otonom araçlara özel tahsisli yerler bu alanda gelecekte yaygınlaşabileceği öngörülen yenilikçi teknolojilerden bazılarıdır.

ABD Ulaştırma Bakanlığı bünyesinde tır park yerinin sayısal olarak yetersiz olup olmadığı, yol kullanıcılarının kullanacağı ve tercih edecekleri park türlerinin neler olduğu, park alanlarında eksikliklerin olup olmadığının değerlendirildiği, park yeri yetersizliği sorunun zaman içinde artması ihtimalinin araştırıldığı, potansiyel çözümlerin neler olabileceği ve tır parkı arayanlar için mevcut yerleri bulabilme yöntemlerinin ortaya koyuldu teknik bir rapor hazırlanmıştır. Özellikle Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) teknolojilerinin burada nasıl bir rol oynayabileceğine ilişkin değerlendirme yapılmıştır. Buna göre; ABD ulusal AUS mimarisi, park tesislerinin elektronik olarak izlenmesini ve yönetilmesini sağlayan bir "park yönetimi alt sisteminin" yanı sıra park ücretlerinin elektronik olarak tahsil edilmesini sağlamak için bir "araç alt sistemi" tanımlamaktadır. Ayrıca park yerlerine ilişkin bilgi sağlamaya yönelik teknik altyapıyı da kapsamaktadır. Ek olarak bölgesel park yönetimi stratejileri ve birden fazla park yeri işletmecisi arasında koordinasyon sağlamaktadır. Ulusal AUS mimarisi ve standartları, AUS uygulamaları arasında sorunsuz ve etkin birlikte çalışabilirliği desteklemektedir. Mimaride tanımlanan park yönetimi işlevleri arasında; park yeri kullanılabilirliğinin izlenmesi,

sürücülere park yeri kullanılabilirliği ve maliyeti hakkında bilgi sağlanması, elektronik ücret toplama ve park ihlallerinin cezasının uygulanması bulunmaktadır. Burada park yeri ve alan kullanılabilirliği hakkında, yol kenarındaki elektronik mesaj işaretleri aracılığıyla otoparkların yakın çevresindeki sürücülere, sabit noktadan sabit noktaya iletişim teknolojileri aracılığıyla bilgi hizmeti sağlayıcılarına ve diğer tır park tesislerine gerekli bilgiler sağlanacaktır (Smith vd., 2005).

Yeni bilgi ve iletişim teknolojilerin kullanıldığı akıllı parklar, ulusal bir akıllı ulaşım altyapısı oluşturulmanın önemli bir parçasıdır. Akıllı araç park sistemleri, sürücüler ve işletmeler açısından memnuniyeti, fayda ve verimliliği artırırken, park tesislerinin optimum kullanımını sağlamaktadır. Ayrıca park alanlarını ve faaliyetlerini, daha kolay ve anlık şekilde izlenebilir ve ölçülebilir kılmaktadır. Tüm taşıma sürecinin takip edilebilirliği ve yönetilebilirliğine katkı sunan akıllı park uygulamaları, akıllı taşımacılık zincirinin önemli bir halkasıdır.

## 7. Türkiye ve dünyada mevcut uygulamalar

Ağır yük araçlarına yönelik park alanlarının yapım ve işletim süreçleri, merkezi ve yerel yönetim birimlerinden pek çok kamu ve özel kurum ile doğrudan veya dolaylı ilişki içermektedir. Bu yapım ve işletim süreçleri için Dünyada ve Türkiye’de de tercih edilen çözüm modeli genellikle kamu-özel ortaklığı şeklinde olmaktadır. Türkiye’de park yeri yapımına yönelik kamu tarafında bütüncül bir yönetim yapısı bulunmamakta, Çevre ve Şehircilik ve İklim Değişikliği, Gümrük ve Ticaret ile Ulaştırma ve Altyapı Bakanlıklarının yanı sıra, valilik, belediye ve il özel idareleri bünyesindeki çeşitli çalışmalar ile ilerlemektedir.

Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) Stratejisi Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı’nda “*Tehlikeli Mal ve Yük Taşımacılığı Yapan Araçlar için Akıllı Park Alanları Oluşturulması*” eylemi tanımlanmıştır. Bu eylem ile AUS kapsamındaki unsurlardan yük taşımacılığına yönelik akıllı otoparklar inşa edilmesi hedeflenmektedir. Eylemin, sorumlusu Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı merkez birimi olan Ulaştırma Hizmetleri Düzenleme Genel Müdürlüğü’dür. Eylemin gerçekleştirilmesi için sorumlu birimle iş birliği içinde destek verecek diğer kurum ve kuruluşlar Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı bünyesinde Haberleşme Genel Müdürlüğü ve KGM, İçişleri Bakanlığı bünyesinde Emniyet Genel Müdürlüğü ile Belediyeler ve Sivil Toplum Kuruluşlarıdır. Eylem kapsamında geliştirilecek pilot uygulama ile yük taşımacılığında park alanları oluşturulması çalışmalarına öncülük edilmesi konu özelindeki teknik ve idari ihtiyaçlara bir standart getirilmesi öngörülmüştür (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 2020).

KGM tarafından, otoyol seyahatleri boyunca yol kullanıcılarına ihtiyaçlarını karşılayabilme ve dinlenme imkânı sağlamak amacıyla 4186 sayılı Karayolları Genel Müdürlüğü Dışındaki Kuruluşların Erişme Kontrollü Karayolu (Otoyol) Yapımı, Bakımı ve İşletilmesi ile Görevlendirilmesi Hakkında Kanunun Uygulama Yönetmeliği (T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, 1993) esasları ile 3996 sayılı Bazı Yatırım ve Hizmetlerin Yap-İşlet-Devret Modeli Çerçevesinde Yapıtılması Hakkında Kanun Kanun’un (TBMM, 1994) 12’inci maddesi kapsamında otoyollar bünyesinde Otoyol Hizmet Tesisleri (OHT) olarak belirtilen sosyal tesisler kurdurulmaktadır.

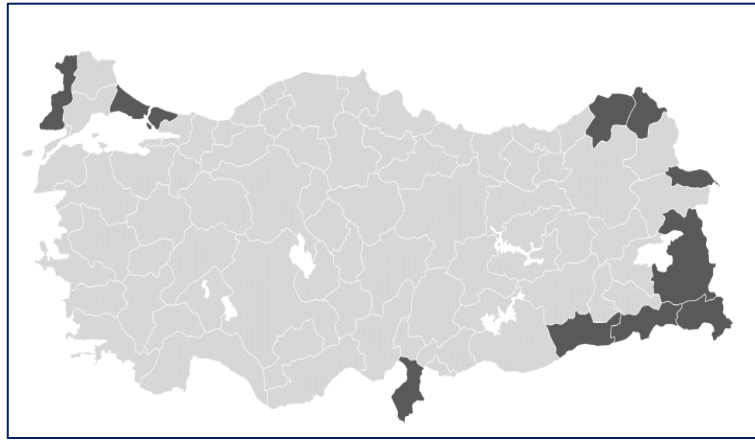
Otoyol hizmet tesisleri teknik şartnamesi kapsamında KGM tarafından yapılan özel tesislere yönelik sınıflandırma Tablo 6’da verilmiştir (Oto Yol Haber Yayıncılık ve Gazetecilik Ltd.Şti., 2021).

