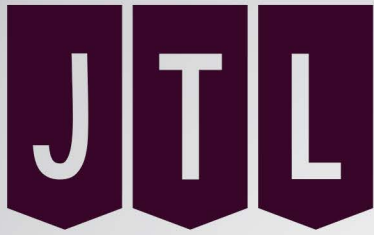


ISSN: 2459-1718



# Journal of Transportation and Logistics

<http://www.iujtl.com/>



Volume 4

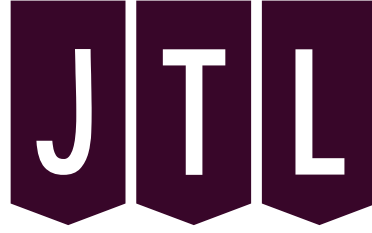


Issue 2

2019



International Peer - Reviewed Journal

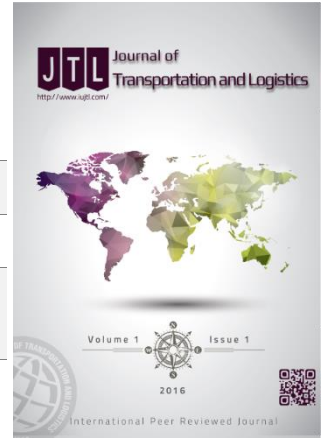


# Journal of Transportation and Logistics

International Peer-Reviewed Journal

e-ISSN : 2459-1718

Licencee	:	Zehra Bozbay On behalf of Istanbul University School of Transportation and Logistics
Editorial Board Secretary	:	Gültekin Altuntaş
Editor-in-Chief	:	Abdullah Okumuş
Executive Editors	:	Ebru Demirci Bahadır Fatih Yıldırım
Production Editors	:	Burak Deligönül Hüseyin Korkmaz
Statistics Editor	:	Salih Özçelik
Language Editor	:	Alan James Newson Elizabeth Mary Earl
Web Page	:	<a href="http://iujtl.com/">http://iujtl.com/</a>   <a href="http://jtl.istanbul.edu.tr/">http://jtl.istanbul.edu.tr/</a>
Peer Review System	:	<a href="https://mc04.manuscriptcentral.com/jtl">https://mc04.manuscriptcentral.com/jtl</a>
E-Mail	:	<a href="mailto:editor@iujtl.com">editor@iujtl.com</a>
Correspondence	:	Istanbul University, School of Transportation and Logistics, Avcilar Campus, 34320 Avcilar, Istanbul, TURKEY

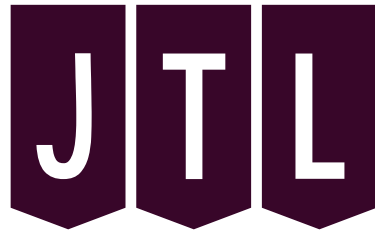


The **JTL** is going to be published twice (in April and October of) a year, as an official international peer-reviewed journal of the School of Transportation and Logistics at Istanbul University.



- Ananya Chakraborty, Assist. Prof., University of Gour Banga, West Bengal, India
- Ayşe Güldem Cerit, Prof., Dokuz Eylül University, İzmir, Turkey
- Banu Yüksel Özkaya, Assoc. Prof., Hacettepe University, Ankara, Turkey
- Bernardo Bicalho Carvalhaes, Prof., Federal Institute of Education, Science and Technology of Espírito Santo, Santa Lucia, Brasil
- Bruce Ho, Prof., National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan
- Cafer Avcı, Dr., Yalova University, Yalova, Turkey
- Chelsea White, Prof., Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA
- Deniz Özdemir, Assist. Prof., Bilgi University, Istanbul, Turkey
- Diego Escobari, Assoc. Prof., University of Texas Rio Grande Valley, Texas, USA
- Ergün Eroğlu, Prof., Istanbul University, Istanbul, Turkey
- Eugene Y. C. Wong, Assist. Prof., Hang Seng University of Hong Kong, Shatin, Hong Kong
- Giovanni Satta, Assoc. Prof., University of Genoa, Genoa, Italy
- Goh Mark, Prof., National University of Singapore, Lower Kent Ridge Road, Singapore
- Gültekin Altuntaş, Assoc. Prof., Istanbul University, Istanbul, Turkey
- Gülçimen Yurtseven, Prof., Hasan Kalyoncu University, Gaziantep, Turkey
- Hakan Demirel, Assist. Prof., Zonguldak Bülent Ecevit University, Zonguldak, Turkey
- Halit Özen, Assoc. Prof., Yıldız Technical University, Istanbul, Turkey
- Haluk Korkmazıyürek, Prof., Toros University, Mersin, Turkey
- İsmail Kaya, Prof., Biruni University, Istanbul, Turkey
- Kannan Govindan, Prof., University of Southern Denmark, Odense, Denmark
- Karim Labadi, Prof., Enseae, Cergy, Paris, France
- Kulwant Pawar, Prof., University of Nottingham, Nottingham, UK
- Lincoln C. Wood, Ph.D., University of Otago, Dunedin, New Zealand
- M. Mehdi Amini, Prof., Memphis University, Memphis, TN, USA
- Malgorzata Pankowska, Prof., University of Economics in Katowice, Katowice, Poland
- Mehmet Tanyaş, Prof., Maltepe University, Istanbul, Turkey
- Melike Erdoğan, Dr., Düzce University, Düzce, Turkey
- Muhammet Gül, Doç. Dr., Munzur University, Istanbul, Turkey
- Mukesh Kumar Barua, Assoc. Prof., Indian Institute of Technology Roorkee, Uttarakhand, India
- Murat Kıyılar, Prof., Istanbul University, Istanbul, Turkey
- Nachiappan Subramanian, Assoc. Prof., University of Sussex, Brighton, Sussex House, Falmer Brighton
- Ömer Özkan, Prof., Istanbul Commerce University, Istanbul, Turkey
- Özcan Kılıç, Prof., University of Wisconsin-River Falls, River Falls, WI, USA
- Özge Nalan Bilişik, Asst. Proof. Dr., Yıldız Technical University, Istanbul, Turkey
- Rahimeh Neamatian Monemi, Ph.D., University of Southampton, Southampton, United Kingdom
- Sadettin Özen, Prof., Maltepe University, Istanbul, Turkey
- Samuel Fosso Wamba, Prof., Toulouse Business School, Toulouse, France
- Sanjay Misra, Prof., Covenant University, OTA, Nigeria
- Seung-Chul Kim, Prof., Hanyang University, Seoul, Korea
- Shao Hung Goh, Assoc. Prof., Singapore University of Social Science, Clementi Road, Singapore
- Sigal Kaplan, Assoc. Prof., The Hebrew University of Jerusalem, Jerusalem, Israel
- SiHyun Paik, Prof., Yanbian University of Science & Technology, Yanji, Jilin, China
- Syed Masiur Rahman, Assoc. Prof., King Fahd University of Petroleum & Minerals, Dhahran, Saudi Arabia
- Taih-Cherng Lirn, Assoc. Prof., National Taiwan Ocean University, Keelung, Taiwan
- Talha Harcar, Prof., Penn State University, Pennsylvania, USA
- Tuncay Çelik, Prof., Erciyes University, Kayseri, Turkey
- Vedat Sarıkovalık, Prof., Istanbul University, Istanbul, Turkey
- Wei Li, Ph.D., Central South University, Changsha, China
- Xiaolei Wang, Ph.D., Shanghai Jiao Tong University, Shanghai, China
- Yavuz Günalay, Prof., Bahçeşehir University, Istanbul, Turkey
- Zehra Bozbay, Assoc. Prof., Istanbul University, Istanbul, Turkey

• \* Names are in alphabetical order



# Journal of Transportation and Logistics

Volume IV, Issue II, 2019



## Contents

---

### ITS Applications in Public Transportation: What Municipalities Offer to Travelers in Turkey

Toplu Taşımada Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Kullanımı: Türkiye’de Belediyelerin Sunduğu Hizmetlerin Değerlendirilmesi

051-064

Abdulkadir zden, aędař Kara, Kadir Berkhan Akalın

---

### Contributions of Green-Ecoport Approach to Merchant Trade and Logistics: Comparison of Practices in Turkey and the European Union (EU)

Yeşil-Eko Liman Yaklaşımının Deniz Ticareti ve Lojistik Sektörüne Katkıları: Türkiye ve AB'deki Uygulamaların Karşılaştırması

065-078

Fatih Yılmaz

---

### Metaheuristic Solution Approach for Two-Dimensional Palette Placement Problem

İki Boyutlu Palet Yerleştirme Problemi İin Metasezgisel zm Yaklaşımı

079-090

İrem nal, Hakan Görgün, Serol Bulkan

---

### Turkey Iron and Steel Industry Competitiveness and Industry 4.0

Türkiye Demir elik Sektörü Rekabeti ve Endüstri 4.0

91-106

Zehra Vildan Serin, Osman Fidan

---

### Investigation of the Effects of Accessible Traffic Calming and Flow Improvement Applications on Traffic

Erişilebilir Trafik Sakinleştirme ve Akım İyileştirme Uygulamalarının Trafike Olan Etkilerinin İncelenmesi

107-118

Kadir Berkhan Akalın, aędař Kara, Abdulkadir zden

---



Received : November 30, 2019 Accepted : December 31, 2019

<http://dx.doi.org/10.26650/JTL.2019.04.02.01>

Research Article

**ITS Applications in Public Transportation: What Municipalities Offer to Travelers in Turkey**

**Abdulkadir Özden** | Department of Civil Engineering, Eskisehir Osmangazi University, Eskisehir, Turkey, [aозden@ogu.edu.tr](mailto:aozden@ogu.edu.tr)

**Kadir Berkhan Akalın** | Department of Civil Engineering, Eskisehir Osmangazi University, Eskisehir, Turkey, [kbakalin@ogu.edu.tr](mailto:kbakalin@ogu.edu.tr)

**Çağdaş Kara** | Department of Civil Engineering, Eskisehir Osmangazi University, Eskisehir, Turkey, [ckara@ogu.edu.tr](mailto:ckara@ogu.edu.tr)

**Keywords:**

Intelligent  
Transportation  
Systems,  
Traffic  
Management,  
Public  
Transportation  
Systems,  
Mobile  
Applications,  
Passenger  
Information  
Systems

**ABSTRACT**

Advancement in information and communication technologies has considerably affected the economy, socio-cultural structure and administrative dynamics of the cities we live in. In this context, the existence of an innovative, technology- and data-based transportation system should be considered within the scope of sustainability in order to increase the mobility of cities. In this context, Intelligent Transport Systems (ITS) provides a systematic approach to regulating, managing and directing transportation and related factors (vehicles, infrastructure, users and decision makers) with the help of information and communication systems. ITS, which generally consists of many sub- systems, affects our lives in many areas from passenger information systems to travel planning, dynamic junction control to fleet management. The main objective of the ITS is to alleviate the burden of both users (drivers, passengers, pedestrians) and decision-makers to improve the economic, environmental and social impacts of transportation. In this study, ITS applications in public transportation in Turkey are assessed based on the National Intelligent Transportation Systems Strategy Document prepared by the Ministry of Transportation and Infrastructure (UAB) in 2014. A total of 81 municipalities, 30 of which are metropolitan, have been evaluated in terms of traffic management, passenger information, accessibility and mobile applications. When the results are examined, it is seen that the majority of municipalities have sufficient infrastructure and provide services in terms of passenger information and electronic payment systems. On the other hand, although some municipalities have effective applications in terms of accessibility and mobile applications, they are generally open to development.

**Toplu Taşımada Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Kullanımı: Türkiye’de Belediyelerin Sunduğu Hizmetlerin Değerlendirilmesi**

**Anahtar Sözcükler :**

Akıllı Ulaşım  
Sistemleri,  
Trafik Yönetimi,  
Toplu Taşıma  
Sistemleri,  
Mobil  
Uygulamalar,  
Yolcu  
Bilgilendirme  
Sistemleri

**ÖZ**

Son yıllarda bilgi ve iletişim teknolojilerinde yaşanan gelişmeler, yaşadığımız şehirlerin ekonomisini, sosyo-kültürel yapısını ve yönetsel dinamiklerini de içerecek şekilde çok yönlü bir değişimi zorunlu kılmıştır. Bu bağlamda, kentlerin hareket kabiliyetlerini arttırmak için yenilikçi, teknoloji tabanlı ve veriye dayalı bir ulaşım sisteminin varlığı sürdürülebilirlik kapsamında değerlendirilmelidir. Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS), ulaşımı ve ilgili etkenlerini (araçlar, altyapı, kullanıcı ve karar merkezi) elektronik ve bilişim sistemlerinin de yardımı ile düzenlemek, yönetmek ve yönlendirmek için sistematik bir yaklaşımı ifade eder. Genellikle birçok alt sistemin bir araya gelmesi ile oluşan AUS, yolcu bilgilendirme sistemlerinden seyahat planlamasına, dinamik kavşak kontrolünden filo yönetim ve denetimine kadar birçok alanda yaşantımıza etki etmektedir. AUS'nin temel amacı, gerek kullanıcıların (sürücü, yolcu ve yaya), gerekse karar vericilerinin düşünme-karar verme noktasında yükünü hafifletmek ve ulaşımın ekonomik, çevresel ve sosyal etkilerini iyileştirmektir. Bu çalışmada, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı (UAB) tarafından 2014 yılında hazırlanan Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi dikkate alınarak, Türkiye'deki belediyelerin toplu taşıma alanında sunduğu hizmetler AUS kapsamında değerlendirilmiştir. 30'u büyükşehir olmak üzere toplam 81 belediye trafik yönetimi, yolcu bilgilendirme, erişilebilirlik ve mobil uygulamalar konusunda değerlendirilmiş, bu ana başlıklar altında hangi hizmetleri sunduğu incelenmiştir. Sonuçlar irdelendiğinde, belediyelerin büyük çoğunluğunun yolcu bilgilendirme ve elektronik ödeme sistemleri noktasında ciddi altyapı sahibi olduğu ve hizmet sağladığı görülmektedir. Diğer yandan, erişilebilirlik ve mobil uygulamalar konularında bazı belediyelerin etkin uygulamaları olmakla beraber, genel itibarı ile gelişmeye açık bulunmaktadır.

Cite this article as

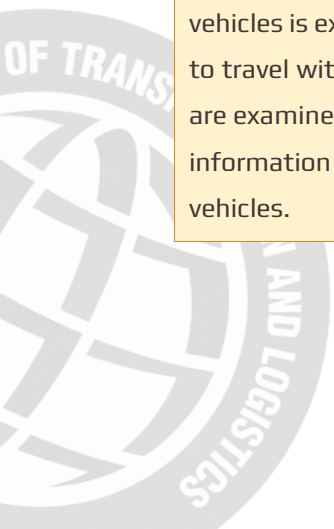
Özden, A., Akalın, K. B., & Kara, Ç. (2019). Toplu Taşımada Akıllı Ulaşım Sistemlerinin Kullanımı: Türkiye’de Belediyelerin Sunduğu Hizmetlerin Değerlendirilmesi. *Journal of Transportation and Logistics*, 4(2), 51-64. doi: 10.26650/JTL.2019.04.02.01

## Extended Abstract

### ITS Applications in Public Transportation: What Municipalities Offer to Travelers in Turkey

**Purpose of the study:** The study aimed at investigating the ITS applications and services provided by municipalities in Turkey, specifically for public transportation. Ministry of Transportation and Infrastructure (UAB) has prepared a document called National Intelligent Transportation Systems Strategy Document in 2014 to emphasize the needs and requirements of the sector for the adoption of ITS and related technologies. This study utilizes 8 topics directly related to municipalities and public transportation. The primary purpose of the study is to provide a thorough evaluation of the AUS application in public transportation in order to identify the strength and weaknesses of the municipalities. Additionally, the study highlights the well adopted ITS applications among municipalities. Furthermore, it is expected that the study has the potential to shed a light on the possible improvements where the municipalities already have sufficient infrastructure but not using effectively to improve the services provided to the public.

**Methodology:** The study first reviewed the National Intelligent Transportation Systems Strategy Document and selected 8 topics directly related to traffic and public transportation, and directed to municipalities as the responsible agencies. Additionally, 22 more points added to increase the details of the topics provided by the strategy document. A total of 81 municipalities, 30 of which are metropolitan, have been evaluated in terms of traffic management, passenger information, accessibility and mobile applications (Table 1). Municipalities' web sites, smartphone applications, and databases, if any, were examined in order to explore the services provided to the travelers. Additionally, the municipalities were contacted directly (telephone or e-mail) to obtain information about whether some of the action items (action items 1.3.7 and 3.2.3) were provided. In the study, the municipalities' AUS awareness was evaluated based on current and upcoming public transportation plans. Coverage of the AUS in master plans, availability, and extent of the traffic management centers, technologies for the intersection management systems are used as primary criteria for evaluating the AUS awareness and adoption for planning and management subject. Passenger information systems, which are one of the most effective AUS applications in public transportation systems, are examined under two main headings as in-vehicle and bus stop. Under these headings, visual and audio based traveler information in vehicles, in bus stops and waiting areas, as well as the presence of communication infrastructure in vehicles and bus stops are examined. Within the scope of accessibility, vehicles and bus stops were evaluated based on the current infrastructure. In addition, the presence of a system in which passengers are informed about the accessibility of the upcoming vehicles is examined with a separate criterion. In the subject of electronic payment systems, the ability to travel with a single card in the relevant public transport vehicles, balance inquiry and adding credit are examined. In the title of mobile systems, it has been examined whether the municipalities provide information through mobile applications such as the location and arrival time of the public transit vehicles.



**Results and Discussion:** When the results are examined, it is seen that the majority of municipalities have sufficient infrastructure and provide services in terms of passenger information and electronic payment systems. On the other hand, although some municipalities have successful applications in terms of accessibility and mobile applications, they are not well adopted by the majority of the municipalities and open to improvement. It is observed that 44% of the municipalities have a traffic management center and nearly 68% utilize intersection and corridor management systems at some level. In terms of traveler information systems, about half of the municipalities offer audio and visual information both in-vehicle and in bus stops. However, it should be noted that these services are mostly provided in vehicles owned by agencies. Accessibility is one of the topics needs serious consideration based on the results. Although the buses are accessible (39% mostly accessible, 40% somewhat accessible, 21% not accessible) in general, the bus stops and waiting areas are not well designed in terms of accessibility. On the other hand, the electronic payment system is one of the well-adopted ITS applications in Turkey. Most municipalities (75%) enable the use of one card thorough most municipally owned and operated public transportation vehicles. Lastly, 44% of the municipalities have mobile applications providing a different level of information and some enabling them to check payment cards and add credit. When the existing technology and communication infrastructure of the municipalities is evaluated, it is observed that especially the data potential cannot be used effectively. Considering that data and data interpretation is one of the most valuable assets, it is especially important to collect data in regular and standard formats, to share these data with relevant stakeholders and to publish it regularly. In addition, the ITS should consider not only the development of vehicle traffic-oriented systems but also the development of systems to promote bicycle and pedestrian safety within the framework of sustainable mobility and transportation. In this context, municipalities are expected to expand the services provided for pedestrian and bicycle users.





## 1. Giriş

Son yıllarda yaşanan teknolojik gelişmelerin etkisiyle yaşamımızda da teknolojik bir dönüşüm meydana gelmekte, doğrudan veya dolaylı olarak yaşamımızı kolaylaştırmaktadır. Bugün geldiğimiz noktada, bilgi ve iletişim teknolojileri ışığında gelişen şehirlerimiz, yaşam kalitesini arttıran ve insan hayatını kolaylaştıran “akıllı” uygulamalar ile birlikte “akıllı şehirler” kavramına doğru ilerlemektedir. Dijitalleşme, Web 2.0 ve sosyal medyanın hayatımıza kattığı yeniliklerin yanında, “e-ticaret” ve “e-devlet” gibi ulaşım gerektirmeyen çevrimiçi platformların da ortaya çıkmasını sağlamıştır. Diğer yandan, dijital bilgi güvenliği (siber güvenlik) ve özel hayatın gizliliğinin sağlanması gibi yeni problemler ortaya çıkmakta ve çözüm önerilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bilgi ve iletişim teknolojilerinde ortaya çıkan bu yeni gelişmeler, “akıllı şehirler” kavramının temel ilkelerinde de bulunan, yaşadığımız şehirlerin ekonomisini, kültürel ve sosyal yapısını, yönetsel dinamiklerini de içerecek şekilde çok yönlü bir değişime götürmektedir. Akıllı şehirler kavramının en önemli yapı taşlarından biri olan “akıllı hareketlilik” kavramı da, kentlerin hareket kabiliyetlerinin artması için yenilikçi ve sürdürülebilir ulaşım sistemlerini, diğer bir ifadeyle Akıllı Ulaşım Sistemlerini işaret etmektedir. Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS), en genel ifade ile son yıllardaki bu gelişmelerin ulaştırma alanındaki yansımalarıdır.