**Tablo 6.** KGM otopark tesisi sınıflandırması (Oto Yol Haber Yayıncılık ve Gazetecilik Ltd.Şti., 2021)

Tesis Tipi	Kapsam
A Tipi Tesis	Akaryakıt satış ve servis istasyonu + Hizmet Binası (kafeterya+lokanta+çay salonu+tuvalet) + Telefon kabinleri + Motel
B Tipi Tesis	Akaryakıt satış ve servis istasyonu + Hizmet Binası (kafeterya+lokanta+çay salonu+tuvalet) + Telefon kabinleri
C Tipi Tesis	Akaryakıt satış istasyonu + Çay Salonu + Büfe + Tuvalet + Telefon kabinleri
D Tipi Tesis	Park alanları + Çeşme + Tuvalet + Büfe

Bu kapsamda halihazırda Kuzey Marmara otoyolunda 6 adet, Tekirdağ-Çanakkale otoyolu ve 1915 Çanakkale Köprüsü'nde 4 adet, Ankara-Niğde Otoyolunda 20 adet olmak üzere 30 adet aktif otoyol hizmet tesisi bulunmaktadır (Avrupa Otoyolu Yatırım ve İşletme A.Ş., 2023; Çanakkale Otoyol ve Köprüsü İnşaat Yatırım ve İşletme A.Ş., 2023; ERG Ulaşım İşletme ve Bakım A.Ş., 2023).

Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği ile 137 oda ve borsanın ortaklığı ile 2005 yılında kurulan Gümrük ve Turizm İşletmeleri Ticaret A.Ş. (GTİ) tarafından gerçekleştirilen kara sınır kapılarının yenilenmesi çalışmaları yap-işlet-devret modeline bir örnek teşkil etmektedir. GTİ tarafından, kullanıcı ihtiyaçlarını karşılayabilmek için yiyecek-içecek tesisleri, bankalar, hediyelik eşya ve gümrüksüz satış mağazaları ile hizmet sunum imkanları sağlanmakta ve ticari tesislerin işletme faaliyetleri yürütülmektedir. Gümrük ve pasaport kontrolü gibi idari işlemler ilgili kamu kurum ve kuruluşları tarafından yapılmaktadır. Bu kapsamda, modernizasyonunu tamamlanan Habur, Cilvegözü, Sarp, Hamzabeyli, Kapıkule ve Nusaybin Sınır Kapıları ile yenileme çalışmaları devam eden Gürbulak Sınır Kapısının yer aldığı illerin işaretli olduğu harita Şekil 6'da görülmektedir (Gümrük ve Turizm İşletmeleri Ticaret A.Ş., 2017).



**Şekil 6.** Sınır kapıları tır parkları (Gümrük ve Turizm İşletmeleri Ticaret A. Ş., 2017)

Yenileme çalışmaları bünyesinde; idari ve sosyal tesisler, giriş ve çıkış kontrol üniteleri, arama hangarları, kaçak eşya depoları, peronlar, kantarlar ve tır park alanları yapılmaktadır. GTİ'nin öz kaynaklarından karşılanan yatırımlar ile X-Ray araç tarama sistemleri, kartlı geçiş sistemleri, kapalı devre kamera ve güvenlik sistemleri uygulanmaktadır. Yılda 6 milyon araca ve 15 milyonun üzerinde yolcuya hizmet verilmektedir (Gümrük ve Turizm İşletmeleri Ticaret A.Ş., 2017).

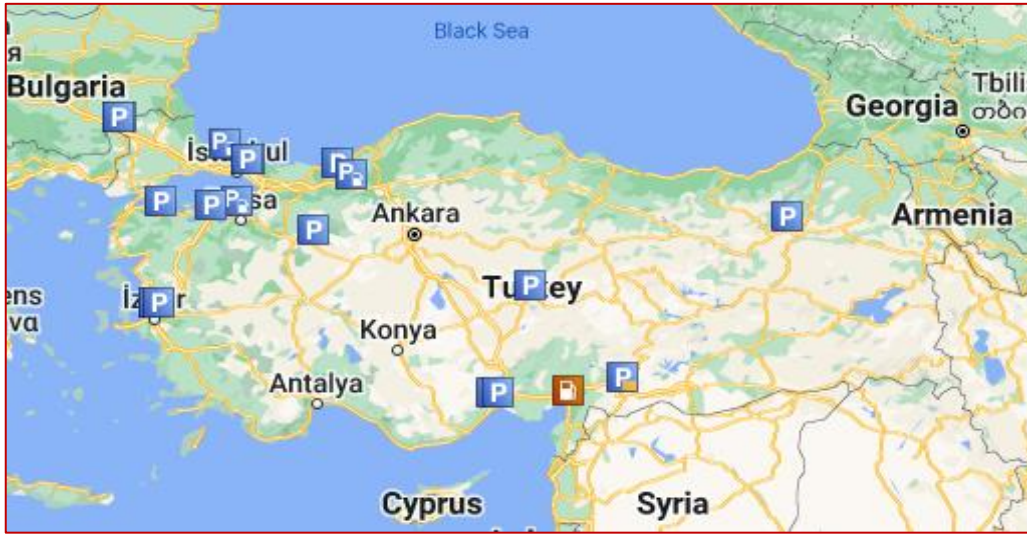


**Şekil 7.** Ankara Lojistik Üssü (Ankara Lojistik Yatırımları ve Akaryakıt Ticaret A.Ş., 2023)

Ankara’da şehir içinde dağınık ve kontrolsüz olarak yerleşik bulunan uluslararası ve ulusal nakliyeciler tarafından çağdaş, modern ve şehir hayatını olumsuz etkilemeyecek şekilde çalışmalarını için, Ankara-İstanbul otoyolu üzerinde, 15 Ekim 2010 tarihinde hizmete açılan Ankara Lojistik Üssü, Türkiye’nin ilk karasal limanı ve uluslararası lojistik üssüdür. Şekil 7’de görseli yer alan tesis, bünyesinde banka, ticaret odası hizmetleri, TSE hizmetleri, gümrük laboratuvarı, akaryakıt istasyonu, tamir ve onarım hizmetleri, posta hizmetleri, araç muayene hizmetleri, sosyal tesisler (revir, otel, cami, kafe) ve güvenlik hizmetlerini barındırmaktadır (Ankara Lojistik Yatırımları ve Akaryakıt Ticaret A.Ş., 2023).

Uluslararası Nakliyeciler Derneği (UND) İzmir Tır Parkı, 15.000 m<sup>2</sup> dikdörtgen şeklinde alanda kurulmuştur. Toplam altı personeli ile aynı anda 120 tıra hizmet verme kapasitesine sahip olan tesiste gümrük hizmeti, kantar hizmeti, sosyal tesisler (restoran, tuvalet, mescit, duş) ve lastik tamiri servisi mevcuttur. Tel örgülerle tamamen çevreden izole olan tesis 24 saat güvenlik kameraları ile izlenmektedir. Otomasyon plaka okuma sistemi ile giriş-çıkışların kontrol altında olduğu İzmir Tır Parkı 7 gün 24 saat hizmet vermektedir (Uluslararası Nakliyeciler Derneği, 2023).

Sürücülere park yerlerinin konumlarına ilişkin bilgi sağlamak üzere IRU tarafından Transpark uygulaması geliştirilmiştir. Türkiye’deki park alanlarından uygulamada aktif olarak yer alanlar, Şekil 8’de harita üzerinde ve Şekil 9’de liste olarak verilmektedir. Mevcut listede 24 adet park yerinin bilgisi yer almaktadır. Ancak detaylı incelendiğinde önemli park tesisleri başta olmak üzere pek çok tır parkının bilgisinin sistemde bulunmadığı görülmüştür. Transpark uygulamasının Türkiye için merkezi bir tır parkı portalı niteliğini sağlayabilmesi için bu eksiklerin giderilmesine ihtiyaç olduğu değerlendirilmektedir (International Road Transport Union, 2023).



Şekil 8. Transpark uygulamasında Türkiye görüntüsü (International Road Transport Union, 2023).

Çok sayıda büyük tır parkı da bulunan ABD’deki tesislerde, sinema salonundan, berbere, kütüphaneden, doktora hatta dans sınıflarına kadar farklı türde hizmet sunulabilmektedir. Ayrıca yer bulma ve rezervasyon hizmeti veren dijital (web ve mobil) uygulamalar da mevcuttur. American Truck Parking isimli bir uygulama halka açık dinlenme alanları, özel ağır yük aracı durakları ve yakıt ikmali noktalarını göstermek amacıyla tasarlanmıştır. Ayrıca park yerinin müsait olup olmama durumunu, beş dingilli tırları alabilen halka açık alternatif yakıt ikmali yerleri ve tır park alanlarıyla ilgili bilgilere de bu uygulamadan ulaşılabilir.



Country	Name	Rating													
TR	TRABZON TIR PARKI	DETAILS▶	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
TR	ceren tir parkı	DETAILS▶	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
TR	Şahade Tır Parkı	DETAILS▶	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
TR	Akbakan	DETAILS▶	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
TR	Akdoğanlar TIR Garajı	DETAILS▶	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
TR	ALSANCAK TIR PARK	DETAILS▶	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
TR	Bayraklı TIR Park Alanı	DETAILS▶	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
TR	BEDIRHAN TIR PARKING	DETAILS▶	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
TR	BP Evren Petrol	DETAILS▶	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
TR	Ceren Tır Parkı	DETAILS▶	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
TR	FARUK CAN ESKİŞEHİR	DETAILS▶	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
TR	Fidan Park	DETAILS▶	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
TR	GÖKDEMİR ABANT KAVŞAĞI SHELL	DETAILS▶	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
TR	H.B.A Konak Tır Park.	DETAILS▶	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
TR	Havaalanı OHT	DETAILS▶	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
TR	Hilal Trans Terminal	DETAILS▶	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
TR	Kapıkule TIR Parkı	DETAILS▶	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
TR	KARACABEY TIR PARKI.	DETAILS▶	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
TR	Mega TIR Parkı	DETAILS▶	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
TR	ÖZDEMİR PETROL	DETAILS▶	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
TR	Tasis Tır park	DETAILS▶	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
TR	TUNA LOGISTIC.	DETAILS▶	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
TR	UKAT TIR PARK	DETAILS▶	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
TR	Ulusoy Dinlenme Tesisl...	DETAILS▶	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

**Şekil 9.** Türkiye’de Transpark uygulamasına kayıtlı park alanı listesi (International Road Transport Union, 2023.)

ABD’deki bu uygulamada Kaliforniya, Virginia, Wisconsin, Minnesota, Ohio, Indiana, Kentucky ve Florida eyaletlerine ait en az beş dakikada bir güncellenen dinamik tır park yeri uygunluğu verileri bulunmaktadır. Bu veriler, Kaliforniya, I-95, MAATSO ve Florida tır parkı projelerinden sağlanmaktadır. FHWA ve Federal Motorlu Taşıt Güvenliği İdaresi (FMCSA) tarafından desteklenen bu projelerin amacı, yol kullanıcılarının ihtiyaçları olduğu zaman tır park yeri bilgilerine erişiminin mümkün olmasıdır. American Truck Parking uygulaması UC Berkeley Ulaştırma Sürdürülebilirlik Araştırma Merkezi (TSRC) ve California Ulaştırma Birimi (Caltrans) tarafından yönetilmekte olup bir Ar-Ge faaliyeti olarak FHWA tarafından finanse edilmiştir (American Truck Parking, 2023).

ABD’de kullanılan diğer bir mobil uygulama, güzergâh planlama ve tesis bulmaya yönelik olarak 2013’ün başlarında geliştirilen Trucker Path’dır. Ardından 2015’in ortalarında, nakliyeciler ve lojistik faaliyetleri yapanların birbirlerini bulmasını sağlayan web ve mobil cihazlarda kullanılabilen Truckloads elektronik pazar yeri platformu oluşturulmuştur. Uygulamayı indirmeye yönelik istatistikler bu kapsamdaki talebin de yüksek olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda ticari bir değer oluşturması nedeniyle dikkat çektiğinden Trucker Path 2017’de bir Çin yazılım firması tarafından satın alınmıştır (Trucker Path, 2023; Wikipedia, 2023).

AB’deki çalışmalar, Avrupa Komisyonu önderliğinde yürütülen projeler ile ilerlemektedir. Bu kapsamda, mevcut park alanlarının iyileştirilmesi veya yenilerinin inşasını desteklenmek üzere, 2014-2019 yılları arasında 65 park yeri belirlenmiştir. Komisyon tarafından 2019 yılında yapılan bir araştırmada, yeterli sayıda güvenli ve emniyetli park alanı bulunmadığı tespit edilmiştir. AB tarafından finanse edilen, 2021 CEF Ulaştırma teklif çağrısı kapsamında, desteklenecek konular arasında güvenli ve emniyetli park yeri altyapısı da bir başlık olarak yer almıştır (European Commission, 2013).