Dünya genelinde nüfus artışı ve beraberinde hareketlilik ihtiyacında oluşan artış, ulaşım ve taşımacılık noktasında ciddi problemlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Nüfus artışına paralel olarak artan kentleşme ve araç sahipliği oranları bu problemlerin daha yoğun hissedilmesine yol açmıştır. Japonya’da %92 olan kentsel nüfus oranları, ABD’de %82, Avrupa ülkeleri ve Türkiye’de %75 civarındadır (World Bank, 2019). Bunun yanında, 1000 kişiye düşen araç sayıları da 2015 verilerine göre ABD’de 797, Japonya’da 591, Avrupa ülkelerinde farklı ülkelere göre 450-700 arası ve Türkiye’de ise 144 olarak izlenmiştir (Our World in Data, 2019). Bu durum, kentlerin hareket kabiliyetinin artırılması için yönetme ve karar verme mekanizmalarının ne derece önemli olduğunu işaret etmekte ve bu bağlamda AUS’nin önemini vurgulamaktadır. Diğer yandan dünya genelinde kaza istatistiklerine bakıldığında, ülkemizde araç sahipliği oranları gelişmiş ülkelere kıyasla oldukça düşük olmasına rağmen, araç başına kazalarda ölüm oranı oldukça yüksektir. Buna rağmen, her bir milyon araç için trafik kazalarında ölüm oranı AB ülkelerinde 104 iken Türkiye’de 617’dir (European Commission, 2018). Bunun sebebi olarak, eğitim, araç güvenliği, yol durumu, emniyet kemeri kullanımı vb. birçok unsurun etkili olduğu, ancak AUS’nin başarılı bir şekilde uygulanmasının da oldukça büyük bir payı olduğu söylenebilir.

Toplu taşıma istatistiklerine bakıldığında, 1960’lı ve 1970’li yıllardan bu yana, özellikle Kuzey Amerika ve Batı Avrupa’daki yıllık toplu taşıma yolcu sayısı genel olarak artmaktadır. Ülkeler arasında büyük farklılıklar olmasına rağmen, çoğu ülkede toplu taşımacılığın olan talep istikrar kazanmıştır (Buehler & Pucher, 2012). Toplu taşıma talebindeki bu gelişim ve istikrar, AUS’nin toplu taşıma sistemlerindeki önemini de arttırmıştır.

Bu çalışmada, ülkemizdeki belediyelerin özellikle toplu taşıma sistemleri bağlamında mevcut hizmetlerinin AUS kapsamında değerlendirilmesi amaçlanmıştır. UAB tarafından 2014 yılında hazırlanan AUS Strateji Belgesi ve Eylem Planı dikkate alınarak toplu taşıma ve trafik özelinde belediyeleri doğrudan ilgilendiren 8 eylem maddesi ve değerlendirmeleri daha detaylı kılmak için ilave edilen ek maddeler ile belediyelerin



mevcut uygulamaları değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, genel olarak belediyelerin etkin olduğu AUS uygulamaları belirlenmiş, zayıf kalan yönler işaret edilmiştir. Ayrıca, mevcut potansiyelin daha etkin kullanımı adına olası iyileştirmeler için de öneriler sunulmuştur.

## 2. Akıllı Ulaşım Sistemleri: İlgili Teknolojiler ve Mevcut Uygulamalar

Akıllı ulaşım sistemlerinin çalışması ve etkinliği bakımından gerekli teknolojiler incelendiğinde, ilk olarak bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler karşımıza çıkmaktadır. Kullanıcılar, araçlar ve altyapı arasında çok yönlü bilgi ve veri akışını olanaklı kılan kablolu ve kablosuz iletişim teknolojilerindeki gelişmeler (5G, Bluetooth vb.) yüksek miktarda verinin hızlı bir şekilde iletilmesine olanak sağlamaktadır. Diğer yandan algılama ve görüntüleme teknolojisindeki gelişmeler yüksek çözünürlükte video kamera görüntülerinin işlenebilmesini, yol sensörleri ile araçları tanıma, sınıflandırma ve ağırlıklarını saptama gibi işlemlerin trafiği aksatmadan yapılabilmesine imkan vermektedir. Böylece, trafik yönetimi açısından en önemli parametrelerden olan trafik akımı, yoğunluk, hız vb. parametrelerin daha kolay ve ekonomik bir şekilde elde edilmesi sağlanmaktadır. Bununla birlikte, sensörler yardımı ile sinyalleme kavşaklarda trafik dinamik olarak kontrol edilebilmekte, değişen talebe göre trafik yönlendirmesi yapılabilmektedir. Son yıllarda GPS/GNSS teknolojilerindeki gelişmeler, konum verilerinin doğruluğu ve hassaslığı noktasında ciddi katkılar sunmaktadır.

Akıllı ulaşım sistemlerinde mevcut uygulamalar incelendiğinde, bu uygulamalarının genel başlıklar olarak aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir. Görülmüştür.

### 2.1. Trafik Yönetimi

Trafikte hizmet kalitesini arttırmak ve olası problemleri saptayarak önleyici çalışmalarda bulunmak adına yapılan uygulamaların tamamı trafik yönetimi kapsamında değerlendirilebilir. Dinamik ve koordine sinyalleme kavşaklar, değişken mesaj işaretleri, kamera ve sensör sistemleri vb. bu kapsamda değerlendirilebilir.

### 2.2. Sürücü ve Yolcu Bilgilendirme Sistemleri

Toplu taşıma sistemleri, yoğun kullanım oranı da dikkate alındığında, AUS'nin en etkili kullanıldığı alanların başında gelmektedir. Araç içi bilgilendirme sistemleri, akıllı duraklar, web ve mobil uygulamalar bu konuda verilecek en yaygın örneklerdendir. Toplu taşıma sistemlerinde bilgilendirmenin trafiğe etkisinin yanında, yolcuların psikolojik ve fiziksel sağlıklarına da ciddi etkisi olduğu belirtilmekte, belirsizlik stresini azaltarak bekleme süresi için olumlu bir algı uyandırmaktadır (Dziekan & Vermeulen, 2006).

### 2.3. Elektronik Ödeme Yöntemleri

AUS, gerek toplu taşıma araçlarında gerekse otoyollarda ücret ödenmesinde kolaylıklar sağlamaktadır. KGS, OGS ve araç içi ödeme sistemleri en belirgin örneklerdendir. Ayrıca, bazı ülkelerde doluluk oranı yüksek araç (HOV: High-Occupancy Vehicle) şeritleri, doluluk oranı yüksek araç ücretlendirme şeridi (HOT: High-Occupancy Toll) ve



kent merkezlerinde tıkanıklık fiyatlandırması da elektronik ödeme sistemleri içerisinde değerlendirilir.

#### **2.4. Erişilebilirlik**

Toplu taşıma araçlarının tekerlekli sandalye ve bebek arabalarına hem iniş-biniş hem de araç içi güvenliği bakımından uygunluğu, duraklara ve metro istasyonlarına ulaşımı sağlayan asansörler, rampalar, engelliler için ayrılmış koltuklar vb. uygulamalar ile bunlar hakkında bilgilendirme, biletleme ve servis hizmetleri erişilebilirlik noktasında başlıca uygulamalardır. Diğer yandan, görme engelli yayaların kullanımına sunulan, sesli ve titreşimli akıllı bastonlar (Gören Göz, WeWalk), durak, araç içi ve biletleme işlemlerinde Braille yazı uygulaması mevcut teknolojilerin erişilebilirlik kapsamında uygulamaları arasında yer almaktadır.

#### **2.5. Araç-Filo Yönetim ve Denetim Sistemleri**

Filo yönetim ve denetim sistemleri, araç ve personelin verimli bir şekilde kullanılmasına yardımcı olacak sistemleri içermektedir. Genellikle AVI (Automatic Vehicle Identification) ve AVL (Automatic Vehicle Location) sistemleri kullanılmaktadır. Örnek olarak, İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından hafriyat kamyonlarının hız, güzergâh ve döküm alanlarının takibi; yol temizliği ve karla mücadele araçlarının verimli şekilde kullanılabilmesi en yaygın uygulamalardandır.

#### **2.6. Araç içi Destek-Güvenlik Sistemleri ve Otonom Araçlar**

AR-GE ve uygulama çalışmaları daha çok otomobil endüstrisi tarafından yönlendirilen araç içi teknolojilerde hız sabitleyiciler, gelişmiş fren sistemleri, son yıllarda gelişen yapay zekâ teknolojisi ile şerit ihlali uyarısı, kör nokta izleme ve sürücülerin uyku/yorgunluk halinin saptanması gibi yenilikler bu alandaki en önemli örneklerdir (Begum, 2013). Diğer yandan, son yıllarda tüm dünyada üzerine ciddi çalışmaların yapıldığı otonom araçlarda V2X teknolojileri ve ilgili uygulamalar da AUS kapsamında öne çıkmaktadır.

#### **2.7. Kaza ve Acil Durum Yönetim Sistemleri**

Kaza ve acil durum yönetiminde, trafik kazaları ve doğal afetler başta olmak üzere tüm acil ve lojistik müdahale gerektiren durumlarda, olayın yeri ve diğer bilgilerinin ilgili paydaşlara ulaştırılması ve müdahale için gerekli organizasyon ve operasyonel çalışmaların tümünde, AUS katkı ve destek sunmaktadır. AB ülkelerindeki e-call ve ABD’de 511 çağrı merkezleri bu bağlamda en belirgin örneklerdir.

#### **2.8. Türkiye’deki Akıllı Ulaşım Uygulamalarının ve Politikalarının Değerlendirilmesi**

Farklı ülkelerde 1960’lı yıllarda görülmeye başlayan AUS uygulamaları 1990’larda bilgi ve iletişim teknolojileri ile hız kazanmıştır (UDHB, 2014). Ülkemizdeki uygulamalarda, özellikle trafik yönetimi, yolcu bilgilendirme ve elektronik ödeme sistemlerinde mevcut teknolojilere adaptasyonun sağlandığı görülmektedir. 2014 yılında hazırlanan Akıllı Ulaşım Sistemleri Ulusal Strateji Belgesi, 2014-2016 yıllarında eylem planı ve 2023 hedeflerini bu bağlamda ülkemizde AUS alanındaki en önemli düzenlemelerin başında gelmektedir (UDHB, 2014). Diğer yandan, ilgili kamu kurumları ve özel sektörde AUS alanında üretim ve uygulamada faaliyet gösteren ticari firmalar,



araştırma merkezleri ve üniversiteler, belediyeler ve ilgili aktörlerin katılımı ile kurulan Türkiye Akıllı Ulaşım Sistemleri Derneği (AUS Türkiye, 2018) “kamu yararını gözeterek güvenli, hızlı, konforlu, çevre dostu ve ekonomik bir ulaşım sistemine” ulaşmamızda politika, teknoloji ve uygulama geliştirilmesine önderlik edecek bir dernek olarak kurulmuştur.

Günümüz teknolojileri ve yakın gelecekte beklenen gelişmeler ışığında ülkemizin AUS vizyonu hakkındaki değerlendirmeler aşağıda sunulmuştur:

**Veri Sistemleri:** Birçok yerel ve ulusal düzeyde kurum ve kuruluş, teknolojik altyapısı olmasına rağmen, gerekli ve uygun bir formatta verileri toplayamamakta, depolayamamakta ve işleyememektedir. Bu sorun öncelikle ulusal düzeyde ülkemizin veri havuzunun oluşmasını güçleştirmektedir. Bilindiği üzere, günümüzde veri toplanması, işlenmesi ve yorumlanması en önemli katma değerler arasında görülmektedir. Yapay zekâ teknolojisinin sıkça adından söz ettirdiği günümüzde, bu teknolojinin hammaddesinin veri olduğu unutulmamalıdır.

**Teknolojide dışa bağımlılık:** Teknolojik altyapıda olan eksikliğimiz, AUS alanındaki teknoloji ve uygulamaların büyük bir çoğunluğu için dışa bağımlı olmamıza neden olmaktadır. Son on yılda yapılan AR-GE çalışmaları ile veri toplanması ve trafik yönetimi adına ülkemizde üretilen teknolojilerin kullanımı yaygınlaşmaktadır.

**Kurumlar Arası İşbirliği:** AUS’nin etkin bir düzeyde uygulanabilmesinin ulaşım alanında ülkenin dijital hafızası, yani geniş bir yelpazede veri toplanması ve bu verilerin anlamlandırılması ile doğru orantılı olduğu aşikârdır. Bu bağlamda, tüm yönetim birimlerinin etkin bir işbirliği içerisinde olması, toplanan verilerin standartlaştırılması, depolanması ve merkezi trafik yönetim sistemleri ile paylaşılması önem arz etmektedir. Diğer yandan, üniversitelerin ve özellikle de teknoparklarını etkin şekilde kullanan üniversitelerin de bu konuda bilgi birikimlerini paylaşması, yapılacak çalışmalar için AR-GE merkezleri oluşturması, yetişmiş insan gücünün kullanımı ve kamu-özel sektör işbirliği adına da önemli katkı sağlamaktadır.

## 2.9. Akıllı Ulaşım Sistemlerinde Yakın Gelecekte Beklenen Gelişmeler

AUS ile birlikte artan veri girişi bu verinin incelenmesi, anlamlandırılması ve kullanılması alanında yeni yaklaşımlara olan ihtiyacı işaret etmektedir. Bu bağlamda veri madenciliği ve büyük veri çalışmaları, yakın gelecekte AUS araştırmalarında önemli konulardan birisi olarak görülmektedir. (Zhu ve diğ., 2019). Diğer yandan, son yıllarda ekonomi ve bankacılık alanında sıkça kullanılan blok zinciri (blockchain) teknolojisi de özellikle dijital verinin güvenli bir şekilde iletilmesi konusunda önemli olanaklar sunmaktadır (Yuan & Wang, 2016). Sürdürülebilir bir akıllı ulaşım sistemi geliştirmek, birbirleri ile iletişim halinde araçlar, bulut bilişim ve nesnelerin interneti gibi yeni gelişen teknolojilerle sorunsuz entegrasyon ve birlikte çalışabilirlik gerektirir. Bu sayede, mevcut teknolojiler ile elde edilen verilerin gerçek zamanlı incelenmesi ve paylaşılmasına ve üçüncü kişiler tarafından kullanılabilmesine olanak sağlanabilir (Guerrero-Ibanez, Zeadally, & Contreras-Castillo, 2015).

Akıllı Ulaşım Sistemlerinin yakın gelecekte sadece fiziksel veriler ile yetinmeyip, özellikle de sosyal platformlardaki verileri (sosyal medyadaki iletiler, aktivite planları, başlık etiketleri, vb.) de kullanarak gerçek zamanlı trafik bilgisi toplaması ve bu verileri



karar mekanizması içerisine dahil etmesi beklenmektedir (Sumalee & Ho, 2018). Önümüzdeki yıllarda gelişme göstermesi beklenen bir diğer alan da trafik bilgi sistemleri olarak gözükmektedir. Yapay zekâ ile daha da gelişecek olan akıllı telefon, saat ve diğer taşınabilir cihaz ve aksesuarlar, birer kişisel asistan gibi davranmaya ve günlük alışkanlıklar üzerinden insanlara en uygun çözümler sunmaya başlayacaktır. Böylelikle zaman ve enerji tasarrufu sağlayan uygulamalar yaygınlaşacaktır.

### 3. Yöntem

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı (UAB) tarafından 2014 yılda hazırlanan Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi, 5 stratejik amaç, 22 hedef ve 38 eylem maddesi üzerinden sorumlu ve işbirlikçi kuruluşları belirleyerek 2014-2016 yılları arası eylem planı ve 2023'e kadar ulusal stratejileri belirlemiştir. Bu strateji belgesi, AUS kapsamında ulusal düzeyde yapılan en kapsamlı çalışma olup kamu kurumları, belediyeler, üniversiteler ve diğer paydaşlar tarafından koordine bir şekilde çalışılmasına imkan sağlamıştır (UDHB, 2014).

Bu çalışmada, Türkiye'de 30 büyükşehir belediyesi olmak üzere toplam 81 belediye, UAB'nin Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi kapsamında doğrudan veya dolaylı olarak belediyeleri ilgilendiren maddelerden 8 eylem maddesi üzerinden değerlendirilmiştir (Tablo 1). Belediyelerin internet siteleri, varsa akıllı telefon uygulamaları ve veri tabanları elektronik ortamda incelenmiş, mevcut eylem planlarını hangi düzeyde sağladıkları değerlendirilmiştir. Ayrıca, bazı eylem maddelerinin (Eylem Maddesi 1.3.7 ve 3.2.3) sağlanıp sağlanmadığı konusunda bilgi sahibi olabilmek için belediyeler ile doğrudan (telefon veya e-posta) iletişime geçilerek bilgi alınmıştır. Diğer taraftan, strateji belgesi içerisinde doğrudan eylem maddesi olarak ifade edilmemiş, ancak özellikle toplu taşıma sistemleri üzerine belediyelerin sundukları AUS hizmetlerini değerlendirebilmek adına listelenen ek maddeler de incelenmiştir. Bu maddeler, özellikle belediyelerin sunduğu hizmetlerin çeşitliliğini değerlendirme hususunda faydalı olmuştur.