Park yerlerini sınıflandırmaya yönelik uygulama projesi olan LABEL ile, tır parklarının kalitesi ve güvenlik düzeyi hakkında nakliye operatörlerini bilgilendirmek için bir etiketleme şeması geliştirilmiştir. Bu etiketleme uygulaması SETPOS tarafından geliştirilen güvenlik standartlarını temel almaktadır. Güvenlik ve hizmet seviyeleri kilit veya yıldız sembolü ile 1 ile 5 arası işaretlenerek değerlendirme yapılan LABEL uygulamasına göre hazırlanan park yeri değerlendirme listesi Şekil 10'da görülmektedir (European Commission, 2011b).

	Güvenlik Seviyesi	Hizmet Seviyesi
<b>Avusturya</b>		
Rastplatz Allhaming Nord	🔒	★★
Raststation Voralpenkreuz		★★★
Rastplatz Engerwitzdorf	🔒	★★
Rastplatz Herzogberg Nord	🔒	★★
Raststation Guntramsdorf	🔒	★★★
Raststation Wien Schwechat	🔒	★★★
Oldtimer Autohof Oed	🔒	★
M-Rast	🔒	★★
<b>Belçika</b>		
S.A. Michel Logistics	🔒🔒🔒	★★
Truckstop 26	🔒🔒🔒	★★★
<b>Bulgaristan</b>		
Nira Complex	🔒🔒🔒🔒	★★★
Comco Sped TB	🔒🔒🔒	★★★
Motel Ihtiman	🔒🔒🔒🔒	★★★★
<b>Çek Cumhuriyeti</b>		
Areal Vatex	🔒	★
CDS Nachod - Beloves	🔒	★
<b>Fransa</b>		
Aire de Millau-Larzac	🔒	★★
All4Trucks	🔒🔒🔒🔒	★★★★
Securit Park "La Creche"	🔒🔒🔒🔒	★★★★
Truck Etape Beziers	🔒🔒🔒🔒	★★★★
Truck Etape Valenciennes	🔒🔒🔒🔒	★★
Vemars	🔒🔒🔒	★★★
<b>Almanya</b>		
Maxi-Autohof Malsfeld	🔒	★
Maxi-Autohof Lauenau	🔒	★★★★
Maxi-Autohof Gießen	🔒	★★★
Rasthof Wörth	🔒	★★
Autohof Aurach	🔒	★★★★
Autohof Wörnitz	🔒🔒🔒	★★★★
Autohof Münchberg	🔒	★★
Eso Autohof Linthe	🔒	★★
Kreling Tank-Service GmbH	🔒	★★
Autohof Uhrleben	🔒🔒🔒🔒	★★★★
Autohof Lohfeldener Rüssel	🔒🔒	★★★
24-Shell Gramschatzer Wald	🔒	★★
24-Shell Hohenwarsleben	🔒	★★★
24-Shell Autohof Neumarkt	🔒	★★
<b>Almanya (Devam)</b>		
Euro Rastpark Regensburg-Ost	🔒	★★
Autohof Salzbergen	🔒	★★★★
Euro Rastpark Schweitenkirchen	🔒	★★
Shell Autohof Soltau Süd	🔒	★★
<b>İtalya</b>		
Autoparco Brescia Est	🔒🔒🔒🔒🔒	★★★★★
Autoparco Consorzio S.A.V.O.	🔒	★
Truck Point Fai Service	🔒🔒	★★★
<b>Hollanda</b>		
Truck Stop Acht B.V.	🔒	★★★
Goudreinet De Wildenberg	🔒	★
Kantens Restaurant	🔒🔒	★★★
Truck Inn Nobis	🔒🔒🔒	★★★
Op de Vos	🔒	★★
De Barrière Wegrestaurant		★
Wegrestaurant Malden BV	🔒🔒🔒	★★★
Truckparking Nieuwland	🔒🔒🔒🔒	★
Routiers Venlo	🔒🔒🔒	★★
Rest. Hotel Frans op de Bult	🔒🔒	★★★
Wegrestaurant de Goudreinet	🔒🔒	★★
Truckstop Trade Port West Venlo	🔒🔒	★★★
<b>İspanya</b>		
CIM Valles	🔒🔒🔒	★★★
ARASUR	🔒🔒🔒	★★★★
PADROSA Services Center	🔒🔒🔒🔒	★★★★
<b>Birleşik Krallık</b>		
Stracathro Service Area		★
Orwell Crossing Lorry Park	🔒	★
Ron Perry + Son LTD South		★
Dover Truck Stop	🔒🔒🔒	★★
Ashford International Truckstop	🔒🔒🔒	★★★
Carlisle Truckstop	🔒🔒🔒	★★★
Heywood Truck Stop	🔒🔒🔒🔒	★★
Junction 29 Truckstop LTD	🔒	★★★
Rugby Truckstop	🔒	★★
Truckhaven Carnforth LTD	🔒🔒	★★★

Güvenlik & Hizmet Seviyeleri 1 ile 5 arası kilit ve yıldız değeri ile gösterilmektedir. Ocak 2011 yılında 71 adet etiket verilmiş olan park yeri listelenmektedir.

Şekil 10. LABEL park alanları (European Commission, 2011b)

European Secure Truck Parking Organisation (ESPOG) isimli bir diğer AB uygulamasında park alanları, bronz, gümüş, altın ve platin olmak üzere dört güvenlik düzeyine göre sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma sürücü ve işletmelerin taşıdıkları malların değerine göre ihtiyaç duydukları güvenlik seviyesindeki park yerini seçmelerine olanak sağlamaktadır. Güvenlik standardı, çevre, park alanı, giriş/çıkış noktaları ve personel prosedürlerinin güvenliği olmak üzere 4 kriter kapsamında belirlenmektedir. Süreç özel park işletmecilerinin, lojistik firmalarının, tır firmalarının, sürücü ve taşımacılık birliklerinin, yazılım ve donanım üreticilerinin ve güvenli park yerleri ile ilgili tüm paydaşların aynı çatı altında toplandıkları yapı olan ESPOG aracılığı ile yürütülmektedir. ESPOG, aracılığı ile park yerlerine yönelik sertifikasyon yapılmakta, ayrıca yılın park yeri ödülü de verilmektedir. Sertifikalı bir bronz park alanı, belirli alanların video gözetimi yoluyla bir sitenin güvenliğini sağlayabilirken, bir platin park alanı, giriş ve çıkış noktalarında plaka tanıma teknolojisi gibi ek güvenlik önlemleri kullanılarak tesis personeli tarafından her zaman izlenmektedir. Güvenlik seviyesi ne olursa olsun, güvenli ve emniyetli bir park alanının, sürücülerin duş, tuvalet, yiyecek ve içecek satın alma tesisleri ve internet bağlantısı gibi gerekli tüm imkanları barındırması esastır (European Secure Truck Parking Organisation, 2018).