**Tablo 1.** AUS uygulamalarını değerlendirmede kullanılan ölçütler.

Kategori	Eylem Maddesi	Eylemin Adı	Değerlendirme Kriteri1
Trafik Yönetimi / Planlama	1.3.7	Büyükşehir belediyeleri tarafından hazırlanan son ulaşım ana planında AUS bölümü var mı?	E, H
	3.2.3	Büyükşehir belediyelerinde Trafik Yönetim Merkezleri var mı?	E, H
	3.2.2	Şehirde, trafik akışını rahatlatmak için, akıllı kavşak, koordine kavşak, sensörlü kavşak vb. uygulamalar var mı?	E, K, H
	3.6.1	Belediyeler, toplu taşıma araçlarını araç takip sistemleri ile takip ediyor mu?	E, K, H
	Ek Madde 1	Belediyeler, toplu taşıma araçları dışında kalan belediyeye ait araçları (resmi araçlar, kamyonlar, is makineleri, servis araçları, vb.) araç takip sistemleri ile takip ediyor mu?	E, K, H
	1.3.3	Belediye toplu taşıma araçlarını kullanan yolcu sayıları, biniş-iniş durakları, ücret farklılıkları (indirimli, tam, ücretsiz vb.) ile ilgili veri topluyor mu?	E, K, H
	1.3.3	Belediye, AUS uygulamalarından elde ettiği verileri kullanarak, grafik, rapor, istatistiksel değerlendirme hazırlıyor mu?	E, K, H
Araç içi Yolcu Bilgilendirme Sistemleri	Ek Madde 2	Yolcu otobüsleri içerisinde yaklaşılacak durağı gösteren ekran, sesli bilgilendirme, var mı?	E, K, H
	Ek Madde 3	Yolcu otobüsleri dışındaki metro, tramvay, vb. toplu taşıma araçlarında yaklaşılacak durağı gösteren ekran, sesli bilgilendirme, var mı?	E, K, H
	Ek Madde 4	Dolmuş, taksi dolmuş, minibüs vb. toplu taşıma araçlarında yaklaşılacak durağı gösteren ekran, sesli bilgilendirme, var mı?	E, K, H
	Ek Madde 5	Araçlarda iletişimi kolaylaştıracak teknolojiler mevcut mu? (WiFi, USB şarj vb.)	E, K, H
Duraklar/ Bekleme Yerleri	3.4.1	Toplu taşıma için mevcut duraklarda otobüs güzergâhlarını ve geliş dakikalarını bildirir akıllı ekranlar (Akıllı Durak) var mı?	E, H
	Ek Madde 6	Durak ve bekleme yerlerinde iletişimi kolaylaştıracak teknolojiler mevcut mu? (WiFi, USB şarj, acil çağrı telefonu vb.)	E, K, H
Erişilebilirlik	4.2.1	Otobüsler engelli yolcular için uygun donanıma (rampa, engelli bekleme yeri, engelli emniyet kemeri vb.) sahip mi?	E, K, H

	Ek Madde 6	Tramvay, metro vb. araçlar engelli yolcular için uygun donanıma (rampa, engelli bekleme yeri, engelli emniyet kemeri vb.) sahip mı?	<b>E, K, H</b>
	Ek Madde 7	Dolmuş, taksi dolmuş, minibüs vb. araçlar engelli yolcular için uygun donanıma (rampa, engelli bekleme yeri, engelli emniyet kemeri vb.) sahip mı?	<b>E, K, H</b>
	Ek Madde 8	Engelli dostu bilgiler (otobüs engelli yolcular için uygun olup olmadığı gibi) otobüs gelmeden önce yolculara ulaştırılabilir mi?	<b>E, K, H</b>
	Ek Madde 9	Otobüs duraklarında engelli yolcular için bilgilendirme sistemleri (sesli bilgilendirme veya Braille alfabesi yazılı) mevcut mu?	<b>E, K, H</b>
<b>Ödeme sistemleri</b>	Ek Madde 10	Belediyeye ait toplu taşıma araçlarında tek kart kullanılarak ulaşım mümkün mü? (Ör: Eskart, İstanbulkart, vb.)	<b>E, H</b>
	Ek Madde 11	Minibüs, dolmuş vb. belediye sınırları içerisinde hizmet veren araçlarda tek kart kullanılarak ulaşım mümkün mü?	<b>E, H</b>
	Ek Madde 12	Kartlara bakiye yüklemesinin dijital yöntemler (mobil uygulama, internet, telefon bankacılığı vb.) kullanılarak yapılabilmesi mümkün mü?	<b>E, H</b>
	Ek Madde 13	Kart bakiyesi, geçişler vb. kişisel bilgilerin internet ya da mobil uygulamalar üzerinden kontrol edilebilmesi mümkün mü?	<b>E, K, H</b>
	Ek Madde 14	Banka/kredi kartı ile ödeme sistemi var mı?	<b>E, H</b>
<b>Seyahat Planlaması</b>	Ek Madde 15	İnternet üzerinden seyahat planlaması yapılabilmesi mümkün mü?	<b>E, K, H</b>
	Ek Madde 16	Şehre gelen yabancılar için ulaşım bilgisi sunuluyor mu?	<b>E, K, H</b>
<b>Mobil Sistemler</b>	3.5.2	Belediyenin, toplu taşıma bilgilerini içeren bir yerel mobil uygulaması var mı? (Ör: EGOÇepte, IBB Trafik, vb.)	<b>E, H</b>
	Ek Madde 17	Mobil uygulama varsa, mobil uygulama üzerinden toplu taşıma araçlarının nerede olduğu, geliş süresi vb. bilgilere ulaşılabilir mi?	<b>E, K, H</b>
	Ek Madde 18	Mobil uygulama varsa, mobil uygulama üzerinden bakiye sorgulama ve yükleme işlemleri yapılabilir mi?	<b>E, K, H</b>
	Ek Madde 19	Mobil uygulama varsa, mobil uygulama üzerinden seyahat planlaması yapılabilir mi? (Ör: X adrese toplu taşıma ile nasıl gidebilirim?)	<b>E, K, H</b>
	Ek Madde 20	Mobil uygulama varsa, mobil uygulama üzerinden toplu taşıma araçları, sürücüler ve verilen hizmetler için kullanıcı değerlendirmelerini alan bir modül mevcut mu? (Ör: Şikayet bildirmek, iyileştirme istemek, vb.)	<b>E, K, H</b>

<sup>1</sup>E: Evet, K: Kısmen, H: Hayır

Değerlendirmede, trafik yönetimi ve planlaması kapsamında belediyelerin AUS farkındalığı ile mevcut ve planlanan hizmet yatırımlarının hangi ölçüde AUS altyapısına uygun olduğu araştırılmıştır. Belediyelerin trafik yönetim merkezlerinin olup olmaması, trafik yönetimli kavşak uygulamalarının varlığı ve araç takip sistemlerinin kapsamı üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. Toplu taşıma sistemlerinde en etkin AUS uygulama alanlarından olan yolcu bilgilendirme sistemleri, araç içi ve araç dışı olmak üzere iki ana başlıkta incelenmiştir. Bu başlıklar altında araçlarda sesli ve görüntülü bilgilendirme sistemleri, durak ve bekleme yerlerinde sesli ve görüntülü bilgilendirme sistemleri, ve ayrıca araç ve duraklarda iletişim altyapısının varlığı irdelenmiştir.

Erişilebilirlik kapsamında araç ve durak/bekleme yerlerinin engelli yolcular, bebek arabaları vb. yolcuların ihtiyaçları dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, araçların erişilebilir olup olmaması konusunda yolcuların bilgilendirildiği bir sistemin olup olmaması da ayrı bir soru ile incelenmiştir. Elektronik ödeme sistemleri başlığında ilgili toplu taşıma araçlarında tek kart ile seyahat edilebilmesi, toplu taşıma kartlarında bakiye sorgulama ve yükleme işlemleri ile farklı ödeme sistemlerinin varlığı incelenmiştir. Mobil sistemler başlığında ise belediyelerin toplu taşıma sistemleri başta olma üzere bilgilendirme yapıp yapmadığı, araçların konum ve varış süreleri hakkında yolcuları ne düzeyde bilgilendirdiği irdelenmiştir.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

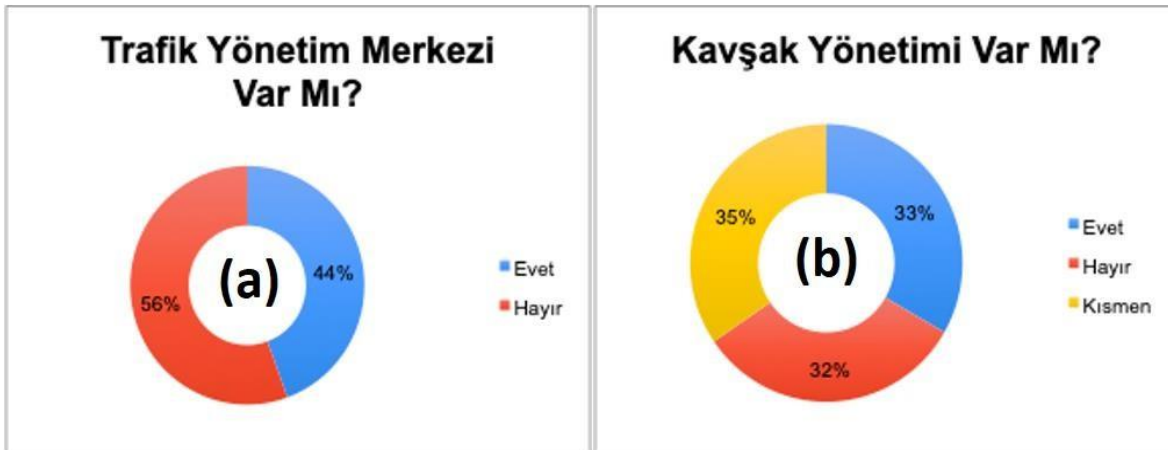
Yapılan çalışmada, belediyelerin AUS hakkında bilgi sahibi olduğu ve kademeli olarak altyapı ve hizmetlerini bu bağlamda geliştirdiği görülmüştür. Yakın zamanda ulaşım ana planı çalışması yapmış bazı büyükşehir belediyelerinde AUS kısmına ayrıca yer verilmiş ve belediyelerde trafik yönetim merkezi kurulduğu belirlenmiştir. Ancak,



birçok belediyenin AUS'nin en önemli kriterlerinden birisi olan veri toplanması, analizi, değerlendirilmesi ve paylaşılması konusunda kurumsal ve mevzuat olarak henüz hazır olmadıkları tespit edilmiştir. Araç takip sistemleri, toplu taşıma iniş-biniş ve biletleme bilgileri gibi veri sağlayan sistemlerde üst düzey fayda sağlanamamakta, veriye dayalı bilgilerin de oluşturulması ve yayımlanması konusunda yeterli çalışmalar yapılmadığı gözlenmektedir.

Belediyelerin trafik yönetim ve denetimi konularında verilerin toplandığı, kamera ve sensörlerin görüntü aktardığı, sinyalizasyon sisteminin kontrol edildiği bir trafik yönetim merkezinin varlığı incelenmiş olup, bu aktivitelerin tamamı ya da bir kısmını sağlayan trafik yönetim merkezleri için belediyelerin yeterli altyapıya sahip olduğu kabul edilmiştir. Bu durumda, Şekil 1a'da görüldüğü üzere, belediyelerin %44'ünde trafik yönetim merkezi olduğu görülmektedir.

Trafiğin etkin bir şekilde yönetilmesi ve araçların yönlendirilebilmesi bakımından kavşak yönetimi en etkili yöntemlerin başında gelmektedir. Ülkemizde, özellikle sinyalize kavşaklarda sabit fazlı, çoklu fazlı, dinamik kavşak, yeşil dalga vb. kavşak ve koridor yönetim sistemleri uygulanmaktadır. Çalışmada Türkiye'deki belediyelerin kavşak yönetim uygulamaları incelenmiş, etkin bir uygulama ağı olan belediyeler 'Evet', bazı bölgelerde uygulama sahibi belediyeler ise 'Kısmen' olarak değerlendirilmiştir. Belediyelerin kavşak yönetimi hususunda dağılımı Şekil 1b'de gösterilmektedir.

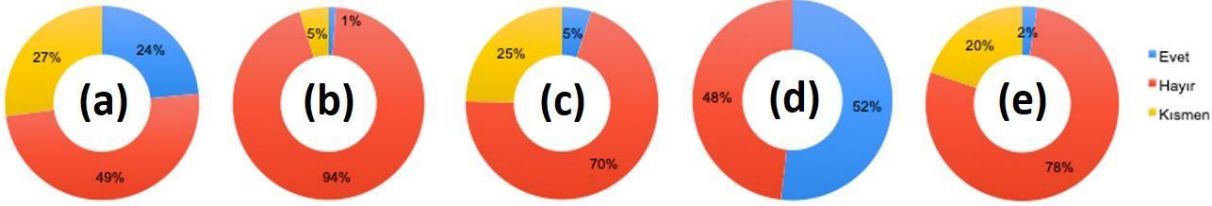


Şekil 1: a) Belediyede trafik yönetim merkezi var mı? b) Belediyede kavşak yönetimi var mı?

Toplu taşımanın etkinliğine katkı sunan en önemli parametrelerden olan yolcu bilgilendirme sistemlerinin, özellikle tramvay ve metro gibi yolcu taşıma kapasitesi yüksek araçlarda etkin bir şekilde kullanıldığı tespit edilmiştir. Ayrıca başta büyükşehirler olmak üzere birçok şehirde, özellikle yeni temin edilen araçlarda yolcu bilgilendirme sistemleri için gerekli teknolojik altyapının da bulunduğu görülmektedir. Yolcu bilgilendirme sistemleri, araç içi ve durak/bekleme yeri olmak üzere iki farklı kategoride incelenmiştir. Araç içi bilgilendirme sistemlerinde belediyeye ait yolcu otobüslerinde, minibüs ve dolmuş vb. toplu taşıma araçlarında görüntülü ve sesli yolcu bilgilendirme sistemlerinin varlığı değerlendirilmiştir. Benzer şekilde, durak ve bekleme yerlerinde sesli ve görüntülü yolcu bilgilendirme sistemleri de irdelenmiştir. İlgili sistemlerin yaygın şekilde kullanıldığı şehirler 'Evet' seçeneği ile gösterilmişken, bu tür uygulamaların yeni başlamış olması ya da sadece kısıtlı sayıda araç veya durakta kullanılıyor olması 'Kısmen' olarak değerlendirilmiştir. Diğer yandan, toplu taşıma

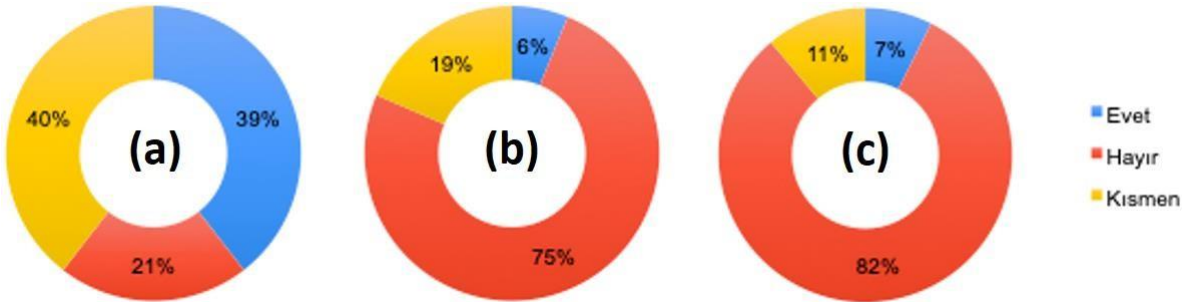


araçlarında ve durak/bekleme yerlerinde iletişimi ve teknoloji altyapısı da (WiFi, şarj noktası, acil durum telefonu vb.) incelenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2: Yolcu bilgilendirme sistemlerinde:

Belediyelerin toplu taşıma hizmetlerinde incelenen bir diğer konuda erişilebilirlik olmuştur. Hem araçlar ve durakların fiziksel olarak engelli dostu olup olmaması incelenmiş, hem de bu bilgilerin kullanıcılar ile paylaşılması değerlendirilmiştir. Erişilebilirlik konusunda, son yıllarda temin edilmiş araçlarda standartlar gereği teknolojik sistemler ile desteklendiği, mevcut araçlarda da kısmen bu dönüşümün sağlandığı ve zamanla devam edeceği görülmüştür. Ancak, araçların erişilebilir olup olmaması ile ilgili bilgilendirme, ne internet ya da mobil uygulamalar üzerinden ne de akıllı duraklarda düzenli bir şekilde belirtilmemektedir. Bu konuda belediyelerin daha etkili çalışmaları gerektiği düşünülmektedir. Şekil 3’te görüldüğü üzere belediyelerin %39’unda araçlar erişilebilirlik açısından uygun donanıma sahipken %40’ında sınırlı sayıda araç uygun olarak değerlendirilmiştir. Duraklarda ve bekleme yerlerinde ise belediyelerin büyük bir kısmı (%75) bu uygunluğu sağlayamamaktadır. Ayrıca, araçların ve durakların erişilebilirliği yolcular ile internet ya da mobil uygulamalar üzerinden paylaşılıyor mu diye incelendiğinde, belediyelerin %82’sinin bu bilgileri önceden paylaşmadığı görülmektedir.

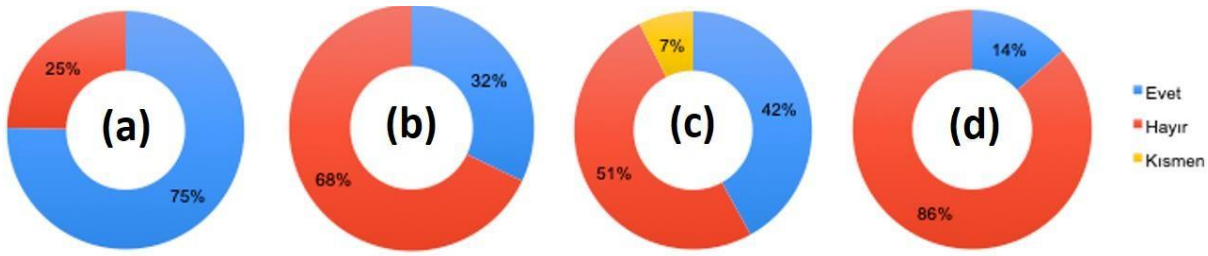


Şekil 3: Erişilebilirlik konusunda

a) otobüsler engelli yolcular için uygun donanıma sahip mi? (rampa, emniyet kemeri, vb.) b) duraklar ve bekleme yerleri engelli yolcular için uygun donanıma sahip mi? (rampa, giriş genişliği, asansör, vb.) c) araçların ve durakların erişilebilirlik bilgisi yolcular ile internet veya mobil uygulamalar üzerinden paylaşılıyor mu?

AUS’nin ülkemizde de yaygın olarak kullanılan uygulamalarından elektronik ödeme sistemleri incelendiğinde belediyelerimizin büyük çoğunluğunun olumlu girişimleri olduğu, başta belediyeye ait toplu taşıma araçları (belediye otobüsleri) olmak üzere belediyenin kontrol ve denetiminde olan diğer bazı ulaşım araçlarında da tek bir kart ile ödeme yapılabildiği tespit edilmiştir. Bazı şehirlerde (Ör: Sakarya), ilçelere hizmet sunan özel halk otobüslerinde de aynı kartlar ile seyahat imkânı sunulduğu görülmüş ve bu durumun yolcular üzerinde pozitif etki yarattığı tespit edilmiştir. Bu kapsamda, belediye toplu taşıma araçlarında tek kart kullanımı, kart bilgilerinin ve bakiyesinin internet veya mobil sistemler üzerinden görüntülenmesi, ve bakiye yükleme sistemleri incelenmiş elde edilen sonuçlar Şekil 4’te sunulmuştur.





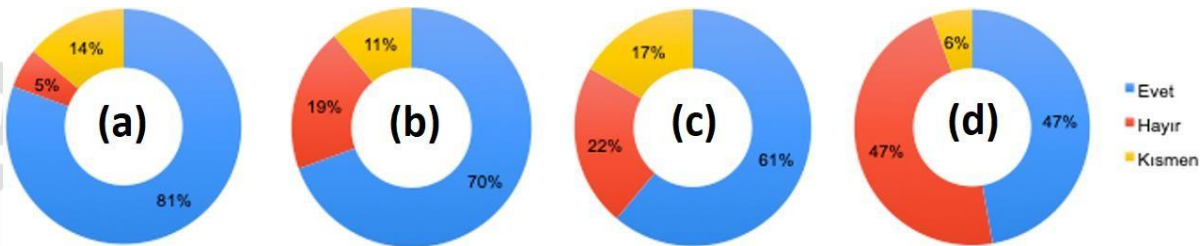
Şekil 4: Elektronik ödeme sistemlerinde

a) belediye otobüslerinde tek kart kullanımı b) kartlara dijital yöntemler ile bakiye yüklemesi c) kart bilgileri ve bakiyelerinin internet ve mobil yöntemler ile kontrol edilebilmesi d) toplu taşıma araçlarında temassız kredi kartı ile ödeme

Mobil uygulamaların varlığı ve toplu taşıma bilgilerinin çeşitliliği belediyeler arasında oldukça farklılık göstermektedir. Ancak, özellikle bazı büyükşehir belediyelerinin bu konuda oldukça geniş kapsamlı çalışmalar yaptığı ve kullanıcı ihtiyaçlarını karşılayacak başarılı mobil uygulamalar (EGOCepte, İBB Trafik, e-komobil vb.) geliştirdiği söylenebilir. Belediyelerin trafik veya toplu taşıma özelinde mobil uygulaması olup olmaması incelendiğinde, belediyelerin %44'unun bu kapsamda mobil uygulama sahibi olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 5). Ayrıca, uygulama sahibi belediyelerin uygulamalar üzerinden sağladığı hizmetler irdelendiğinde, toplu taşıma araçlarının gerçek zamanlı konum bilgileri, elektronik ödeme sistemleri ile ilgili işlemler ve seyahat planlaması hizmetlerinin oldukça yaygın olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 6). olumlu girişimleri



Şekil 5: Belediyelerde mobil trafik uygulaması var mı?



Şekil 6: Belediyelerin mobil uygulamasında:

a) toplu taşıma aracının yeri, geliş suresi vb. bilgiler var mı? b) bakiye sorgulama ve yükleme işlemi yapılabiliyor mu? c) seyahat planlaması yapılabiliyor mu? d) taşıma araçları, sürücüler ve verilen hizmetler için kullanıcı değerlendirmelerini alan bir modül mevcut mu?

Sonuç olarak, toplu taşıma sistemleri özelinde incelenen belediyelerdeki AUS uygulamalarının belirli başlıklarda oldukça yaygın kullanıldığı gözlemlenirken, özellikle erişilebilirlik ve veri hususlarında geliştirilmeye açık alanlar bulunmaktadır. Bu kapsamda çalışmaların devam etmesi ve eylem maddelerinin 2023 hedefleri kapsamında yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir.

Belediyelerin mevcut teknoloji ve iletişim altyapısı değerlendirildiğinde, özellikle veri potansiyelinin etkin bir şekilde kullanılmadığı göze çarpmaktadır. Veri ve verinin anlamlandırılmasının günümüzün en değerli konularından biri olduğu düşünüldüğünde, bilhassa, düzenli ve standart formatlarda veri toplanması, bu verilerin ilgili paydaşlar ile paylaşılması, ve düzenli olarak yayımlanması AUS’nin gelişmesi açısından önemli görülmektedir. Bir çok şehirde belediyelere araç takip sistemi altyapısı sağlayan bir firmanın bu şehirler için gerçek zamanlı araç durum bilgilerini, seyahat bilgilerini ve kart işlem bilgilerini paylaşmasına rağmen, bu illerdeki belediyelerin aynı hizmeti sağlayamaması düşündürücü olmaktadır. Bu örnek, AUS’nin mevcut altyapı ile etkin bir hizmet potansiyeline sahip olduğunu ancak ilgili belediyelerin bu hizmetleri sağlamak adına yetersiz kaldıklarını işaret etmektedir.

Diğer yandan, veri paylaşımı noktasında yaşanan problemlerin de gizlilik içermeyen verileri kullanarak hizmet geliştirme kabiliyetine sahip 3. kişilerin kamu yararına pozitif etki yapmasına engel teşkil ettiği görülmektedir. Bir çok alanda olduğu gibi iletişim ve bilgilendirme alanında da hızla gelişen teknolojiyi takip etmek adına, belediyeler de dahil olmak üzere tüm kamu kurumlarının gereken adımları atması beklenmektedir.

Ayrıca, AUS ile yalnızca araç trafiği odaklı sistemlerin geliştirilmesi değil, sürdürülebilir hareketlilik ve ulaşım çerçevesinde bisiklet ve yaya güvenliğini artırıcı ve teşvik edici sistemlerin de geliştirilmesinin gerekliliği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu kapsamda belediyelerin yaya ve bisiklet kullanıcıları için sağladığı hizmetleri genişletmeleri beklenmektedir. (Şekil 6).

## KAYNAKÇA

- AUS Türkiye, (2018). Akıllı Ulaşım Değerlendirme Endeksi Geliştirilmesi Ar-Ge Projesi, <http://www.ausder.org.tr/akilli-ulasim-degerlendirme-endeksi-gelistirilmesi-ar-ge-projesi.html>, (Erişim Tarihi: 01.09.2018).
- Begum, S. (2013). Intelligent Driver Monitoring Systems Based on Physiological Sensor Signals: A Review. In 16th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2013) (pp. 282-289). IEEE.
- Buehler, R., & Pucher, J. (2012). "Demand for public transport in Germany and the USA: an analysis of rider characteristics." *Transport Reviews* 32(5): 541-567.
- Dziekian, K., & Vermeulen, A. (2006). Psychological Effects of and Design Preferences for Real-time Information Displays. *Journal of Public Transportation*, 9(1), 1.
- European Commission. (2018). EU Transport in Figures Statistical Pocketbook, <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/pocketbook2017.pdf>, (Erişim Tarihi: 01.08.2019).



- Guerrero-Ibanez, J. A., Zeadally, S., & Contreras-Castillo, J. (2015). Integration challenges of intelligent transportation systems with connected vehicle, cloud computing, and internet of things technologies. *IEEE Wireless Communications*, 22(6), 122-128.
- Our World in Data. (2019). Road vehicles per 1000 inhabitants vs. GDP per capita - 2014, <https://ourworldindata.org/grapher/road-vehicles-per-1000-inhabitants-vs-gdp-per-capita>, (Erişim Tarihi: 01.08.2019).
- Sumalee, A., & Ho, H. W. (2018). Smarter and more connected: Future intelligent transportation system. *IATSS Research*, 42(2), 67-71.
- Topçu, Y.I., Kabak Ö., (2014-2015) Operation Research Lecture Notes
- UDHB. (2014) Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi (2014 – 2023), Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı, Ankara.
- World Bank. (2018) World Urbanization Prospects: 2018 Revision, <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?contextual=default&end=2017&locations=TR-EU-US-OE-JP-CN-KR-1W&start=1960&view=chart>, (Erişim Tarihi: 01.08.2019).
- Yuan, Y., & Wang, F. (2016). "Towards blockchain-based intelligent transportation systems," 2016 IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC) (pp. 2663-2668), Rio de Janeiro.
- Zhu, L., Yu, F. R., Wang, Y., Ning, B., & Tang, T. (2019). Big data analytics in intelligent transportation systems: A survey. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 20(1), 383-398.
- Thomas, R. (1997). *Quantitative methods for business studies*. Hertfordshire: Prentice hall Europe



Received : November 27, 2019 Accepted : December 29, 2019

<http://dx.doi.org/10.26650/JTL.2019.04.02.02>

Research Article

**Contributions of “Green-Ecoport Approach” to Merchant Trade and Logistics: Comparison of Practices in Turkey and the European Union (EU)**

Fatih Yılmaz | Ministry of Transport and Infrastructure, Ankara, Turkey, [yilmazf58@gmail.com](mailto:yilmazf58@gmail.com)

<b>Keywords:</b> Logistics, Maritime Transportation, Merchant Trade, Green Ports, Eco Ports	<b>ABSTRACT</b> About 85% of the world commodity trade is carried out by sea and merchant ships and maritime trade ports are the most important elements of the international logistics, supply and transportation chain. However, maritime transportation activities have also various environmental impacts from ports and ships for air, water, soil/sediments and ecosystem. In recent years, greenport/ecoport approach, which are becoming widespread in Turkey, especially in European ports, are aimed at disseminating environmentally friendly technologies, minimizing the environmental impacts of ship and port operations, energy saving and consequently more sustainable transportation. In this study, it is aimed to examine the contributions of “green-eco port approach” to logistics activities and merchant trade. In accordance with this aim, green-eco port approach and its international and national practices, specially regarding EU legislation, have been examined, and developable aspects of the implementation for Turkish ports by a comparison of the situation in the EU and in Turkey has have been determined, and an evaluation on contributions of existing green-eco port implementations to logistics activities and merchant trade has been carried out, and some recommendations have been expressed in consequence.
--	--

**“Yeşil-Eko Liman Yaklaşımı”nın Deniz Ticareti ve Lojistik Sektörüne Katkıları: Türkiye ve AB'deki Uygulamaların Karşılaştırması**

<b>Anahtar Sözcükler :</b> Lojistik, Deniz Taşımacılığı, Deniz Ticareti, Yeşil Liman, Eko Liman	<b>öz</b> Dünya mal ticaretinin yaklaşık %85'i denizyoluyla yapılmakta olup ticaret gemileri ve deniz ticaret limanları, uluslararası lojistik, tedarik ve taşımacılık zincirinin en önemli unsurlarını teşkil etmektedir. Bununla birlikte, deniz taşımacılığı faaliyetlerinin hava, su, toprak/sedimetler ve ekosisteme yönelik limanlar ve gemilerden kaynaklanan çeşitli çevresel etkileri de mevcuttur. Son yıllarda, Avrupa limanları başta olmak üzere, Türkiye’de de yaygınlaşmaya başlayan yeşil-eko liman yaklaşımı ile çevre dostu teknolojilerin yaygınlaştırılması, gemi ve liman operasyonlarının çevresel etkilerinin minimize edilmesi, enerji tasarrufu ve sonucunda daha sürdürülebilir bir taşımacılık hedeflenmektedir. Bu çalışmada; yeşil-eko liman yaklaşımının deniz taşımacılığı ve lojistik sektörüne katkılarının incelenmesi ve Türkiye ile Avrupa Birliği (AB)'ndeki uygulamaların karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla; yeşil-eko liman yaklaşımı ile ilgili olarak başta AB düzenlemeleri olmak üzere uluslararası ve ulusal uygulamalar incelenmiş olup Türkiye ve AB'deki uygulamalarının durumuna ilişkin bir karşılaştırma yapılarak Türk limanlarına yönelik uygulamanın geliştirilebilir yönleri belirlenmiş, mevcut yeşil-eko liman uygulamalarının lojistik faaliyetleri ile deniz taşımacılığına yönelik katkıları değerlendirilmiş ve sonuçta bazı öneriler sunulmuştur.
--	--

Cite this article as

Yılmaz, F. (2019). “Yeşil-Eko Liman Yaklaşımı”nın Deniz Ticareti ve Lojistik Sektörüne Katkıları: Türkiye ve AB'deki Uygulamaların Karşılaştırması. *Journal of Transportation and Logistics*, 4(2), 65-78. doi: 10.26650/JTL.2019.04.02.02



## 1. Giriş: Liman Lojistiği ve Deniz Taşımacılığının Çevresel Etkileri

Tedarik Zinciri Yönetimi Profesyonelleri Konseyi (Council of Supply Chain Management Professionals-CSCMP)'ne (2013) göre; lojistik "müşteri taleplerini karşılamak amacıyla, hizmetler ve ilgili bilgiler de dahil olmak üzere, malların üretim noktasından tüketim noktasına kadar etkin ve verimli bir şekilde taşınması ve depolanmasına yönelik planlama, uygulama ve kontrol prosedürlerinin bir süreci" olarak tanımlanmaktadır (CSCMP, 2013). Elbirlik (2013)'e göre; nakliye, depolama, envanter yönetimi, elleçleme, sipariş işleme, ambalajlama, satın alma ve enformasyon yönetimi süreçlerinin tamamı lojistik yönetiminin kapsamı içerisindedir (Elbirlik, 2008:3).

Bichou (2013)'ya göre; lojistik, doğru ürün veya hizmeti, doğru miktarda ve durumda, doğru fiyata, doğru yere ve doğru müşteriye ulaştırmayı amaçlamakta ve lojistik yönetiminin temelini, genel maliyeti azaltmak ve müşteri memnuniyeti için bir firmanın fonksiyon ve süreçlerinin entegrasyonu ve optimizasyonu oluşturmaktadır. Ayrıca, lojistik süreci, gelen (inbound), şirket içi (in-house) ve giden (outbound) lojistiği kapsamakta olup malların, hizmetlerin, insanların ve bilgilerin menşe noktasından tüketim noktasına (ileri lojistik- forward logistics) ve tersine (tersine lojistik- reverse logistics) akışını sağlamak ve lojistik ve tedarik zinciri yönetimi (SCM) ile ilgili kavramların pek çoğu limanlar için de geçerlidir (Bichou, 2013: 22).

Ascencio ve ark. (2014)'na göre; liman lojistiği zinciri (PLC), ithalatçı ve ihracatçılar, liman otoriteler, liman/terminal operatörleri, gümrükler, gümrük acenteleri, taşımacılık şirketleri (kara ve deniz), freight forwarder/brokerler, vs. gibi uluslararası ticaret süreçlerinde yer alan farklı paydaşlar dahil olmak üzere bir deniz limanı ile çalışan bütün küresel lojistik zincirini kapsamaktadır (Ascencio ve ark., 2014: 444).

Zhen ve ark. (2019)'na göre; limanların lojistik faaliyetleri, gemilerin yanısıra, deniz limanları, hinterlandı, iç nehir limanları ve karayolu/demiryolu/su yolu gibi çok modlu ulaştırma ağlarındaki birçok lojistik faaliyetle ilgilidir. Küresel limanlar ve deniz taşımacılığı ağları, küresel ekonomik büyümenin ve tedarik zinciri ağının gelişiminin ana itici gücü olmakla birlikte, aynı zamanda çok sık gerçekleşen taşımacılık faaliyetleri ve bunun sonucunda ortaya çıkan çok sayıda kirlenici madde ve sera gazı emisyonu nedeniyle enerji tüketiminin ve kirliliğin de ana kaynaklarıdır. Deniz taşımacılığı faaliyetleri, motorlu araçlar ve endüstriyel işletmelerden sonra üçüncü büyük hava kirliliği kaynağı olarak kabul edilmektedir. Özellikle gemilerden kaynaklanan SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> ve CO<sub>2</sub> emisyonları, insan faaliyetlerinden kaynaklanan dünyadaki yıllık emisyonun sırasıyla %13, %15 ve %2,6'sını teşkil etmeleri bakımından önem arz etmektedirler (Zhen ve ark., 2019:151,152).

Tablo 1'de; Merk (2014)'ün çalışması kapsamında incelenen limanlar arasında deniz taşımacılığı kaynaklı CO<sub>2</sub> ve SO<sub>x</sub> emisyonu oluşumu en fazla olan ilk 10 liman yer almaktadır (Merk, 2014:20).



**Tablo 1.** Deniz Taşımacılığı Kaynaklı Emisyon Oluşumu En Fazla Olan İlk 10 Liman (2011)

İlk 10 liman (CO2 emisyonu)	Toplam içindeki payı	İlk 10 liman (SOx emisyonu)	Toplam içindeki payı
1. Singapore	%5,9	1. Singapore	%6,5
2. Hong Kong	%2,2	2. Hong Kong	%2,3
3. Rotterdam	%2,0	3. Port Klang	%2,2
4. Port Klang	%1,9	4. Tianjin	%2,1
5. Tianjin	%1,8	5. Shanghai	%2,0
6. Shanghai	%1,7	6. Fujairah	%2,0
7. Fujairah	%1,7	7. Busan	%1,7
8. Busan	%1,4	8. Kaohsiung	%1,6
9. Kaohsiung	%1,4	9. Ulsan	%1,0
10. Antwerp	%1,2	10. Beilun	%0,9
<b>Toplam ilk 10</b>	<b>%19,0</b>	<b>Toplam ilk 10</b>	<b>%22,3</b>

**Kaynak:** Merk, 2014:20.

OECD üyesi ülkelerin limanlarında deniz taşımacılığı kaynaklı emisyonları inceleyen Merk (2014) tarafından yapılan araştırmada; Mayıs 2011 itibariyle limanlarda deniz taşımacılığı kaynaklı 18,6 milyon ton CO2 (2050'de 70 milyon tona çıkacağı), 0,4 milyon ton NOx (2050'de 1,3 milyon tona çıkacağı), 0,3 milyon ton SOx, 0,03 milyon ton PM10, 0,03 milyon ton PM2,5, 0,03 milyon ton CO ve 0,002 milyon ton CH4 emisyonu oluştuğu; söz konusu emisyonların %85'inin konteyner ve tanker gemilerinden kaynaklandığı; limanlardaki deniz taşımacılığı kaynaklı emisyonların çoğunun Asya ve Avrupa'da oluştuğu (CO2 emisyonlarının %58'i); emisyonların OECD limanlarına yıllık maliyetinin toplamda yaklaşık 12 milyar Euro olarak tahmin edildiği belirtilmiştir (Merk, 2014:4-37).

Gemilerden atmosfere salınan söz konusu emisyonlar, potansiyel olarak insan sağlığına zarar verebilmekte, asit yağmurlarına neden olabilmekte ve aynı zamanda küresel ısınmaya katkıda bulunabilmektedirler (Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO, 2019a).

Tablo 2'den de görüleceği üzere, deniz taşımacılığı faaliyetlerinin hava, su, toprak ve ekosisteme yönelik olarak limanlar ve gemilerden kaynaklanan çeşitli çevresel etkileri mevcuttur.



**Tablo 2:** Deniz Taşımacılığı Faaliyetlerinden Kaynaklanan Çevresel Etkiler

Faaliyetler/Etkiler		Hava					Su		Toprak/sedimentler			Ekosistem			
Limanlarda	Manevra	X	X	X		X		X		X	X				
	Terminalerde yükleme-boşaltma operasyonları	X	X	X	X	X	X		X	X				X	
	Binalar (ışıklandırma, ısınma soğutma, havalandırma vb.)	X	X	X		X				X				X	
	Deniz dibi taraması	X	X			X	X	X		X			X	X	X
	Kara trafiği (ağır vasıta, demiryolu vb.)	X	X	X		X	X		X	X			X	X	
	Atık bertarafı/illegal deşarj	X	X		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
	Liman genişlemesi/altyapı inşaatı ve onarım işleri	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Yakıt birikintileri				X		X		X			X	X	X	X
	Balast suyu deşarjı						X	X	X				X	X	X
	Pis su deşarjı				X		X	X	X				X	X	X
	Dökme yük elleçlemesi ve yük hareketleri	X				X	X		X	X					X
	Endüstriyel faaliyetler	X				X	X		X	X		X	X	X	X
	Döküntüler						X	X	X				X	X	X
Denizde	Seyir	X	X			X				X			X	X	
	İllegal deşarj						X	X	X				X	X	X
	Pis su deşarjı						X	X	X				X	X	X
	Döküntüler						X	X	X				X	X	X
İnşaat aşaması	Gemi boyama	X	X			X		X		X	X		X	X	X
	Metal işçiliği	X	X			X		X		X	X		X	X	X
	Gemi söküm	X	X	X		X		X		X	X		X	X	X

**Kaynak:** Jastrzabek ve ark., 2018:3.

Deniz taşımacılığının daha temiz ve daha yeşil olmasını sağlamak için IMO, uluslararası deniz taşımacılığında kaynaklanan sera gazı emisyonlarının ele almak için iki yönlü bir yaklaşım benimsemiştir. İlk olarak, IMO, "1997 Protokolü" ile MARPOL73/78 Sözleşmesinin eklerine 19 Mayıs 2005'ten itibaren yürürlüğe girmek üzere "EK VI: Gemilerden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Önlenmesine İlişkin Kurallar" başlıklı yeni bir bölüm ekleyerek uluslararası deniz taşımacılığında kaynaklanan sera gazı emisyonlarını azaltmak için zorunlu enerji verimliliği önlemlerini kabul etmiştir. İkinci olarak ise, IMO, söz konusu düzenlemelerin uygulanmasını desteklemek, inovasyon ve teknoloji transferini teşvik etmek için küresel kapasite geliştirme projeleri yürütmektedir. Nisan 2018'de, IMO Deniz Çevresini Koruma Komitesi (EMPC), gemilerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılması konusundaki başlangıç stratejisini kabul ederek bir vizyon ortaya koymuştur. Bu vizyon çerçevesinde, teknolojik yenilikler ve alternatif yakıtların ve/veya enerji kaynaklarının teşvik edilmesi, yeni gemiler için Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi (EEDI) aşamalarının uygulanmasıyla gemilerin karbon yoğunluğunun azaltılması, taşıma başına CO2 emisyonunun azaltılması, deniz taşımacılığında kaynaklanan CO2 emisyonunun 2008'e kıyasla 2030 yılına kadar %50 ve 2050 yılına kadar %70 azaltılması ve bu sayede 2015 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) ile kabul edilen ve 2016 yılında yürürlüğe giren İklim Değişikliği Hakkında Paris Anlaşmasının "bu yüzyılda küresel sıcaklık artışını 2 oC'nin altına düşürmek ve 1,5 oC ile sınırlandırmak" şeklindeki sıcaklık hedefleri ile tutarlı bir şekilde, deniz taşımacılığında kaynaklanan toplam sera gazı emisyonlarının (GHG) 2008 yılına kıyasla 2050 yılına kadar %50 azaltılması hedeflenmektedir (IMO, 2019a). Deniz taşımacılığında kaynaklanan hava kirliliğinin azaltılması, IMO'nun yanısıra, Avrupa Birliği (AB)'nin de üzerinde hassasiyetle durduğu bir konudur.



Chengpeng ve ark. (2018)'na göre; kaçınılmaz olarak küresel çevreyi etkileyen uluslararası deniz taşımacılığında limanların önemli bir rolü bulunmaktadır ve uygun olmayan liman operasyonlarının çevre üzerindeki etkilerini azaltmak için “yeşil liman (green port)” kavramı (konsepti) geliştirilmiştir (Chengpeng ve ark., 2018: 431). Vaio ve Varriale (2018) tarafından yapılan bir literatür incelemesinde; 1997-2017 yılları arasında limanların çevresel etkileri ile ilgili yapılmış olan araştırmalarda, gemi kaynaklı emisyonlar ve hava kirliliği, gemi kaynaklı deniz kirliliği, atıklar, gürültü kirliliği vb. gibi teknik konuların, “çevre yönetimi (environmental management)”, “çevresel sürdürülebilirlik (environmental sustainability)”, “çevresel performans (environmental performance)”, “çevre ekonomisi (environmental economics)” vb. gibi konularla beraber incelendiği görülmektedir (Vaio ve Varriale, 2018: 1-35). Dolayısıyla, yeşil liman konsepti, esasen tüm bu konularla ilgilidir.