## 8. Sonuç ve öneriler

Uzun mesafe taşımacılıkta, park yerleri bir ihtiyaç olduğu gibi aynı zamanda mevzuatın gerektirdiği bir zorunluluktur. Park yeri aramak için harcanan zaman ve yakıt, üretkenlik ve ücret kaybına neden olmakta, fiziksel veya yasal olarak uygun olmayan yol kenarı gibi alanlara park edilmesi, sağlık, güvenlik veya mali yönden riskler barındırmaktadır. Sürücülerin, karayollarında güvenli bir şekilde çalışmaya devam etmesi ve sektörde kalite ve standartlaşmanın sağlanması, ulusal ve uluslararası rekabet edebilirlik ile taşımacılık ile elde edilen ekonomik değer devamlılığı, verimliliği ve sürdürülebilirliği için çok önemlidir.

Türkiye’de bu alanda farklı kurum ve kuruluşlarca çalışmalar yürütülmekte, özellikle meslek odaları önderliğinde yapılan girişimler ile veya yap işlet devret modeli ile tır parkları kurularak işletilmektedir. Özel işletmeler de bu alanda faaliyet göstermektedir ancak park alanı sayısı itibarı ile Türkiye genelinde denetimli ve yüksek standartlı bir tır parkı kapasitesi oluşmamıştır. Mevcut park yerlerinin etkinliğine yönelik izlenebilirlik de bulunmamaktadır.

Nitelik ve nicelik olarak ulusal ölçekte ancak bölgesel ve yerel derinliği de kapsayacak bir ihtiyaç analizi yapılması, daha sonraki aşamada park yeri ihtiyacını gidermeye yönelik bölgeye özel çözüm önerileri geliştirilmesi açısından önemlidir. Konunun taşımacılar, taşıma işleri organizatörleri ve diğer işletmeler, sürücüler, sektör örgütleri, yerel yönetimler ve ilgili merkezi yönetim birimleri dâhil olmak üzere tüm paydaşlarını aynı platformda buluşturacak ve bütüncül şekilde ele alacak bir anlayış ile başta Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı olmak üzere ilgili tüm Bakanlık ve kurumlar ile birlikte üst seviyede ele alınması ve ülke genelinde mevcut durum ile ihtiyaçların tespiti için çalışmalar yürütülmesinin faydalı olacağı değerlendirilmektedir. Bu sayede, taşımacılık alanında faaliyet gösterenlerin ihtiyaçlarının ve sahadaki tır parklarının kullanım durumları ile yeterliliklerinin belirlenmesi mümkün olacaktır. Mevcut uygulama örneklerinde, ağır yük aracı park yeri ihtiyacı belirlemek için yollardaki araç yoğunluğuna göre teorik çalışmalar ile analiz yapılırken aynı zamanda saha anketleri ile desteklendiği görülmüştür.

Türkiye’de, ağır yük araçlarının kontrol ve denetimini yapan kurumlardan biri olan KGM sorumluluk alanlarındaki yolların, trafik hacmini izleyerek analiz etmektedir. Bu kapsamda KGM tarafından, ağır yük araçlarının yoğun olarak kullandığı güzergâhların belirlenmesi ve yol kesitleri bazında bu güzergâhların trafik hacminin analizi sonucunda, park yeri ihtiyacını belirlemek için teorik bir hesaplama yapılabilecektir.

Bu yanında KGM tarafından kontrol denetim noktalarında, sınır kapılarında ve belirlenecek çeşitli uygun yerlerde, sürücü davranışlarının analizini yapmaya yönelik anketler uygulanarak tır parkı talep durumu ortaya koyulabilecektir. Yapılacak anket içerikleri sürüş güzergâhı tercihleri, park etme amacı ve süresi, park yeri niteliği tercihleri, ücretlendirme konusundaki yaklaşımlar gibi çeşitli başlıkları içerecek şekilde düzenlenebilir. Böylece saha anket çalışmaları ve trafik hacmi analizinin sonuçlarının birlikte değerlendirilmesi ağır yük araçlarının park alanı ihtiyacı için doğru ve etkin bir planlama yapılmasına imkân verecektir.

Mobil ve web ortamlardan sunulan uygulamalar, sürücülerin par yeri ihtiyaçlarını en hızlı ve işlevsel bir şekilde çözmelerini sağlamaktadır. Bu uygulamalar için konum ve anlık uygun park yeri sayısı gibi bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bilgilerin sağlanması için öncelikli olarak verilerin toplandığı, saklandığı, işlendiği ve dağıtıldığı bir ulusal veri yönetim merkezi çözümü gereklilik arz etmektedir. Geliştirilecek mobil ve web uygulamalarına bu merkezden sağlanacak veriler sayesinde tır parkı alanlarının yerlerinin ve uygunluk durumunun anlık görülmesi ve rezervasyon sağlanması mümkün olabilecektir. Bu sayede park tesislerinin daha verimli kullanılabilmesi, sürüş konforunun artacağı ve taşımacılık faaliyetleri planlamasının daha kolay yapılabilmesi değerlendirilmektedir. Denetim alanları, üretim bölgeleri ve transit yollar üzerinde ağır yük vasıtalarına özel park yerlerinin bulunması ve ihtiyaçlara yönelik merkezi bütünsel çözümlerin sağlanmasının, altyapı, bakım, onarım gibi işletim süreçlerinde optimizasyon sağlayacağı düşünülmektedir.

Tır parkı tesislerinin yeterliliklerini belirlemek ve tesislerde standardizasyon sağlamak amacıyla bir rehber hazırlanması uygun olacaktır. Bu kapsamda park alanlarındaki imkanların idari ve teknik ile güvenlik ve sosyal konfor tesisleri başlıklarında sınıflandırılması mümkündür. Süre, amaç, güvenlik ve konfor açısından dört ayrı kritere göre tır parkı sınıflandırması önerilmektedir. Ayrıca paydaşların da içinde bulunduğu bir platform ile park yerlerinin nitelik ve nicelik olarak standart hale gelmesine katkı sağlayacak ve başarılı uygulamaları teşvik edecek yarışma ile ödül mekanizmaları park yerlerinin yaygınlaşmasını ve bu alandaki çalışmaların gelişmesini destekleyecektir.

Akıllı park uygulamaları, park yerlerinde daha az alanın daha çok araç tarafından kullanılmasını sağlayan çözümler ile verimliliği artırmaktadır. Tır parklarının da akıllı şehir ve akıllı ulaşım stratejilerine uygun olarak yeni teknolojiler ile donatılması ve standartlarının bu kapsam ile oluşturulması ulaşımın gelecek vizyonuna yönelik önemli bir adım oluşturacaktır. Özellikle Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-23 Eylem Planı kapsamında yer alan “*Tehlikeli Mal ve Yük Taşımacılığı Yapan Araçlar için Akıllı Park Alanları Oluşturulması*” eylemi doğrultusunda Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından pilot park yeri veya yerlerinin yapılması ile bu konuda üst seviyede sahiplik ortaya koyarak öncü bir adım atılması mümkün olacaktır. Bu doğrultuda teknik ve idari gerekliliklerin, özellikle mevzuata ilişkin ihtiyaçların belirlenip kısa vadede çözüme yönelik adımların atılması sağlanmalıdır.