### 1.1. Yeşil Liman (GreenPort) / Eko Liman (EcoPort) Konsepti

1990'lı yıllarda, Avrupa'nın önde gelen 7 limanının yöneticisi çevre konusunda limanlar arasındaki işbirliğini ve bilgi paylaşımı geliştirmek amacıyla “Ecoports” adında bir inisiyatif (platform) kurmuş, kendine özgü metodlarla limanlardaki çevresel riskleri belirleme, Avrupa ortalaması ile mukayese etme ve uzman tavsiyeleri sağlama konularında diğer Avrupa limanlarını da desteklemeye başlamış ve 2011'den itibaren Avrupa Deniz Limanları Organizasyonu (The European Sea Ports Organisation-ESPO) bünyesine entegre olmuştur (EcoPorts, 2019).

ESPO tarafından 2012 yılında yayımlanan “ESPO Green Guide (Yeşil Rehber)” raporuna (ESPO, 2012) göre; en iyi iş uygulamalarından hareketle bir limanın gelişimine yönelik vizyonun sürdürülebilirlik ve çevresel konulardaki trenleri de kapsamı gerekmektedir. Ayrıca, limanların gelişiminde sosyal, ekonomik ve çevresel hususlar arasındaki dengenin ve “kendi güncel ihtiyaçlarını gelecek nesillerin imkanlarından ödün vermeden karşılayabilme” şeklindeki “sürdürülebilir gelişme (sustainable development)” yaklaşımın göz önünde bulundurulması ile çevresel yönetim perspektifinin liman otoritesini, liman saha operasyonlarını ve taşımacılık/lojistik zincirini kapsamı gerekmektedir. Sosyal kapsam genellikle doğrudan veya dolaylı istihdama katkı, liman ve şehir arasındaki etkileşim ve ilişki, bilgi geliştirme ve eğitime katkı ile limanı çevreleyen alanın “yaşanabilirliği” gibi unsurlarla ilgilidir. Ekonomik açıdan bakıldığında, yatırımın geri dönüşü, liman alanının etkin kullanımı ve performansını maksimize etmesine yönelik kolaylıklar sağlanması çok önemlidir. Çevresel boyut ise, çevresel performans ve çevre yönetimiyle ilgilidir. Çevresel hususlar, liman alanının konum ve özelliklerine göre her bir liman için farklı olabilir. Son 10 yılda liman çevre yönetimi “nokta odaklı” uygulamadan “entegre liman bölgesi yönetimi” konseptine doğru ilerlemiştir. Limanı kullananlar ve gemi sahipleri, “kirleten öder” prensibi doğrultusunda, en gelişmiş ve sürdürülebilir teknolojilerin kullanılmasından birincil derecede sorumlu taraflardır (ESPO, 2012: 10-15).

Türkiye Liman İşletmecileri Derneği (Türklim)'in web sitesinde de yer alan “Yeşil Liman Raporu/Yeşil Liman Politika, Düzenleme ve Uygulamaları” başlıklı rapora (Türklim, 2013) göre; “yeşil liman politikası”nın, doğal yaşam açısından ekosistemi ve deniz tabiatını korumak ve iyileştirmek, hava kalitesi açısından liman faaliyetlerinin neden olduğu zararlı emisyonları azaltmak, su kalitesi açısından liman ve kıyı suların temizliğini sağlamak, toprak/sedimentler açısından liman bölgesindeki kirli





toprakların temizlenmesini sağlamak, paydaşların eğitimi açısından liman çevresi paydaşlarının liman operasyonlarının ve çevresel programlara yönelik işbirliği ve eğitimini gerçekleştirmek, sürdürülebilirlik açısından liman içi yapı tasarım, operasyon ve yönetim uygulamalarını gerçekleştirmek şeklinde altı temel bileşeni olduğu belirtilmektedir (Türklim, 2013).

Mataracı (2016)'ya göre; yeşil liman yaklaşımının temelini "çevresel açıdan performansı yüksek liman işletmeciliği" oluşturmakta ve sürekli gelişmeyi hedefleyen stratejiler, yenilikçi teknolojiler, uygun yatırımlar ile günümüz ve gelecek ihtiyaçlarını karşılayabilen limanlar "sürdürülebilir liman" olarak kabul edilmekte olup limancılık faaliyetinin sürdürülebilirliğini sağlamak için hava kirliliği, gürültü kirliliği, gemi kaynaklı kirlilikler, atık oluşumu, enerji tüketimi, su kalitesi, iş sağlığı ve güvenliği gibi pek çok farklı konunun bir arada ele alınması gerekmektedir ve özellikle son yıllarda önemi artan alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarının limanlarda kullanımı ile enerji ve yakıt verimliliği geliştirilebilmektedir. Limanlarda hava kalitesini arttıran ve gürültü kirliliğini azaltan uygulamaların başında limana yanaşan gemilere sahilten elektrik enerjisi sağlanması (cold-ironing) uygulaması gelmekle birlikte, uluslararası standart eksikliği ve farklı ülkelerin elektrik tedarik sistemlerinde farklı gerilimler ve frekanslar kullanılması bu teknolojinin kullanımında kısıtlılık oluşturmaktadır (Mataracı, 2016:5-6, 63).

Limanların çevre yönetiminde gemi kaynaklı çevre kirliliği etmenlerinin önemli bir rolü bulunması, söz konusu etmenlerin daha detaylı ele alınmasını gerektirmektedir.

## 2. Gemi Kaynaklı Çevre Kirliliği Etmenleri

Gemi operasyonları ve deniz kazalarına bağlı sebeplerle deniz çevresinin kirlenmesini önlemeye yönelik kuralları içeren en temel uluslararası sözleşme, IMO tarafından 2 Kasım 1973'te kabul edilen Gemilerden Kaynaklanan Kirliliğin Önlenmesine İlişkin Uluslararası Sözleşme (MARPOL)'dir. Özellikle 1973-1976 yılları arasında meydana gelen tanker kazaları, Sözleşmenin "1978 Protokolü" ile tadil edilmesine yol açmıştır. Sözleşmenin içerdiği ekler, konuları ve yürürlük tarihleri Tablo 3'te gösterilmektedir (IMO, 2019b).

**Tablo 3:** MARPOL 73/78 Sözleşmesi Ekleri

	Başlık	Yürürlük tarihi
Ek I	Prevention of Pollution by Oil	2 Ekim 1983
Ek II	Control of Pollution by Noxious Liquid Substances in Bulk	2 Ekim 1983
Ek III	Prevention of Pollution by Harmful Substances Carried by Sea in Packaged Form	1 Temmuz 1992
Ek IV	Prevention of Pollution by Sewage from Ships	27 Eylül 2003
Ek V	Prevention of Pollution by Garbage from Ships	31 Aralık 1988
Ek VI	Prevention of Air Pollution from Ships	19 Mayıs 2005

**Kaynak:** IMO, 2019b.

Tablo 3'ten de görüldüğü üzere, Ek I petrol kaynaklı kirliliğini, Ek II dökme halde taşınan zehirli sıvı maddelerden kaynaklanan kirliliği, Ek III denizde paketli halde taşınan zararlı maddelerden kaynaklanan kirliliği, Ek IV gemilerden kaynaklanan pis su kirliliğini, Ek V gemilerden kaynaklanan çöp kirliliğini, Ek VI gemilerden kaynaklanan hava kirliliğini önlemeye yönelik kuralları içermektedir.

Aynı zaman da limanları/terminaleri de yakından ilgilendiren gemi kaynaklı söz konusu çevre kirliliği etmenlerini, gemi kaynaklı hava (atmosfer) kirliliği ve gemi



kaynaklı deniz çevresi kirliliği etmenleri olarak iki ana başlık altında sınıflandırarak incelemek mümkündür.

### 2.1. Gemi Kaynaklı Deniz Kirliliği

Ek I–Petrol Kirliliğinin Önlenmesi: Deniz kazası ve gemi operasyonlarından kaynaklanan petrol kirliliğinin önlenmesine yönelik kuralları içermekte olup petrol tankerleri için çift cidar zorunluluğu, ham petrol yıkama sistemi, ayrılmış balast tankları, atıl gaz sistemi gibi özel ve ağırlaştırılmış kurallar ve denize petrol içeren atık su veya sintine suyu basılmasının çok sıkı kurallarla düzenlendiği özel deniz alanları tanımlanmıştır (IMO, 2019b).

Ek II–Dökme Halde Taşınan Zehirli Sıvı Maddelerden Kaynaklı Kirliliğinin Önlenmesi: Deniz kazası ve gemi operasyonları sonucu dökme halde taşınan zehirli kimyasal sıvı maddelerin denize karışmasını önlenmeye ve gemiden tahliyesine yönelik kuralları içermekte olup söz konusu maddeler tehlike derecesine göre sınıflandırılarak bu maddelerin her çeşit artıklarının limanlarda/terminallerdeki atık alım tesislerine verilmesi ile en yakın karadan 12 deniz mili içerisinde zehirli madde içeren atıkların denize basılamayacağına ilişkin düzenlemeleri içermektedir (IMO, 2019b).

Ek III–Denizde Paketli Halde Taşınan Zararlı Maddelerden Kaynaklı Kirliliğin Önlenmesi: Ek III'ün ekinde veya International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code) kapsamında yer alan, denizi kirletici özelliği bulunan ve paketli halde taşınan zararlı maddelerin paketlenmesi, markalanması, etiketlenmesi, dokümantasyonu, istiflenmesi, miktar sınırlandırması, istisnalar ve bildirimlere ilişkin kuralları içermektedir (IMO, 2019b).

Ek IV–Gemi Kaynaklı Pis Su Kirliliğinin Önlenmesi: Gemilerin tuvalet, banyo, revir, canlı hayvan mahalli vb. gibi yerlerindeki pis/foseptik sularının en yakın karadan 12 deniz mili içerisinde denize basılmayacağını, limanlarda/terminallerde gemilerin pis sularını verebilecekleri tesislerin bulunması ile pis su kirliliğinin önlenmesine yönelik özel deniz alanları tanımlanmasına ilişkin düzenlemeleri içermektedir (IMO, 2019b).

Ek V–Gemi Kaynaklı Çöp Kirliliğinin Önlenmesi: Gemide biriken plastik, yemek artıkları, cam, metal, ambalaj artıkları gibi çöplerin sınıflandırılması, özel durumlar hariç çöplerin denize atılmaması, plastik ürünlerinin denize atılmasının tamamen yasaklanması ve genel prensip olarak bütün çöplerin ve yük artıklarının limanlarda/terminallerde atık alım tesislerine verilmesine ilişkin düzenlemeleri içermektedir (IMO, 2019b).

### 2.2. Gemi Kaynaklı Hava (Atmosfer) Kirliliği

Ek VI–Gemi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Önlenmesi: Kural 13 ve Kural 14 kapsamında belirlenen Nitrojen oksit (NOx) ve Sülfür oksit (SOx) (partiküller (PM) dahil) Emisyon Kontrol Alanları (ECA) IMO tarafından (IMO, 2019c) ilan edilmiştir. Tablo 4'te; MARPOL EK VI Kural 13.5.1 kapsamında gemilerin inşa tarihi ve makine devir sayısına göre baca (egzost) gazlarından çıkabilecek NOx emisyon limitleri (IMO, 2019ç) gösterilmektedir. IMO tarafından ilan edilen NOx Emisyon Kontrol Alanları (NOx ECA) içerisinde sefer yapacak bir gemi için Aşama III limitleri geçerli olmaktadır.



**Tablo 4:** Gemilerin İnşa Tarihi ve Makine Devir Sayısına Göre NOx Emisyon Limitleri

Aşama	İnşa tarihi	NOx emisyon limiti (gr/kWh) n = makinenin devir sayısı (d/dk)		
		n < 130	n = 130 - 1999	n ≥ 2000
I	1 Ocak 2000	17.0	45·n(-0.2) Örn; 720 d/dk için 12.1	9.8
II	1 Ocak 2011	14.4	44·n(-0.23) Örn; 720 d/dk için 9.7	7.7
III	1 Ocak 2016	3.4	9·n(-0.2) Örn; 720 d/dk için 2.4	2.0

**Kaynak:** IMO, 2019ç.

Tablo 5'te ise; IMO tarafından ilan edilen SOx Emisyon Kontrol Alanları (SOx ECA) dışında ve içinde gemilerde kullanılan yakıtların Sülfür (S) içeriği limitleri (IMO, 2019d) gösterilmektedir.

**Tablo 5:** SOx ECA Dışında ve İçinde Gemi Yakıtları İçin Sülfür İçeriği Limitleri

SOx ECA dışında	SOx ECA içinde
4.50% m/m (1 Ocak 2012'ye kadar)	1.50% m/m (1 Temmuz 2010'a kadar)
3.50% m/m (1 Ocak 2012 ve sonrasında)	1.00% m/m (1 Temmuz 2010 ve sonrasında)
0.50% m/m (1 Ocak 2020* ve sonrasında)	0.10% m/m (1 Ocak 2015 ve sonrasında)

**Kaynak:** IMO, 2019d.

MARPOL EK VI Kural 14.1 çerçevesinde, 1 Ocak 2020'den itibaren gemilerde kullanılan herhangi bir fuel oilin içerdiği Kükürt (S) oranı %0,50m/m'den daha fazla olamayacak ve IMO tarafından ilan edilen SOx ECA içerisine sefer yapılması durumunda ise bu oran %0,10m/m'den daha fazla olamayacaktır.

### 3. Dünyada ve Türkiye'de Yeşil Liman/Eko Liman Uygulamaları

IMO, 1970'li yıllardan beri gemilerden kaynaklanan kirliliği önlemeye yönelik çalışmalar yürütmüş ve bunları MARPOL Sözleşmesi ile kurallara bağlamıştır. Son olarak 2005 yılında kabul edilen Ek VI ile gemi kaynaklı zararlı emisyonların minimize edilmesine yönelik kurallar yürürlüğe girmiştir. Bütün bu kurallar, istisnalar olsa da, esasen 190'dan fazla IMO üyesi ülke tarafından uygulanmaktadır. Ancak, çevre konularında inisiyatif oluşturma ve uluslararası kamuoyunun gündemine getirmede Avrupa'nın öncül rolünü özellikle vurgulamak gerekir. Tablo 6'da; AB'nin limanlarda çevresel sürdürülebilirlik ve yeşil liman konusuyla ilişkili olabilecek başlıca düzenlemeleri yer almaktadır. Görüldüğü gibi, 90'lı yıllardan itibaren, gemi kaynaklı atıkların bertarafından gemi yakıtlarının sülfür içeriğine, çevre yönetim planlarından gürültü kirliliğine, su politikasından enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kullanımına kadar pek çok konuda AB düzenlemeleri mevcuttur ve günün koşullarına göre geliştirilmeye de devam edilmektedir.



**Tablo 6:** Çevresel Sürdürülebilirlik ve Yeşil Liman Konusuyla İlişkili AB Düzenlemeleri

Sayısı	Tarihi	Konusu
COM(2011) 109 final	8 Mart 2011	Energy Efficiency Plan 2011
2009/28/EC	23 Nisan 2009	Promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC
2006/32/EC	5 Nisan 2006	Energy end-use efficiency and energy services and repealing Council Directive 93/76/EEC
2005/33/EC	6 Temmuz 2005	Amending Directive 1999/32/EC
2004/8/EC	11 Şubat 2004	Promotion of cogeneration based on a useful heat demand in the internal energy market and amending Directive 92/42/EEC
2003/55/EC	26 Haziran 2003	Common rules for the internal market in natural gas and repealing Directive 98/30/EC
2002/49/EC	25 Haziran 2002	Assessment and management of environmental noise
2001/42/EC	21 Haziran 2001	Assessment of the effects of certain plans and programmes on the environment
2000/59/EC	27 Kasım 2000	Port reception facilities for ship-generated waste and cargo residues
2000/60/EC	23 Ekim 2000	Establishing a framework for Community action in the field of water policy
1999/32/EC	26 Nisan 1999	Reduction in the sulphur content of certain liquid fuels and amending Directive 93/12/EEC

**Kaynak:** Vaio ve Varriale, 2018:5.

Tabii ki uluslararası düzenlemeler bunlarla da sınırlı değildir. Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku Sözleşmesi (UNCLOS: The United Nations Convention on the Law of the Sea, 1982), Denizde Can Emniyeti Uluslararası Sözleşmesi (SOLAS: International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974), Gemilerden Kaynaklanan Kirliliğin Önlenmesine İlişkin Uluslararası Sözleşme (MARPOL 73/78), Kyoto Protokolü (1997), Montreal Protokolü, Atıkların ve Diğer Maddelerin Denize Bırakılması ile Deniz Kirliliğinin Önlenmesi Sözleşmesi (London Convention: Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter), Helsinki Konvansiyonu, Gemilerin Balast Suyu ve Sedimentlerinin Kontrol ve Yönetimi Uluslararası Sözleşmesi (International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments), IMO'nun Küresel Ballast Su Yönetimi Programı (IMO's GloBallast Water Management Programme), Petrol ile Deniz Kirliliğinin Önlenmesi Uluslararası Sözleşmesi OILPOL: International Convention for the Prevention of Pollution of the Sea by Oil, 1954), Petrol Kirliliğine Karşı Hazırlıklı Olma, Müdahale ve İşbirliği Uluslararası Sözleşmesi (OPRC: International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Cooperation), Petrol Kirliliği Zararının Hukuki Sorumluluğu Uluslararası Sözleşmesi (CLC: International Convention on Civil Liability for Oil Pollution Damage), Bunker Petrol Kirliliği Zararının Hukuki Sorumluluğu Uluslararası Sözleşmesi (Bunker Convention: International Convention on Civil Liability for Bunker Oil Pollution Damage, 2001), Deniz ile Tehlikeli ve Zararlı Maddelerin Taşınması ile İlgili Sorumluluk ve Zararların Karşılansın Hakkında Uluslararası Sözleşmesi (HNS: International Convention on Liability and Compensation for Damage in Connection with the Carriage of Hazardous and Noxious Substances by Sea, 1996), Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) altında Basel Sözleşmesi (Basel Convention - under the United Nations Environment Programme), Rotterdam Konvansiyonu (The Rotterdam Convention), Sahil Koruma Yasası (Coast Protection Act, 1949), Limanlar Yasası (Harbours Act, 1964), Deniz Atıkları ve Diğer Maddeler Yoluyla Deniz Kirliliğinin Önlenmesi Sözleşmesi (London Act, 1972), MARPOL 73/78,



Liman Alanlarında Tehlikeli Maddeler Yönetmeliği (Dangerous Substances in Harbour Areas Regulations (DSHA), 1987), Çevre Koruma Yasası (Environmental Protection Act-EPA, 1990), Biyolojik Çeşitlilik Konvansiyonu (Convention on Biologic Diversity, 1992) , Ulaştırma ve Bayındırlık Yasası (Transport and Works Act, 1992), Çevre Yönetim Sistemi Standardı (ISO 14001), Avrupa Ekolojik Yönetim ve Denetim Programı (EU Eco-Management and Audit Scheme-EMAS), 2001), BM Kara Kökenli Faaliyetlerden Deniz Çevresinin Korunması için Küresel Eylem Programı (UN Global Program of Action for the Protection of the Marine Environment from Land-Based Activities) gibi çevre konuları ve liman faaliyetleriyle doğrudan veya dolaylı olarak ilişkili sayılabilecek çok fazla sayıda uluslararası düzenleme bulunmaktadır.

Her ne kadar farklı başlıklar altında çeşitli düzenlemeler mevcut olsa da, IMO ve AB mevzuatında "yeşil liman" kriterlerine yönelik spesifik bir düzenlemeye rastlanmamış olmakla birlikte, bu konuda Avrupa Deniz Limanları Organizasyonu (The European Sea Ports Organisation-ESPO)'nun çeşitli çalışmaları ve uygulamaları mevcuttur (Türklim, 2013). ESPO'nun Green Guide (Yeşil Rehber)" raporu incelendiğinde; Avrupa'daki yeşil liman uygulamasının "gönüllülük esası" ile yürütüldüğü, hava kalitesi yönetimi, enerji tasarrufu ve iklim değişikliği, gürültü yönetimi, atık yönetimi, su (tüketim ve kalite) yönetimi ile liman geliştirme projeleri (deniz dibi taraması ve çevresel etkileri dahil) gibi operasyonel faaliyetlerle ilgili konularda, Avrupa limanlarında ortak bir yaklaşım benimsendiği ve bu konularla ilgili zorlukların ve çözüm önerilerinin ortaya konulduğu görülmektedir (ESPO, 2012: 20-33).