Ayrıca ulusal Ulusal AUS Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı’nda yer alan ulusal AUS mimarisinin hazırlanması ve AUS standartlarının belirlenmesine ilişkin eylemlerin tamamlanması ve yayımlanması çerçevesinde tır park yerlerinin de göz önünde bulundurulması önemli bir husustur. Bu doğrultuda bir park yönetimi alt sisteminin ve araç alt sistemi tanımlanması ileride bu tesislerin standart bir yapıda yönetilmesine yardımcı olabilecektir. Mimaride park yönetimi işlevlerinin tanımlanması ise kavram karmaşası ve uygulama farklılıklarının ortadan kalkmasına vesile olabilecektir.

İlgili Bakanlık ve kamu kurumları tarafından arazi kullanımı ve imar politikaları ile ilgili diğer mevzuatların ve işletmelere yönelik yapılabilecek yetkilendirme ve teşviklerin gözden geçirilmesi ile düzenlemelerin yapılması, bu alanda çalışma yapacak girişimcilerin önünü açarak taşımacılık sektörünün iyileştirilmesine yönelik büyük katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Son olarak, tır parkı konusunda mevcut durum çerçevesinde bir model geliştirilerek ihtiyaç ve talep analizinin yapılması, yine benzer şekilde yer seçimine yönelik bir çerçeve belirlenmesi öncelikli alanlar olarak değerlendirilmekte ve bir sonraki çalışmanın konusu olarak hedeflenmektedir.

### **Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı**

Sorumlu yazar ve ikinci yazar tarafından araştırmanın ilk versiyonu hazırlanmış, tüm yazarlar tarafından düzenlenerek gözden geçirilmiştir.

### **Destek ve teşekkür beyanı**

Çalışma herhangi bir destek almamıştır. Teşekkür edilecek bir kurum veya kişi bulunmamaktadır.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Çalışma kapsamında herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.



## Kaynakça

- American Transportation Research Institute.** (2018). *MAASTO Truck Parking Survey Analysis*. [https://trucksparkhere.com/wp-content/uploads/2018/09/Phase-2-MAASTO-Truck-Parking-Survey-Report\\_OnlineVersion.pdf](https://trucksparkhere.com/wp-content/uploads/2018/09/Phase-2-MAASTO-Truck-Parking-Survey-Report_OnlineVersion.pdf)
- American Truck Parking.** (2023). UC Berkeley Transportation Sustainability Research Center (TSRC) & California Department of Transportation (Caltrans). Erişim tarihi 12 Ocak 2023, <https://www.americantruckparking.com/>
- Ankara Lojistik Yatırımları ve Akaryakıt Ticaret A.Ş.** (2023). Ankara Lojistik Üssü. Erişim tarihi 12 Ocak 2023, <https://www.alu.com.tr/>
- Avrupa Otoyolu Yatırım ve İşletme A.Ş.** (2023). Kuzey Marmara Otoyolu İşletmesi Güzergâh Harita Uygulaması. Erişim tarihi 6 Mart 2023, <https://harita.avrupaotoyolisletmesi.com/>
- Aydın, A.** (2022). Analysis of Importance of Logistics Sector in Turkish Economy by Using Input Output Model. *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(2), 467-491. <https://doi.org/10.17336/igusbd.820167>
- Birleşmiş Milletler.** (1970). European Agreement concerning the work of crews of vehicles engaged in international road transport [AETR]. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A21978A0408%2801%29>
- Bollati, J., & Clar, G.** (2019). CBA of a Safe and Secure Parking for trucks. [https://wayback.archive-it.org/12090/20221207233614/https://ec.europa.eu/inea/sites/default/files/cef\\_case\\_study\\_-\\_safe\\_and\\_secure\\_parking\\_14112019.pdf](https://wayback.archive-it.org/12090/20221207233614/https://ec.europa.eu/inea/sites/default/files/cef_case_study_-_safe_and_secure_parking_14112019.pdf)
- Boris, C., & Brewster, R.** (2018). A Comparative Analysis of Truck Parking Travel Diary Data. *Transportation Research Record*, 2672(9), 242-248. <https://doi.org/10.1177/0361198118775869>
- Campbell, Shane.** (2014). The economic evaluation of heavy vehicle rest areas - A new technique?. *Road and Transport Research*, 23, 69-77. [https://www.researchgate.net/publication/298079994\\_The\\_economic\\_evaluation\\_of\\_heavy\\_vehicle\\_rest\\_areas\\_-\\_A\\_new\\_technique](https://www.researchgate.net/publication/298079994_The_economic_evaluation_of_heavy_vehicle_rest_areas_-_A_new_technique)
- Csendes, B., Albert, G., Szander, N., & Munkacsy, A.** (2021). Where Truck Drivers Stop-Application of Vehicle Tracking Data for the Identification of Rest Locations and Driving Patterns. *Promet-Traffic&Transportation*, 33(6), 821-832. [https://www.researchgate.net/publication/357045656\\_Where\\_Truck\\_Drivers\\_Stop\\_-\\_Application\\_of\\_Vehicle\\_Tracking\\_Data\\_for\\_the\\_Identification\\_of\\_Rest\\_Locations\\_and\\_Driving\\_Patterns](https://www.researchgate.net/publication/357045656_Where_Truck_Drivers_Stop_-_Application_of_Vehicle_Tracking_Data_for_the_Identification_of_Rest_Locations_and_Driving_Patterns)
- Çanakkale Otoyol ve Köprüsü İnşaat Yatırım ve İşletme A.Ş.** (2023). Otoyol hizmet tesisleri. Erişim tarihi 6 Mart 2023, <https://www.1915canakkale.com/kurumsal/otoyol-hizmet-tesisleri>
- ERG Ulaşım İşletme ve Bakım A.Ş.** (2023). Atlı Dinlenme Tesisleri. Erişim tarihi 6 Mart 2023. <https://www.ankaranigdeotoyolu.com/guzergah-bilgileri>
- European Commission.** (2014a). EU Regulation No 165/2014. *Official Journal of the European Union*, L 60/1 (2014). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX%3A32014R0165>
- European Commission.** (2003). EC regulation No 59/2003. *Official Journal of the European Union*, L 226/4. [https://road-safety.transport.ec.europa.eu/eu-road-safety-policy/priorities/safe-road-use/archive/professional-drivers-0\\_en#:~:text=Directive-,2003/59/EC,-on%20the%20initial](https://road-safety.transport.ec.europa.eu/eu-road-safety-policy/priorities/safe-road-use/archive/professional-drivers-0_en#:~:text=Directive-,2003/59/EC,-on%20the%20initial)
- European Commission.** (2006). EC regulation No 561/2006. *Official Journal of the European Union*, L 102/1. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32006R0561>
- European Commission.** (2008). EC regulation No 96/2008. *Official Journal of the European Union*, L 319/59. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=celex%3A32008L0096>
- European Commission.** (2009). Background Information and Considerations for Secure Truck Parking. <https://transport.ec.europa.eu/document/download/fadcaa0e-0c4d-41db-a710->