Ulusal mevzuat açısından bakıldığında ise, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği, Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği, Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği, Gemilerden Atık Alınması ve Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği, Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin Kontrolü Yönetmeliği, Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği, Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirilenmiş Sahalara Dair Yönetmelik, Çevre Kanununca Alınması Gereken İzin ve Lisanslar Hakkında Yönetmelik, Acil Durumlarda Müdahale ve Zararların Tazmini Esaslarına Dair Kanun, Denizyoluyla Taşınan Tehlikeli Yüklere İlişkin Uluslararası Kod Kapsamında Eğitim ve Yetkilendirme Yönetmeliği, İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü, Sağlık ve Güvenlik İşaretleri Yönetmeliği, Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik, Dökme Yük Gemilerinin Güvenli Bir Şekilde Yüklenmesi ve Boşaltılması Hakkında Yönetmelik gibi çevre konuları ve liman faaliyetleriyle doğrudan veya dolaylı olarak çok fazla sayıda ulusal mevzuat bulunduğu da görülmektedir.

Türkiye'deki mevcut yeşil liman/eko liman sertifikalandırma uygulaması kapsamında, liman tesislerinin söz konusu sertifikayı alabilmeleri için adı geçen ulusal mevzuatın yanısıra ISO 9001, ISO 14001 ve OHSAS 18001 sistemlerini kapsayan entegre yönetim sistemini tesis etmiş olması, çeşitli yönetim planlarına sahip olması ve ayrıca liman operasyonlarının türüne (konteyner, dökme yük, sıvı yük, genel kargo, kruvaziyer vb.) göre spesifik özel gerekleri karşılama gerekmektedir. Ülkemizde de "gönüllülük esası" çerçevesinde yürütülmekte olan yeşil liman/eko liman uygulamasının kapsamı ve içeriği Deniz Ticareti Genel Müdürlüğü (DTGM) tarafından belirlenmekte olup sertifikalandırması ise yapılan protokol çerçevesinde Türk Standartları Enstitüsü



(TSE) tarafından yapılmaktadır. Uygulama kapsamında şartları yerine getiren liman tesislerine “Yeşil Liman” sertifikası ile özel tasarlanan logonun kullanım izni verilmekte ve bir “saygınlık unsuru” olarak kamuoyuna duyurulması sağlanmaktadır (DTGM, 2019; TSE, 2019).

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Tablo 2’de, deniz taşımacılığı faaliyetleri ile bunlardan kaynaklanan çevresel etkilere ilişkin bilgiler sunulmuştur. Görüldüğü gibi, hem liman tesislerinin (alt yükleniciler de dahil) kendi faaliyetlerinden kaynaklanan hem de sık sık uğrayan gemilerin operasyonel faaliyetlerinden kaynaklanan pek çok kirlilik potansiyeli mevcuttur. Önlem alınmaması ve/veya kurallara uyulmaması halinde, söz konusu faaliyetler sırasında hava, su, toprak ve ekosisteme yönelik çevre kirliliği riskleri de ortaya çıkabilmektedir.

Çevre kirliliği, aynı zamanda ekonomik kayıp ve insan sağlığının bozulması anlamına gelmektedir. Öyle ki; gemi ve liman operasyonları kaynaklı hava kirliliğinin dünyada yılda 19.000 kişinin akciğer kanserine sebep olduğu ve 60.000 kişinin gemi ve liman kaynaklı emisyonlar nedeniyle çeşitli hastalıklara yakalanarak hayatlarını kaybettiği yetkililerce ifade edilmektedir (UBAK, 2019). Literatürde, gemi ve liman operasyonları kaynaklı hava kirliliğinin çok ciddi ekonomik maliyetleri olduğunu gösteren çalışmalara rastlamak da mümkündür. Örneğin; limanlarda oluşan deniz taşımacılığı kaynaklı emisyonların, OECD ülkelerinde bulunan en büyük ilk 50 limana yıllık maliyetinin 12 milyar Euro olduğu ve ayrıca 230 milyon kişiyi doğrudan etkilediği ifade edilmektedir (Merk, 2014:4,23).

Dolayısıyla, liman tesisleri için “sürdürülebilir çevre yönetimi” konusu, çevrenin korunması yanında çok ciddi ekonomik ve sosyal boyutları da olan, genelde ülkelerin ekonomisini ve sosyal refahını ilgilendirdiği gibi özelde limanların ticari rekabet gücünü de etkileyebilen önemli bir konudur. Başka bir deyişle, çevrenin korunması, tasarruf ve yaşam kalitesine de önemli katkılar sağlamaktadır.

Dünya deniz ticaretindeki yönelimler, denizcilik sektörünün gündeminde olan çevresel konularla da ilişkilidir. Dünya genelinde fosil yakıt kullanımının 15-20 sene içerisinde sonlandırılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarına geçilmesi yönünde uluslararası toplumda çok ciddi bir yönelim bulunmaktadır. Bu konular, IMO’nun Deniz Çevresini Koruma Komitesi (MEPC)’nde ciddi biçimde tartışılmaktadır. Küresel ölçekte artan çevre hassasiyeti ile birlikte gelişen uluslararası normlara tam uyum sağlamak, küresel rekabet edebilirliğin önemli bir unsuru haline gelmiş durumdadır. AB ve ABD başta olmak üzere gelişmiş ülkeler ve toplumlar, limanlarına gelen gemilerin uluslararası çevre düzenlemeleri ve hatta bunun da ötesinde kendi ulusal düzenlemeleri ile tam uyumlu olma şartı aramakta ve hiçbir şekilde imtiyaz tanımamaktadırlar.

Bu bakımdan, liman tesislerinin (alt yükleniciler de dahil), bir taraftan çevre kirliliği ile mücadele ederken, diğer taraftan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeleri büyük önem arz etmektedir. Liman faaliyetlerinde fosil yakıt enerjisinden beslenen ekipmanların ve araçların, zararlı emisyon üretmeyen (elektrik, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, hidro-elektik vb. gibi) alternatif enerji kaynaklarından beslenen ekipman ve araçlarla değiştirilmesi hedeflenmelidir. Başta gemilere sahilden elektrik enerjisi sağlanması (cold-ironing) uygulaması olmak üzere, alternatif yakıtların gemilerde



kullanımı arttıkça bu teknolojiye uygun alt yapıyı oluşturmayan liman tesisleri zamanla devre dışı kalarak rekabet gücünü kaybetme riski ile karşı karşıya kalabilirler.

Bu çalışma kapsamında yapılan inceleme neticesinde, çevre konuları ve liman faaliyetleriyle doğrudan veya dolaylı olarak ilişkili çok fazla sayıda uluslararası ve ulusal düzenleme bulunduğu görülmektedir. Buna rağmen, IMO ve AB mevzuatında "yeşil liman" kriterlerine yönelik spesifik bir düzenlemeye rastlanmamış olmakla birlikte, Avrupa Deniz Limanları Organizasyonu (The European Sea Ports Organisation-ESPO)'nun çeşitli uygulamaları mevcut olup (Türklim, 2013) literatürde de genellikle bu çalışmalardan bahsedilmektedir. Bir liman tesisinin, üstelik lojistik ve tedarik zinciri içerisinde yer alan bütün paydaşlarını da koordine ederek, bu kadar fazla sayıdaki düzenlemeye uyum sağlaması gerçekten bir hayli zor ve fakat aynı zamanda çok değerli bir başarıdır.

Üstelik, ESPO'nun "Yeşil Rehber (Green Guide)" isimli dokümanı incelendiğinde, rehberin uygulamasında Avrupa'da yaygın olan "liman otoritesi (port authority)" yapısının önemli bir rolü olduğu görülmektedir. Ülkemizdeki limanlarda ise, Avrupa veya Asya'daki gibi altyapı konuları da dahil geniş düzenleyici yetkileri olan ve otonom bir şekilde karar alıp uygulayabilen liman otoritesi yapısına benzer yaygın bir yapılanma bulunmamaktadır. Buna rağmen, yeşil liman/eko liman yaklaşımının Avrupa'da olduğu gibi ülkemizde de benimsenerek uygulanıyor olması önemli bir başarı olarak değerlendirilmekte ve yeşil liman/eko liman konseptinin lojistik faaliyetleri ile deniz ve çevre emniyetine önemli katkıları bulunduğu görülmektedir.

Ancak tabii ki pek çok konuda olduğu gibi yeşil liman uygulaması kapsamında da genel olarak aşılması gereken bazı kısıtlılıklar söz konusudur.

Yeşil liman uygulaması konusunda aşılması gereken başlıca kısıtlılıklar; limanlarda mevzuatın uygulanmasından sorumlu kurumlar ve diğer paydaşlar arasında yetersiz iletişim ve koordinasyon, anlaşılması güç mevzuatlar, yüksek maliyet gerektiren çevre hukuku uygulamaları ve çevrenin korunmasına yönelik yetersiz ekonomik teşvik ve onaylar şeklinde ifade edilmektedir (Türklim, 2013).

## 5. Öneriler

Daha önce de belirtildiği gibi, ülkemizdeki yeşil liman/eko liman uygulamasının kapsamı ve içeriği DTGM tarafından belirlenmekte olup sertifikalandırması ise TSE tarafından, "gönüllük esas" çerçevesinde ve "saygınlık unsuru" olarak değerlendirilerek yapılmaktadır.

Gönüllülük esasına dayalı yürütülen söz konusu uygulama, bu yönü ile Avrupa'daki benzer uygulamalarla da örtüşmektedir.

Literatürdeki çalışmalar ve ESPO'nun "Yeşil Rehber (Green Book)" dokümanı, liman otoritesini, liman saha operasyonlarını ve taşımacılık/lojistik zincirini kapsayan bir çevresel yönetim perspektifine vurgu yapmaktadır. Fakat, bir liman tesisinin, kendisi ile beraber lojistik ve tedarik zinciri içerisinde yer alan bütün paydaşlarını da koordine ederek çok fazla sayıda uluslararası ve ulusal düzenlemeye uyum sağlamasının, ancak ve ancak çok güçlü bir envanter ve yazılım altyapısı ile mümkün olabileceği de açıktır. Avrupa'da EcoPorts, ESPO gibi kuruluşlar, Avrupa limanlarına çeşitli araçlarla destek olmaktadır. Benzer şekilde, ülkemizde limancılık sektörünün bağlı olduğu çatı



kuruluşlar tarafından da, dünyadaki en iyi örnekleri baz alarak Türk limancılık sektörüne tedarik zinciri ve çevre yönetimi konularında daha fazla destek (yazılım, uzmanlık vb.) sağlanmasının faydalı olabileceği değerlendirilmektedir.

Limancılık sektörünün küresel lojistik ve tedarik zincirinin bir parçası olması nedeniyle taşıdığı küresel nitelik ve ülkemizde yabancı menşeli liman yatırımlarının mevcudiyeti ve teşviki gibi hususlar da göz önünde bulundurulduğunda, yeşil liman/eko liman sertifikasyonunun TSE'nin yanısıra TÜRKAK akreditasyonu çerçevesinde yetki alan diğer uluslararası muteber sertifikalandırma kuruluşları tarafından da yapılabilmesi halinde, dünyada ve özellikle de Avrupa'daki sürdürülebilir çevre yönetimi ve yeşil liman/eko liman uygulamaları hakkında ülkemize know-how bilgi akışı sağlanmış olacağından dolayı mevcut uygulamanın sürekli gelişmesine de katkı sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

Ayrıca, mevcut uygulamadaki “saygınlık unsuru” yaklaşımına ilave olarak, yeşil liman sertifikasyonunun somut teşvik unsurları (ucuz elektrik, vergi indirim vb.) ile bağlantısının “sürdürülebilir gelişme” tanımı çerçevesinde kurulması halinde, hem sertifikasyonun hem de “cold-ironing” uygulaması başta olmak üzere yenilenebilir enerji kaynağı kullanımının Türk limancılık sektöründe daha da yaygınlaşmasına katkı sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

Liman otoritesi yapısının ülkemize uygun olup olmadığı veya bu konuda kamu ve özel sektörün yaklaşımları gibi konular, ilgi duyan araştırmacılar tarafından farklı çalışmalarda ele alınabilir ve özellikle limanların sürdürülebilir çevre yönetimine etkisi incelenebilir. ESPO'nun uyguladığı Kendi Kendine Teşhis Yöntemi (Self Diagnosis Method-SDM)'nin Türk limanlarına adapte edilmesine yönelik de bir çalışma yapılabilir. Ayrıca, Aliağa, İskenderun ve İzmit Körfezleri başta olmak üzere limancılık faaliyetlerinin yoğun olduğu kıyı kentlerinde, turistik bölgelerde, çevresel açıdan korunması gereken bölgelerde ve Türk Boğazları bölgesinde deniz taşımacılığı kaynaklı oluşan NOx, SOx, CO2, CO, VOC, PM emisyonlarının ölçümüne ve Türkiye'nin potansiyel NOx ve SOx ECA alanlarına yönelik bilimsel çalışmalar yapılmasının da faydalı olabileceği değerlendirilmektedir.

## KAYNAKÇA

- Ascencio, L.M., González-Ramírez, R.G., Bearzotti, L.A., Smith, N.R., Camacho-Vallejo, J.F. (2014). A Collaborative Supply Chain Management System for a Maritime Port Logistics Chain. *Journal of applied research and technology*, 12(3): 444-458.
- Bichou, K. (2013). *Port Operations, Planning and Logistics*. Informa Law from Routledge, Oxon, USA. <https://content.taylorfrancis.com/books/download?dac=C2011-0-18304-9&isbn=9781317912712&format=googlePreviewPdf>, Erişim Tarihi: 15.10.2019.
- Chengpeng, W., Di, Z. Xingping, Y, Zaili, Y. (2018). A novel model for the quantitative evaluation of green port development – A case study of major ports in China. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 61(B): 431-443.
- Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP). (2013). *CSCMP Supply Chain Management Definitions and Glossary* (Updated: August 2013). [https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM\\_Definitions\\_and\\_Glossary\\_of\\_Terms/CSCMP/Educate/SCM\\_Definitions\\_and\\_Glossary\\_of\\_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921](https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921), Erişim Tarihi: 15.10.2019.
- Deniz Ticareti Genel Müdürlüğü (DTGM).(2019). *Yeşil Liman*. [http://www.ubak.gov.tr/BLSM\\_WIYS/DTGM/tr/HTML/20120817\\_094504\\_64032\\_1\\_64346.html](http://www.ubak.gov.tr/BLSM_WIYS/DTGM/tr/HTML/20120817_094504_64032_1_64346.html), Erişim Tarihi: 18.10.2019.





- EcoPorts. (2019). The Story of EcoPorts Building a Worldwide Network for Sharing Experience in Port Environmental Management. [http://www.ecoport.com/assets/files/common/brochures/The\\_Story\\_of\\_EcoPorts-v8-with\\_pictures.pdf](http://www.ecoport.com/assets/files/common/brochures/The_Story_of_EcoPorts-v8-with_pictures.pdf), Erişim Tarihi: 15.10.2019.
- Elbirlik, G. (2008). Türk Lojistik Sektöründe Denizyolu Taşımacılığının Önemi ve Sorunları. Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- International Maritime Organisation (IMO). (2019a). UN body adopts climate change strategy for shipping. <http://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/06GHGinitialstrategy.aspx>, Erişim Tarihi: 15.10.2019.
- IMO. (2019b). International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL). [http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx), Erişim Tarihi: 15.10.2019.
- IMO. (2019c). Emission Control Areas (ECAs) designated under MARPOL Annex VI. [http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Emission-Control-Areas-\(ECAs\)-designated-under-regulation-13-of-MARPOL-Annex-VI-\(NOx-emission-control\).aspx](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Emission-Control-Areas-(ECAs)-designated-under-regulation-13-of-MARPOL-Annex-VI-(NOx-emission-control).aspx), Erişim Tarihi: 15.10.2019.
- IMO. (2019ç). Nitrogen Oxides (NOx) – Regulation 13. [http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Nitrogen-oxides-\(NOx\)-%E2%80%93-Regulation-13.aspx](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Nitrogen-oxides-(NOx)-%E2%80%93-Regulation-13.aspx), Erişim Tarihi: 15.10.2019.
- IMO. (2019d). Sulphur oxides (SOx) and Particulate Matter (PM) – Regulation 14. [http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Sulphur-oxides-\(SOx\)-%E2%80%93-Regulation-14.aspx](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Sulphur-oxides-(SOx)-%E2%80%93-Regulation-14.aspx), Erişim Tarihi: 15.10.2019.
- Jastrzabek, A.O., Pawłowska, B., Czermański, E. (2018). Polish sea ports and the Green Port concept. SHS Web of Conferences 57, 01023 (2018), 1-11.
- Mataracı, G.D.G. (2016). Yeşil Liman Yaklaşımı ve Liman İşletmelerinde Sürdürülebilirlik. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Meark, O. (2014). Shipping Emissions in Ports. OECD International Transport Forum (ITF) Discussion Paper 2014-20, Paris. <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/dp201420.pdf>, Erişim Tarihi: 15.10.2019.
- The European Sea Ports Organisation (ESPO). (2012). ESPO Green Guide. [https://www.espo.be/media/espopublications/espo\\_green%20guide\\_october%202012\\_final.pdf](https://www.espo.be/media/espopublications/espo_green%20guide_october%202012_final.pdf), Erişim Tarihi: 15.10.2019.
- Türkiye Liman İşletmecileri Derneği (Turklim). (2013). Yeşil Liman Raporu/Yeşil Liman Politika, Düzenleme ve Uygulamaları. Türkiye Limancılık Sektörü Raporu. [http://www.turklim.org/kport/yesil\\_liman/upload/Yesil-Liman-Turklim-Raporu.pdf](http://www.turklim.org/kport/yesil_liman/upload/Yesil-Liman-Turklim-Raporu.pdf), Erişim Tarihi: 15.10.2019.
- Türk Standartları Enstitüsü (TSE). (2019). Yeşil Liman/Eko Liman. <https://www.tse.org.tr/IcerikDetay?ID=2049>, Erişim Tarihi: 18.10.2019.
- UBAK. (2019). "Yeşil Liman / Eko liman projesi" ile ülkemizin ilk "Yeşil Liman" ünvanlı limanı belirlendi." [http://www.ubak.gov.tr/BLSM\\_WIYS/DTGM/tr/Belgelik/guncel\\_haber/20150730\\_140002\\_64032\\_1\\_64480.html](http://www.ubak.gov.tr/BLSM_WIYS/DTGM/tr/Belgelik/guncel_haber/20150730_140002_64032_1_64480.html), Erişim Tarihi: 18.10.2019.
- Vaio, V. & Varriale, I. (2017). Management Innovation for Environmental Sustainability in Seaports: Managerial Accounting Instruments and Training for Competitive Green Ports beyond the Regulations. Sustainability 2018, 10(783): 1-35.
- Zhen, L., Zhue, D., Murong, L., Yan, R., Wang, S. (2019). Operation management of green ports and shipping networks: overview and research opportunities. Frontiers of Engineering Management, 6(2):152-162.



Received : December 01, 2019 Accepted : December 31, 2019

<http://dx.doi.org/10.26650/JTL.2019.04.02.03>

Research Article

Metaheuristic Solution Approach for Two-Dimensional Palette Placement Problem

İrem Ünal | Industrial Engineering, Faculty Of Engineering, Marmara University, Turkey, iremu96@gmail.com

Hakan Görgün | Industrial Engineering, Faculty Of Engineering, Marmara University, Turkey, hakan.gorgun@intecon.com.tr

Serol Bulkan | Industrial Engineering, Faculty Of Engineering, Marmara University, Turkey, sbulkan@marmara.edu.tr

Keywords:

Pallet Loading  
Problem (PLP),  
Genetic Algorithm,  
Two-Dimensional  
Loading

ABSTRACT

This study emphasis on the type of pallet loading problem (PLP), which is closely associated with logistic management. In the study, which is made specifically for the distributor pallet loading problem, the dimensions of width, length and height of the products are considered to be the same, and the study, which is based on distributor pallet loading problem, has been conducted in a way that the dimensions of products will be reduced to the 2D pallet loading problem without loading a 3D pallet. The research concentrates on the constraint of loading different customers' pallets so as not to mix their products during transportation and as the problem will be examined in 2-dimensions, instinctively objects are only allowed to be rotated in 2-dimensions. A Genetic Algorithm (GA) has been developed for the problem solution and this algorithm has been presented to give good results.

İki Boyutlu Palet Yerleştirme Problemi İçin Metasezgisel Çözüm Yaklaşımı

Anahtar Sözcükler :

Palet yükleme  
problemi (PYP),  
Genetik Algoritma, 2-  
Boyutlu Yükleme

ÖZ

Bu çalışma, lojistik yönetimini yakından ilgilendiren palet yükleme problem (PYP) tipi üzerine yoğunlaşan bir çalışmadır. Dağıtıcı palet yükleme problemi özelinde yapılan bu çalışmada ürünlerin en, boy ve yükseklik ölçülerinden bir boyutu aynı olacak şekilde kabul edilip çalışma 3 boyutlu palet yüklemeden 2 boyutlu palet yükleme problemine indirgenecek şekilde incelenmiştir. Öyle ki, farklı müşterilerin ürünlerini taşıma sırasında karıştırmayacak şekilde paletlere yüklenmesi kısıtı üzerine yoğunlaşır ve problem 2-boyutta inceleneceği için de doğal olarak nesnelerin sadece 2-boyutta döndürülmesine izin verilmiştir. Problem çözümü için bir Genetik Algoritma (GA) geliştirilmiş ve geliştirilen bu algoritmanın iyi sonuç verdiği gösterilmiştir.

Cite this article as

Ünal, İ., Görgün, H., & Bulkan, S. (2019). İki Boyutlu Palet Yerleştirme Problemi İçin Metasezgisel Çözüm Yaklaşımı. *Journal of Transportation and Logistics*, 4(2), 79-90. doi: 10.26650/JTL.2019.04.02.03



## 1. Giriş

Günümüzde firmalar ürün geliştirme ve böylece pazardan daha fazla getiri elde edebilmek için her türlü araştırma ve geliştirme faaliyetlerine ağırlık vermektedir. Burada amaç, anaparayı ürüne katma değer yaratacak bir şekilde kullanarak müşterinin ihtiyaçlarını karşılamak ve küresel pazarda diğer firmalarla rekabet edebilmeye devam etmektir. Durum böyle olunca katma değer yaratmayan her türlü gider aslında firmalar için bir yükür.

Bu bakış açısı ile lojistik faaliyetlerini ele aldığımızda karşılaşılan tablo istenmeyen giderlerle doludur. Her türlü depolama, yerleşme ve taşıma maliyetleri en küçüklenmesi gereken kalemlerdir. (Song vd., 2019)

Bu çalışma, lojistik faaliyetlerinin bir kolu olan palet yükleme problemlerine (PYP) odaklanmaktadır. PYP, adından da anlaşılacağı üzere farklı ve/veya aynı en, boy ve yükseklik ebatlarına sahip nesnelere belirlenen amaç fonksiyonunu en büyüleyecek/küçüleyecek şekilde kapasitesi belli paletlere yüklemeyi konu alan bir optimizasyon problem tipidir. PYP'ler temelde üretici palet yükleme problemi ve dağıtıcı palet yükleme problemi olacak şekilde ikiye ayrılır. Buradaki temel farklılık taşınacak nesnelere kaynaklanır. Üretici palet yükleme probleminde yüklenecek nesnelere genellikle en, boy ve yükseklikleri kendi içlerinde aynıdır ve amaç, bir palette taşınacak olan ürünlerin sayısını eniyilemektir. Bunun tersi olarak dağıtıcı palet yükleme probleminde yüklenecek nesnelere en, boy ve yükseklikleri birbirinden farklıdır ve amaç, kullanılacak palet sayısını en küçükmektir. (Scheithauer, G., 2018) Bu çalışma, dağıtıcı palet yükleme problem tipine yoğunlaşmaktadır.

Yüklenecek nesnelere ebatlarındaki farklılık, beraberinde göz önünde bulundurulması gereken diğer faktörleri de getirir. En temelde, bu nesnelere kütle ve hacim değerindeki farklılıktan dolayı yoğunlukları da farklı olabileceği için bu nesnelere yerleştirilirken kırılabilirlikleri ve/veya yapılarının bozulabileceği olasılığını da beraberinde getirir.

Anlaşılacağı üzere, PYP tipindeki problemlerde, yüklemesi yapılacak nesnelere ve çevresel faktörlerden kaynaklanan belirli değişkenler ve kısıtlar devreye girer. Bu çalışma aşağıda sıralanan kısıtları göz önüne alacaktır:

**2-Boyutlu Döndürme Kısıtı:** Yükleme yapılacak nesnelere 3-boyuttan 2-boyuta indirgenmesinden dolayı sadece 2-boyutta döndürülebileceğini ifade eden kısıttır. Bu durumda belirlenen nesnelere ya verilen (dik) şekilde ya da yan yatırılarak yerleştirilmesine izin verilecektir.

**Bağlantılı Nesnelere Kısıtı:** Bu kısıt, bir palette sadece tek bir müşteriye ait ürünlerin taşınmasına izin verir. Farklı müşterilerin siparişlerinin aynı palette yüklenmesinin önüne geçilerek yükleme ve boşaltma sırasında zamandan tasarruf edilmesi hedeflenir. (Terno et al., 2000)

PYP'leri polinomial zamanda en iyi çözüme ulaştırmak mümkün olmadığı için NP-Hard sınıfına girer. (Ahn et al. 2015) Bu sebeple belirlenen problemi çözmek için literatürde geliştirilen çeşitli sezgisel metotlara rastlamak mümkündür. Bu çalışmada, daha iyi çözüm elde etmek için Genetik Algoritmalarından yararlanılmıştır. Böylece daha kısa



zamanda olurlu bölgedeki optimal çözüme en yakın değerin elde edilmesi hedeflenmiştir.

## 2. Literatür Araştırması

Dowland (1987a) çalışmasında bir Palet Optimizasyon Sistemi (POSY) önererek bu sistemle paletlere yerleştirilen kutuların optimum sonuç verdiğini ve çözümün en fazla 5 dakika sürdüğünü göstermiştir. Dowland (1987b)'deki çalışmasında ise Dowland (1987a)'da belirttiği sistemde yer alan bazı zorlukların üzerine yoğunlaşmıştır. Bu zorlukların problemlerin çözüm sürelerinden kaynaklandığını belirterek (5 dakika olarak belirlenen limit değerin aşılması durumu) POSY'den bağımsız bir yaklaşım ile bu soruna çözüm getirmiştir.

Chen vd. (1991) malzeme taşıma sistemlerinin tasarımı üzerine yoğunlaşarak iki tabanlı tam sayılı formülasyon geliştirmişlerdir. Ele alınan matematiksel model çoklu paletleri ve malzemelerin paletlere uyumunu kapsar. Problem aynı zamanda kutuların ölçülerinin tam sayı olması gerektiği durumunu da göz önüne alır.

Tarnowski vd. (1994) 2-boyutlu giyotin kesme stok problemleri için polinomial zamanlı bir algoritma üzerine çalışmıştır. Algoritma, ilk problemin 3 alt probleme bölünmesi üzerine kuruludur.

Nelißen (1995) çalışmasında 1995 yılına dek literatürde bulunan sezgisel algoritmaları önerdiği yeni üst sınır metodu ile optimal sonuç verip vermediklerini doğrulamıştır. Metot, bazı yapısal kısıtlardan temel almış ve 28 problem hariç rastgele üretilen 20.000 problemi doğru bir şekilde çözüme ulaştırmıştır.

Bischoff vd. (1995) dağıtıcı palet yükleme problemleri üzerine çalışmışlardır. Çalışmanın sonucunda yeni bir sezgisel algoritma öne sürülerek etkin bir yükleme yapılmasını sağlamanın yanı sıra doğal dengenin de kurulmasına olanak sağlamıştır.

Bhattacharya vd. (1998) çalışmalarında derinlik öncelikli strateji kullanarak hızlı ve kesin bir algoritma sunmuştur. Arama ağacının boyutunu düşürmek için yeni bir konsept geliştirilmiştir. Kullanılan baskın budama kuralı, hazırda bulunan hafızayı kullandığından dolayı büyük problemler için daha fazla hafızanın ulaşılabilir olması gerekir. Böylece daha etkili budama yapılabilir.

Terno vd. (2000) dağıtıcı palet yükleme problemleri üzerinde durmuş ve sezgisel bir algoritma geliştirmiştir. Çalışma temelde, 3-boyutlu çözüm yönteminin 2-boyutlu optimum yükleme modelinin katman bazında yüklenmesi stratejisi ile kullanılmasını içermektedir.

Gencer (2000), çalışmasında Chen, Sarin ve Ram'in karışık tam sayılı modeline ek bir kısıt önererekmiştir. Böylelikle bu karışık tam sayılı modelin çözümünde ortaya çıkan kutu – palet atama uyumsuzluklarına çözüm önerisi geliştirmiş ve böylelikle de modelin gelişmesine katkı sağlamıştır.

Young-Gun ve Kang (2001) 2-boyutlu palet yükleme konusuna eğilerek bu problem tipi için sezgisel bir algoritma geliştirmiştir. Çalışmalarındaki basit amaç fonksiyonu daha az komplike ve daha etkili bir şekilde bu problemi çözebilmektir. Ek olarak, sezgisel algoritmayı alt-algoritma olarak kullanan başka bir yöntemden daha bahsedilmiştir. Bu yeni yöntem ise 5-blok yapısına sahip kompleks karmaşık



çözümlerin hızlıca bulunmasına olanak sağlarsağlamaktadır. Araştırma sonuçlarında görüldüğü üzere bu yeni algoritma 6800'ü aşan kutu sayısına sahip PYP'lerde başarılı sonuç vermektedir.

Letchford ve Amaral (2001)'in literatürdeki üst sınırların analizi üzerine yaptığı çalışmalar sonucunda bu sınırların pratikteki sıralaması çıkarılmış ve bunlardan iki tanesinin diğerlerini domine ettiği fark edilmiştir. Bunlar biri Nelissen'in sınırı, diğeri de doğrusal programlama rahatlatmasından elde edilen formülasyondur.

Birgin vd. (2005), Lins vd. (2003)'nin çalışmasını geliştirecek bir öneride bulunmuştur. Lins vd. (2003) çalışmalarında öne sürdükleri yaklaşımda, küçük dikdörtgen parçaları daha büyük dikdörtgen ve L-şeklindeki parçalara yerleştirecek geri dönüşümlü bir algoritma üzerinde durmuştur. Öne sürdükleri Önerdikleri L-Yaklaşımında amaç, zorlu palet yükleme problemlerini çözmektir. Tahminlerine göre bu yaklaşım, ve küçük dikdörtgen parçaların daha büyük dikdörtgen parçaların üzerine optimal bir şekilde yüklenmesini sağlarsağlamaktadır. L-şeklinde parçalar içeren kesme ve paketleme problemleri için de oldukça kullanışlı olacağı öngörülmüştür. Birgin vd. (2005) ise bu yaklaşımın işleyiş süresindeki dezavantajı ele almıştır. Farklı bir veri yapısı kullanarak işleyiş süresini kabul edilebilecek seviyeye indirmiştir. Bu indirgeme, yaklaşımın uygulamadaki kullanılabilirliğini arttırmasına rağmen hafıza gereksinimini de arttırarttırmaktadır.

Alvarez-Valdes vd. (2005) PYP'ler için dal-kesme algoritması önermiş, bunu yaparken de Beasley tarafından önerilen iki bileşenli formülasyondan yararlanmışır. Beasley (1985)'nin kesme problemleri için sunduğu bu tanımlamaya ek olarak yeni kısıtlar ve değişken indirgemek için yeni prosedürler önerilmiştir. Bunlara ek olarak Alvarez-Valdes vd. (2005) kullandıkları problem tipinin özel yapısından yararlanarak etkili ayırma yöntemleri de geliştirmiştir.

Chan vd. (2006) palet seçimi ve yüklemesi konusunun alt başlığı olarak hava yollu taşımacılık için maliyet optimizasyonu amacıyla karar destek sistemi üzerine odaklanmışır. Çalışmanın literatüre katkısı, hava kargosu için kullanılan farklı şekil ve boyutlardaki paletlerin 3-boyutlu yükleme konusuna farklı bir bakış açısı geliştirmesidir. Bunun sonucunda geliştirilen sistem, söz konusu paletler üzerinde başarıyla uygulanmış ve %90'ın üzerinde hacim kullanımına ulaşılmıştır.

Martins ve Dell (2008) çalışmalarında yeni sınırlar, sezgiseller ve kesin algoritma geliştirmiştir. Önerilen G5-sezgiseli ele alınan problem sınırının yaklaşık %99,7'sini optimum olarak, kalan % 0,3'lük kısmını ise en iyi çözümden sadece bir kutu farklı olacak şekilde sonucu bulmuştur.

Lau vd. (2009) palet yüklemesi konusuna kar eniyilemesi amacıyla yaklaşmıştır. Sezgisel ve genetik algoritmalarından yararlanan bu hibrid çalışma, doğrusal olmayan tam sayılı programlama problemleri içindir ve benzetimli tavlama (simulated annealing), tabu search ve doğrusal olmayan tam sayılı problem tabanlı metotlardan ve dal-sınır algoritmalarından daha karlı olduğu görülmüştür.

Schuster vd. (2010) dağıtıcı palet yükleme problemi için farklı bir algoritma geliştirmişlerdir. Var olan algoritmaların aksine bu çalışmada yığının hacminin yanı sıra dengesini de eniyilemiştir. Çalışmanın PYP'leri ilgilendiren bölümünde paletlere yükleme yapılırken farklı müşterilerin ürünlerinin olabildiğince az aynı paletlere



yüklenmesine gayret edilmiştir. Genel duruma bakıldığında öne sürülen model küçük ölçekli problemleri optimum çözebilmektedir.

Ahn vd. (2015a) bir palete yüklenecek olan kutu sayısını eniyileyecek PYP'ler için yeni bir dal-sınır algoritması önermiş, bu algoritma içerisinde de olurlu çözümü kontrol eden bir alt algoritma tanımlamıştır. Söz konusu çözüm yöntemi, bir problem hariç olmak üzere alan oranı sınırı 101'den küçük olan 3 milyon problemi 1 dakikadan az sürede çözerek literatürdeki diğer algoritmalarından üstünlüğünü kanıtlamıştır.

Ahn vd. (2015b) geometrik özellikleri göz önüne alındığında oldukça kullanışlı olan merdiven yapısında düzen üreten bir algoritma geliştirmiştir.

Song vd. (2019) hem araç rotalaması hem de ürünlerin araca yüklenmesi problemlerini gerçek hayattaki uygulama alanlarında inceleyerek oldukça geniş bir çalışmaya imza atmışlardır. Bu çok amaçlı optimizasyon probleminde üç farklı amaç fonksiyonu bulunmaktadır. Bunlar; toplam seyahat mesafesinin, kullanılan rota sayısının ve aynı palete yüklenen ürünlerin karışmasının en küçükleme olacak şekilde düzenlenmiştir. Belirlenen problem, karmaşık sayılı doğrusal programlama ile modellenmiştir.

Kır ve Yazgan (2019) çalışmasında literatürde bulunan çalışmalarda öne sürülen problemlerin yanı sıra yeni kısıtlar ile de çalışarak konuya yeni bir yaklaşım geliştirmiştir. Karışık tam sayılı programlama ile modellemesi yapılan çalışma hibrid genetik algoritma ile iki adımda çözülmüştür.

### 3. Kullanılan Algoritmalar

Bu çalışmada öne sürülen meta-sezgisel çözüm yaklaşımında Genetik Algoritma (GA)'lardan yararlanılmıştır. Sunduğu birçok avantaj sayesinde optimizasyon problemlerinin çözümünde literatürde sıkça karşılaşılan Genetik Algoritmaların, palet yükleme problemlerinde de sıkça kullanıldığı görülmektedir.

Darwin'in Evrim Teorisinde ortaya koyduğu doğal seçilimden ilham alan bu algoritma türü, genetik ve evrim konularının yönelem araştırmaları kapsamında kullanılması ile ortaya çıkmıştır. GA'lar herhangi bir ön koşul sağlaması gerekmeden her türlü eniyileme probleminde kullanılabilir. Bu sebeple polinomial zamanda çözülemeyen problemlerin çözümü için sıkça kullanılmaktadır.

Uygulama, her basamakta olası bir çözüm bulmak yerine olası çözümlerden oluşan kümeler ile çalışmak mantığına dayanır. Bu çözüm kümesine "popülasyon" veya "nesil" denir. Her popülasyon kromozomlardan oluşur. Bunlar her bir olası çözümü temsil eder. Kromozomlar ise genlerden oluşur. Bu genler ise çözümlerin tanımlanması için gerekli bilgiyi taşır. (Mitchell, 1998)

Biyolojide olduğu gibi, yeni nesillerin üretilmesi çaprazlama ve mutasyondan sayesinde gerçekleşir. Algoritmada seçilen kromozom ikililerinin ("ebeveyn") çaprazlanması ve sonrasında belirlenen kriterler kapsamında yeni oluşan kromozomlarda ("çocuklar") mutasyonlar gerçekleştirilerek yeni nesiller oluşturulur ve en uygun yeni kromozomlardan bir sonraki nesil oluşturulur, sonrasında algoritma başa döner. Bu döngü durdurma kriterine kadar devam eder. (Sivanandam & Deepa, 2008)



Bu çalışmada, öncelikle Genetik Algoritma kullanılarak her bir problem için en iyi çözüm kromozomu elde edilmiştir. Sonrasında bu kromozomlardan elde edilen çözümden yola çıkarak En İyi Dikdörtgen Alan Uyumu (Maksimum Rectangle Best Area Fit (MRBAF)) algoritması ile ürünlerin paletlere yüklenmesi sağlanmıştır. Yüklemenin ardından ise amaç fonksiyonu hesaplanmıştır. (Jylänki, 2010)

#### 4. Geliştirilen Çözüm Metodu

Bu çalışmada tanımlanan problem bir 2-boyutlu dağıtıcı palet yükleme problemidir. Bu kısasa göre farklı ebatlardaki ürünler paletlere doluluk oranını eniyileyecek şekilde yüklemektir. Çalışmada kullanılan palet boyutları 100 cm x 120 cm olarak belirlenmiştir. Ürünlerin boyutları ise uniform dağılım ile belirlenmiştir. Genişlik ve uzunluk ölçüleri, sırasıyla "20, 25, 30, 35" cm ve "25, 30, 35, 40, 45, 50" cm kümelerinden seçilmiştir. Ürünlerin yükseklik değerleri ise hepsi için 25 cm alınıp sabitlenerek problem 2-boyutta incelenmiştir.

Her ürün için bir kırılma indisi belirlenerek yüklemeler bu indise göre yapılmıştır. Bu indis değerleri "0", "1", "2" veya "3" olabilir, bu indisler ürünlere aşağıdaki olasılık değerlerine göre rastgele bir biçimde atanmıştır.

$$P("0") = 0.05$$

$$P("1") = 0.1$$

$$P("2") = 0.25$$

$$P("3") = 0.6$$

Burada, "0" indisi en kırılma ürün grubu içindir ve yükleme sırasında palette en üst sırada yer almalıdır. Tersine olacak şekilde "3" indisi ise en az kırılma ürün grubudur ve yükleme sırasında paletin en altında yer alabilir.

Kırılma "0" > Kırılma "1" > Kırılma "2" > Kırılma "3"

2-boyutta çalışılan bu problemde yine ürünler 2-boyutta döndürülerek paletlere yerleştirilebilir.

Diğer bir önemli nokta ise problemde farklı müşterilere ait ürünlerin bulunmasıdır. Buna göre farklı müşterilerin ürünleri aynı palete yüklenmemelidir. Müşteri sayısı ise toplam ürün sayısının üçe bölünmesi ile belirlenmiştir.