72aff45fb3d0\_en?filename=2010\_04\_background\_information\_and\_considerations\_for\_secure\_truck\_parking.pdf

**European Commission.** (2010). Secured European Truck Parking Best Practice Handbook. [https://transport.ec.europa.eu/system/files/2016-09/2010\\_04\\_28\\_setpos\\_project\\_handbook.pdf](https://transport.ec.europa.eu/system/files/2016-09/2010_04_28_setpos_project_handbook.pdf)

**European Commission.** (2011a). Pilot projects, preparatory actions and good practices. Erişim tarihi 6 Ocak 2023, [https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/road/parking-areas/pilot-projects-preparatory-actions-and-good-practices\\_en](https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/road/parking-areas/pilot-projects-preparatory-actions-and-good-practices_en)

**European Commission.** (2011b). Handbook for Labelling. [https://transport.ec.europa.eu/system/files/2016-09/handbook\\_for\\_labelling.pdf](https://transport.ec.europa.eu/system/files/2016-09/handbook_for_labelling.pdf)

**European Commission.** (2013). Safe and secure truck parking. Erişim tarihi 12 Ocak 2023, [https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/intelligent-transport-systems/road/action-plan-and-directive/safe-and-secure-truck-parking\\_en](https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/intelligent-transport-systems/road/action-plan-and-directive/safe-and-secure-truck-parking_en)

**European Commission.** (2014b). Parking Areas. Erişim tarihi 12 Ocak 2023, [https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/road/parking-areas\\_en](https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/road/parking-areas_en)

**European Commission.** (2018). TENTec interactive map viewer. Erişim tarihi 12 Ocak 2023, <https://ec.europa.eu/transport/infrastructure/tentec/tentec-portal/map/maps.html?layer=22>

**European Commission.** (2019). Tachograph. Erişim tarihi 12 Ocak 2023, [https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/road/tachograph\\_en](https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/road/tachograph_en)

**European Commission.** (2021). Transit manuel. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/f34c9bda-2c2c-11ec-bd8e-01aa75ed71a1>

**European Secure Truck Parking Organisation.** (2018). *Technical Specifications*. <https://www.esporg.eu/eu-parking-standard/technical-specifications/>

**Eurostat.** (2021). Lorries and road tractors by age and type of vehicle [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/road\\_eqs\\_lorroa\\_\\_custom\\_8936033/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/road_eqs_lorroa__custom_8936033/default/table?lang=en)

**Fahim, A., Hasan, M., & Chowdhury, M.A.** (2021). Smart parking systems: comprehensive review based on various aspects, *Heliyon*, Volume 7, Issue 5, e07050, ISSN 2405-8440, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07050>

**Federal Highway Administration.** (2020). Jason's Law Commercial Motor Vehicle Parking Survey and comparative Assessment. [https://ops.fhwa.dot.gov/Freight/infrastructure/truck\\_parking/workinggroups/2020/mtg/jasons\\_law\\_results.pdf](https://ops.fhwa.dot.gov/Freight/infrastructure/truck_parking/workinggroups/2020/mtg/jasons_law_results.pdf)

**Federal Highway Administration.** (2022). Truck Parking Development Handbook. [https://ops.fhwa.dot.gov/freight/infrastructure/truck\\_parking/docs/Truck\\_Parking\\_Development\\_Handbook.pdf](https://ops.fhwa.dot.gov/freight/infrastructure/truck_parking/docs/Truck_Parking_Development_Handbook.pdf)

**Gülhan, G.** (2020). Kırsal Alanlarda Ağır Vasıta Araçlarına Yönelik Park Tesisleri Kapasitelerinin Belirlenmesi: İzmir Kırsalı Örneği. *Deu Muhendislik Fakültesi Fen ve Muhendislik*, 22(65), 447-455. <https://doi.org/10.21205/deufmd.2020226513>

**Gümrük ve Turizm İşletmeleri Ticaret A.Ş.** (2017). Erişim tarihi 12 Ocak 2023, <https://www.gtias.com.tr/tr/>

**International Road Transport Union.** (2023). Transpark. Erişim tarihi 12 Ocak 2023, <https://www.iru.org/apps/transpark-app>

**Karayolları Genel Müdürlüğü.** (2021). Karayolu Ulaşım İstatistikleri. <https://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Yayinlar/YayinPdf/KarayoluUlasimIstatistikleri2021.pdf>

**Karayolları Genel Müdürlüğü.** (2023). Trafik Ulaşım Bilgileri. <https://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Istatistikler/TrafikveUlasimBilgileri/22TrafikUlasimBilgileri.pdf>

**Kouta, M., & Nalmpantis, D.** (2021). Siting of Safe and Secure Truck Parking Areas in Greece and definition of their security level with the use of Multi-Actor Multi-Criteria Analysis (MAMCA). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 899(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/899/1/012060>

**Krupik, P.** (2021). Systems for intelligent parking of trucks at motorway rest areas as part of Construction 4.0. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1203(3), 032052. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1203/3/032052>

**National Road Transport Commission.** (2005). Driver fatigue, National guidelines for the provision of rest area facilities. [https://austroads.com.au/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0025/160648/AP-R591-19\\_Guidelines\\_for\\_the\\_Provision-of\\_HVRA\\_Facilities-1.1.pdf](https://austroads.com.au/__data/assets/pdf_file/0025/160648/AP-R591-19_Guidelines_for_the_Provision-of_HVRA_Facilities-1.1.pdf)

**Nevland, E. A., Gingerich, K., & Park, P. Y.** (2020). A data-driven systematic approach for identifying and classifying long-haul truck parking locations. *Transport Policy*, 96, 48-59. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.04.003>

**Oto Yol Haber Yayıncılık ve Gazetecilik Limited Şirketi.** (2021). *Otoyol Hizmet Tesisleri ve Tipleri*. Erişim tarihi 2 Nisan 2023, <https://otoyolhaber.com/otoyol-hizmet-tesisleri-ve-tipleri/>

**Poliak, M., Poliaková, A., & Čulík, K.** (2020). Impact of the social law on truck parking sustainability in the eu. *Sustainability (Switzerland)*, 12(22), 1-16. <https://doi.org/10.3390/su12229430>

**Poliak, M., Poliakova, A., Zhuravleva, N. A., & Nica, E.** (2021). Identifying the Impact of Parking Policy on Road Transport Economics. *Mobile Networks and Applications*. <https://doi.org/10.1007/s11036-021-01786-6>

**Sadek, B.A., Martin, E.W., & Shaheen, S.A.** (2020). Forecasting Truck Parking Using Fourier Transformations. *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems*, 146(8). <https://doi.org/10.1061/jtepbs.0000397>

**Slavova, S., Piest, J. P. S., & Heeswijk, W.V.** (2022). Predicting truck parking occupancy using machine learning. *Procedia Computer Science*, 201, 40-47, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.03.008>

**Smith, S., Baron, W., Gay, K., & Gary, R.** (2005). Intelligent Transportation Systems and and Truck Parking. *United States Department of Transportation. Federal Motor Carrier Safety Administration*, <https://doi.org/10.21949/1502959>

**T. C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı.** (2020). Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı. <https://www.uab.gov.tr/uploads/announcements/ulusal-akilli-ulasim-sistemleri-strateji-belgesi-v/ulusal-akilli-ulas-im-sistemleri-strateji-belgesi-ve-2020-2023-eylem-plani.pdf>

**T.C. Bilim Sanayi ve Ticaret Bakanlığı.** (2010). Uluslararası Karayolu Taşımacılığı Yapan Araçlarda Kullanılan Takograf Cihazları Hakkında Yönetmelik. *T.C. Resmî Gazete*, 27587. <https://www.mevzuat.gov.tr/anasayfa/MevzuatFihristDetayIframe?MevzuatTur=7&MevzuatNo=13986&MevzuatTertip=5>

**T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı.** (2022). Sektörler İtibarıyla Sabit Sermaye Yatırımları. <https://sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/Sektörler-İtibarıyla-Sabit-Sermaye-Yatırımları-Toplam.pdf>

**T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı.** (1997). Karayolları Kenarında Yapılacak ve Açılacak Tesisler Hakkında Yönetmelik. *T.C. Resmî Gazete*, 22990. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.mevzuat.gov.tr/File/GeneratePdf?mevzuatNo=4702&mevzuatTur=KurumVeKurulusYonetmeliği&mevzuatTertip=5>

**T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı.** (2018). Otopark Yönetmeliği. *T.C. Resmî Gazete*, 30340. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=24408&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>

- T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı.** (2020). Akıllı Otopark Sistemleri Teknoloji inceleme Raporu. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.akillisehirler.gov.tr/wp-content/uploads/KapasiteGelistirme/akilli\_otopark\_sistemleri\_teknoloji\_inceleme\_raporu\_web\_format\_i.pdf
- T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı.** (2010). Gümrük Genel Tebliği (Tır İşlemleri) (Seri No:1). T.C. Resmî Gazete, 27802. <https://www.mevzuat.gov.tr/anasayfa/MevzuatFihristDetayIframe?MevzuatTur=9&MevzuatNo=14635&MevzuatTertip=5>
- T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı.** (2012). Gümrük Genel Tebliği (Transit İşlemleri) (Seri No:3). T.C. Resmî Gazete, 28363. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=16409&MevzuatTur=9&MevzuatTertip=5>
- T.C. İçişleri Bakanlığı.** (1997). Karayolları Trafik Yönetmeliği. T.C. Resmî Gazete, 23053. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=8182&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı.** (1993). Karayolları Genel Müdürlüğü Dışındaki Kuruluşların Erişme Kontrollü Karayolu (Otoyol) Yapımı, Bakımı ve İşletilmesi ile Görevlendirilmesi Hakkında Kanunun Uygulama Yönetmeliği, T.C. Resmî Gazete, 21552. <https://www.mevzuat.gov.tr/anasayfa/MevzuatFihristDetayIframe?MevzuatTur=3&MevzuatNo=934186&MevzuatTertip=5>
- T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı.** (2022). U-NET. Erişim tarihi 12 Nisan 2023.
- TBMM** (1994). Bazı Yatırım ve Hizmetlerin Yap-İşlet-Devret Modeli Çerçevesinde Yapıtılması Hakkında Kanun. No. 3996, T.C. Resmî Gazete, 21959 <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.3996.pdf>
- Tırpark.** (2022). İstatistikler. Erişim tarihi 12 Ocak 2023, <https://insights.tirport.com/lojistik-sektorunun-cirosu/>
- Trucker Path.** (2023). The Trucker Path Story. Erişim tarihi 6 Nisan 2023, <https://www.truckerpath.com/company/>
- Türkiye İstatistik Kurumu.** (2021). Karayolu Trafik Kaza İstatistikleri. 45658. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Road-Traffic-Accident-Statistics-2021-45658>
- Türkiye İstatistik Kurumu.** (2022). Kayıtlı Motorlu Araç Sayısı. 49436. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Aralik-2022-49436#:~:text=Türkiye%27de%202022%20yılı%20sonu,ya%C7%28%20olarak%20hesaplandı.>
- Uluslararası Çalışma Örgütü.** (1979). 153 No'lu Karayolları Taşımacılığında Çalışma Saatleri ve Dinlenme Sürelerine İlişkin Sözleşme. [https://www.ilo.org/ankara/conventions-ratified-by-turkey/WCMS\\_377296/lang--tr/index.htm](https://www.ilo.org/ankara/conventions-ratified-by-turkey/WCMS_377296/lang--tr/index.htm)
- Uluslararası Nakliyeciler Derneği.** (2023). UND İzmir Tır Parkı. Erişim tarihi 12 Ocak 2023, <https://www.und.org.tr/hizmetlerimiz/und-tir-parki>
- United States Bureau of Transportation Statistics.** (2020). Truck Profile. Erişim tarihi 12 Ocak 2023, <https://www.bts.gov/content/truck-profile>
- United States Department of Transportation.** (2023). GIS Application. Erişim tarihi 6 Nisan 2023, <https://geodata.bts.gov/datasets/truck-stop-parking/explore?location=35.922928%2C-5.686250%2C4.90>
- Wikipedi.** (2022). Transports Internationaux Routiers. Erişim Tarihi 6 Nisan 2023, <https://tr.wikipedia.org/wiki/TIR>
- Wikipedia.** (2023) Trucker Path. Erişim Tarihi 6 Nisan 2023, [https://en.wikipedia.org/wiki/Trucker\\_Path](https://en.wikipedia.org/wiki/Trucker_Path)

**Yurdakul, A.** (2017). Türkçe Ulaştırma Terminolojisinin Biçim Bilimsel Açıdan Standartlaştırılması Üzerine. *Türk Dili* 82. [https://tdk.gov.tr/wp-content/uploads/2017/07/20\\_Ayşe%20YURDAKUL%20\\_%20Türkçe%20Ulaştırma%20Terminolojisi%20Biçim%20Bilimsel%20Açıdan.pdf](https://tdk.gov.tr/wp-content/uploads/2017/07/20_Ayşe%20YURDAKUL%20_%20Türkçe%20Ulaştırma%20Terminolojisi%20Biçim%20Bilimsel%20Açıdan.pdf)