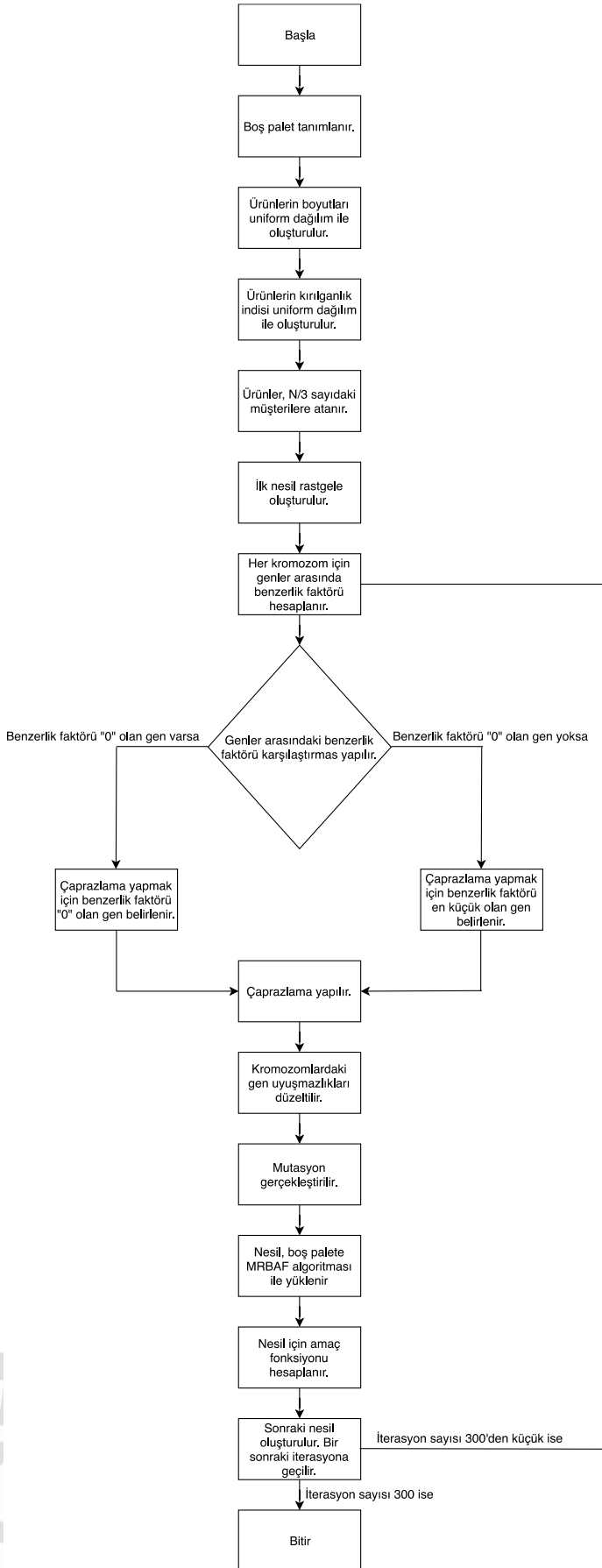
Önerilen çözüm yaklaşımı için kullanılan algoritmanın pseudo kodu aşağıda verilmiştir.

```
“x” iterasyon sayısını belirtmek üzere;  
Her  $0 \leq x < \text{iterasyon\_sayısı}$  için x değeri bir arttırılır.  
    Popülasyonun bütün kromozomları, paletlere yüklenir.  
    Popülasyon içerisindeki kromozomların her biri için, amaç fonksiyonu hesaplanır.  
    Popülasyon için kümülatif dağılım fonksiyonu ortaya çıkarılır.  
    İki adet, 0 ile 1 arasında rastgele sayı seçilir.  
    Sayıların karşılıkları kümülatif dağılım fonksiyonunda belirlenir ve ebeveynler ortaya çıkar.  
    Ebeveynler içerisinde çaprazlama ve mutasyon işlemi ile 2 adet çocuk ortaya çıkar.  
    Eski popülasyon içerisindeki kromozom sayısı kadar tekrar edilir ( $\text{kutu\_sayısı} / 2$ )  
    Eski ve yeni popülasyon içerisinde seçimler ile yeni bir popülasyon yaratılır.  
    En son iterasyonun sonunca oluşan popülasyon içerisinde en iyi sonuç belirlenir.  
    Sonuçlar gösterilir.  
    Bitir.
```

Algoritmanın aynı zamanda akış şeması Şekil 1’de verilmiştir.







Şekil 1: Algoritmanın Akış Şeması

Algoritma, paletin doluluk oranını eniyilemeyi amaçlar. Algoritmanın amaç fonksiyonu;

$$Z = \sum_{i=0}^M (2^{M-1-i} \times (\text{paletteki toplam kutu hacmi} / \text{paletin toplam hacmi})) - 2^{(\text{Paletten Taşan Aynı Palette Olması Gereken Kutu Sayısı} - N)$$

Burada parametreler;

M: Olası palet sayısı

N: Ürün sayısı

i: Palet için indis

Bu fonksiyonu

$$" (2^{M-1-i} \times (\text{paletteki toplam kutu hacmi} / \text{paletin toplam hacmi})) "$$

n kısmı, ürünlerin mümkün olduğu kadar ilk paletlere yüklenmesini zorlar. Böylece paletlerin doluluk oranı maksimize edilmiş olur.

Fonksiyonun "  $2^{(\text{Paletten Taşan Aynı Palette Olması Gereken Kutu Sayısı} - N)$  " kısmı ise müşterilerin ürünlerinin farklı paletlere yüklenmesi durumunu engellemeye çalışır. Böylece paletlerin doluluk oranının azalmasını engeller.

Önerilen meta-sezgisel çözüm yaklaşımı 80, 100 ve 120 adet kutudan oluşan deney setleri ile test edilmiştir. Test sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1:** Test Sonuçları

Kutu Sayısı	Problem No	Kullanılan Palet Sayısı		Amaç Fonksiyonu Değeri		
		Minimum	Maksimum	Minimum Değer	Maksimum Değer	Ortalama Değer
80	1	3	3	5.56	11.34	6.76
	2	3	3	5.56	11.31	6.74
	3	3	3	5.54	5.71	5.61
	4	3	3	5.54	5.74	5.63
	5	3	3	5.53	5.71	5.61
100	1	4	4	11.89	12.16	12.02
	2	3	4	11.98	12.25	12.11
	3	4	4	11.81	12.18	11.98
	4	4	4	12.01	12.17	12.07
	5	4	4	11.87	12.13	11.99
120	1	4	5	12.29	25.73	22.82
	2	4	5	12.40	25.53	22.70
	3	4	5	12.29	25.11	20.03
	4	4	5	12.49	25.42	20.12
	5	4	5	12.29	25.29	22.45



## 5. Sonuçlar

Bu çalışmada 2-boyutlu palet yükleme problemi göz önüne alınarak kutuların en az sayıda paletle yüklenmesi ve doluluk oranının en büyüklenmesi için bir Genetik Algoritma çözüm yaklaşımı uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre en az sayıda kutu sayısının elde edildiği ve son palet haricinde doluluk oranının belli seviyenin üzerinde olduğu görülmüştür. Çözüm süresinin uzun olması çözümün pratikliği açısından dezavantaj oluşturmakla beraber kutu sayısının en aza indirilmesi bir avantajdır.

Tablo 1'de görüldüğü üzere, 80, 100 ve 120 adet ürün kümesi için beşer test yapılmıştır. Bu testlerden elde edilen amaç fonksiyonu sonuçlarına göre minimum, maksimum ve ortalama değerler ve kullanılan palet sayısının minimum ve maksimum değerleri tabloda verilmiştir. 80 üründen oluşan veri kümesinde tüm ürünler 3 paletle yüklenebilmiştir. 100 üründen oluşan veri kümesinde tüm ürünler bir test hariç 4 paletle yüklenebilmiştir. Bu bir testte ürünlerin 3 paletle yüklenebileceği sonucuna ulaşılmıştır. 120 üründen oluşan veri kümesinde ise tüm ürünler en az 4 en fazla ise 5 paletle yüklenebilmiştir.

Tüm test sonuçları incelendiğinde ise kırılma ve müşteri siparişlerinin aynı palette olma kısıtlarını göz önüne alarak iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Burada sunulan meta-sezgisel çözüm yaklaşımı, yazarların ileriki çalışmalarına temel oluşturmak ve Genetik algoritmaların palet yükleme problemlerindeki uygulamalarının temele indirgeyerek araştırmacıya/okuyucuya anlatmayı amaçlamaktadır. İleriki çalışmalarda, problemin çözüm süresinin optimizasyonu ve kısıtların geliştirilmesi üzerine çalışılacaktır.

## KAYNAKÇA

- Ahn, S., Park, C., & Yoon, K. (2015b). An improved best-first branch and bound algorithm for the pallet-loading problem using a staircase structure. *Expert Systems with Applications*, 42(21), 7676-7683.
- Ahn, S., Yoon, K., & Park, J. (2015a). A best-first branch and bound algorithm for the pallet-loading problem. *International Journal of Production Research*, 53(3), 835-849.
- Alvarez-Valdés, R., Parreño, F., & Tamarit, J. M. (2005). A branch-and-cut algorithm for the pallet loading problem. *Computers & Operations Research*, 32(11), 3007-3029.
- Beasley, J. E. (1985). An exact two-dimensional non-guillotine cutting tree search procedure. *Operations Research*, 33(1), 49-64.
- Bhattacharya, S., Roy, R., & Bhattacharya, S. (1998). An exact depth-first algorithm for the pallet loading problem. *European Journal of Operational Research*, 110(3), 610-625.
- Birgin, E. G., Morabito, R., & Nishihara, F. H. (2005). A note on an L-approach for solving the manufacturer's pallet loading problem. *Journal of the Operational Research Society*, 56(12), 1448-1451.
- Bischoff, E. E., Janetz, F., & Ratcliff, M. S. W. (1995). Loading pallets with non-identical items. *European journal of operational research*, 84(3), 681-692.
- Chan, F. T., Bhagwat, R., Kumar, N., Tiwari, M. K., & Lam, P. (2006). Development of a decision support system for air-cargo pallets loading problem: A case study. *Expert Systems with Applications*, 31(3), 472-485.
- Chen, C. S., Sarin, S., & Ram, B. (1991). The pallet packing problem for non-uniform box sizes. *The International Journal of Production Research*, 29(10), 1963-1968.
- Dowland, K. A. (1987a). An exact algorithm for the pallet loading problem. *European Journal of Operational Research*, 31(1), 78-84.



- Dowland, K. A. (1987b). A combined data-base and algorithmic approach to the pallet-loading problem. *Journal of the Operational Research Society*, 38(4), 341-345.
- Gencer, C. (2000) 2-Boyutlu Palet Yükleme Problemleri için Geliştirilen Karışık Tam Sayılı Doğrusal Programlama Modelinin Yeniden Düzenlenmesi. *Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 4(1), 11-17.
- Jylänki, J. (2010). A thousand ways to pack the bin-a practical approach to two-dimensional rectangle bin packing. retrived from <http://clb.demon.fi/files/RectangleBinPack.pdf>.
- Kır, S., & Yazgan, H. R. (2019). A novel hierarchical approach for a heterogeneous 3D pallet loading problem subject to factual loading and delivery constraints. *European Journal of Industrial Engineering*, 13(5), 627-650.
- Lau, H. C., Chan, T. M., Tsui, W. T., Ho, G. T., & Choy, K. L. (2009). An AI approach for optimizing multi-pallet loading operations. *Expert Systems with Applications*, 36(3), 4296-4312.
- Letchford, A. N., & Amaral, A. (2001). Analysis of upper bounds for the pallet loading problem. *European Journal of Operational Research*, 132(3), 582-593.
- Lins, L., Lins, S., & Morabito, R. (2003). An L-approach for packing ( $\ell$ ,  $w$ )-rectangles into rectangular and L-shaped pieces. *Journal of the Operational Research Society*, 54(7), 777-789.
- Martins, G. H., & Dell, R. F. (2008). Solving the pallet loading problem. *European Journal of Operational Research*, 184(2), 429-440.
- Mitchell, M. (1998). *An introduction to genetic algorithms*. MIT press.
- Nelßen, J. (1995). How to use structural constraints to compute an upper bound for the pallet loading problem. *European Journal of Operational Research*, 84(3), 662-680.
- Scheithauer, G. (2018). Pallet Loading. In *Introduction to Cutting and Packing Optimization* (pp. 279-316). Springer, Cham.
- Schuster, M., Bormann, R., Steidl, D., Reynolds-Haertle, S., & Stilman, M. (2010, October). Stable stacking for the distributor's pallet packing problem. In *2010 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems* (pp. 3646-3651). IEEE.
- Sivanandam, S. N., & Deepa, S. N. (2008). Genetic algorithms. In *Introduction to genetic algorithms* (pp. 15-37). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Song, X., Jones, D., Asgari, N., & Pigden, T. (2019). Multi-objective vehicle routing and loading with time window constraints: a real-life application. *Annals of Operations Research*, 1-27.
- Song, X., Jones, D., Asgari, N., & Pigden, T. (2019). Multi-objective vehicle routing and loading with time window constraints: a real-life application. *Annals of Operations Research*, 1-27.
- Tarnowski, A. G., Terno, J., & Scheithauer, G. (1994). A polynomial time algorithm for the guillotine pallet loading problem. *INFOR: Information Systems and Operational Research*, 32(4), 275-287.
- Terno, J., Scheithauer, G., Sommerweiß, U., & Riehme, J. (2000). An efficient approach for the multi-pallet loading problem. *European Journal of Operational Research*, 123(2), 372-381.
- Terno, J., Scheithauer, G., Sommerweiß, U., & Riehme, J. (2000). An efficient approach for the multi-pallet loading problem. *European Journal of Operational Research*, 123(2), 372-381.
- Young-Gun, G., & Kang, M. K. (2001). A fast algorithm for two-dimensional pallet loading problems of large size. *European Journal of Operational Research*, 134(1), 193-202. Topçu, Y.I., Kabak





Received : November 24, 2019 Accepted : December 30, 2019

<http://dx.doi.org/10.26650/JTL.2019.04.02.04>

Research Article

Turkey Iron and Steel Industry Competitiveness and Industry 4.0

Zehra Vildan Serin | Faculty Of Economics, Administrative & Social Sciences, Hasan Kalyoncu University, Turkey, [zvildan.serin@hku.edu.tr](mailto:zvildan.serin@hku.edu.tr)

Osman Fidan | Institute Of Social Sciences International Trade and Logistics, Hasan Kalyoncu University, Turkey, [fidan.osman@gmail.com](mailto:fidan.osman@gmail.com)

Keywords:

Iron and Steel,  
The Global  
Competitiveness  
Index 4.0 (KRE),  
Industry 4.0,  
Steel 4.0

ABSTRACT

In Turkey in 2018 it produced about 37,3 million tons of steel in the world top ten steel producing countries 8th position. In 2018, exports of iron and steel products amounted to USD 11.5 billion and imports amounted to USD 18.4 billion. This corresponds to 11% of total exports and 8% of total imports. Iron and steel exports and imports are in the third place. In addition, Iron and Steel Sector, automotive, machinery manufacturing, construction, infrastructure, defense, and so on. is the basic industry for the industry. At the end of the study; most steel producing countries and Turkey top 10 iron and steel sector competitive advantages and disadvantages in the world are examined. Competitive advantage for the transition to Industry 4.0 has been studied, using technology and resources effectively to ensure global competitive advantage. "The Global Competitiveness Index 4.0" in Turkey with 62.1 points out of 100 points in 141 countries and ranks 61., China produces 928.3 million tons of steel, 51% of which is the world's top steel producer, and the Global Competitiveness Index is ranked 28th with 73.9 points. India is ranked 2nd with 106.5 million tons of steel production and the Global Competitiveness Index is ranked 68th with 61.4 points. Japan ranks 3rd with 104.3 million tons of steel production and the Global Competitiveness Index is ranked 6th with 82.3 points. Ore, scrap, energy-importing Turkey, iron exceed 4.0 applications to provide a competitive advantage to industry in the steel industry will provide a competitive advantage.

Türkiye Demir Çelik Sektörü Rekabeti ve Endüstri 4.0

Anahtar Sözcükler :

Demir Çelik,  
Küresel Rekabet  
Endeksi 4.0  
(KRE), Endüstri  
4.0, Çelik 4.0

öz

Türkiye'de 2018 yılında üretilen yaklaşık 37,3 milyon ton çelik ile dünyada en çok çelik üreten 8. ülke konumundadır. 2018 yılında demir çelik ürünü 11,5 milyar dolar ihracaat ve 18,4 milyar dolar da ithalat gerçekleştirmiştir. Bu oran toplam ihracatın %11 ve toplam ithalatın ise %8 tekabül etmektedir. Demir Çelik ihracatı ve ithalat kalemlerinde 3.sırada yer almaktadır. Ayrıca Demir Çelik Sektörü, otomotiv, makine imalatı, inşaat, altyapı, savunma, vb. sektörleri için de temel endüstri konumundadır. Çalışmanın sonucunda; Dünyada en çok çelik üreten ilk 10 ülke ve Türkiye demir çelik sektörü rekabet avantaj ve dezavantajları incelenmektedir. Küresel rekabet üstünlüğü sağlamak için teknoloji ve kaynakların etkin kullanılarak, Endüstri 4.0 geçiş için rekabet üstünlüğü incelenmiştir. 2019 Yılı Küresel Rekabet Endeksi 4.0 da Türkiye 100 puan üzerinden 62,1 puan ile 141 ülke arasında 61. sırada yer almaktadır. Dünya'da üretilen çeliğin 1.808,4 milyon ton çeliğin, %51' olan 928,3 milyon tonunu Çin üretmekte, en çok çelik üreten listesinde 1. sırada olup, Küresel Rekabet Endeksi 4.0 da 73,9 puanla, 28. Sırada yer almaktadır. Hindistan 106,5 milyon ton Çelik üretimi ile 2. Sırada olup, Küresel Rekabet Endeksi 4.0 da 61,4 puanla, 68. sırada yer almaktadır. Japonya 104,3 Milyon ton Çelik üretimi ile 3. Sırada yer almakta olup, Küresel Rekabet Endeksi 4.0 da 82,3 puanla, 6. sırada yer almaktadır. Cevher, hurda, enerji ithale eden Türkiye, demir Çelik endüstrisinde rekabet avantajı sağlamak için endüstri 4.0 uygulamalarına geçmesi rekabet avantajı sağlayacaktır.

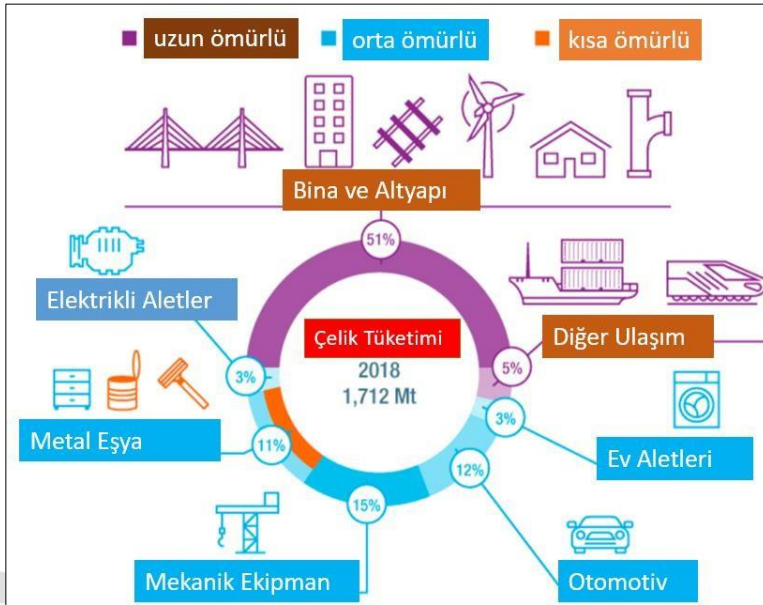
Cite this article as

Serin, Z. V., & Fidan, O. (2019). Türkiye Demir Çelik Sektörü Rekabeti ve Endüstri 4.0. *Journal of Transportation and Logistics*, 4(2), 91-106. doi: 10.26650/JTL.2019.04.02.04

## 1. Giriş

Küreselleşme süreci, ülkeler arasındaki sınırların kalkması ile birlikte uluslararası rekabet gücü önem kazanmaya başlamış ve Türkiye Demir Çelik sektörü sürekli gelişim gösterip büyüyen bir sektör haline gelmiştir. Türkiye 2000 Yılında 14,3 milyon ton üretim ile 17. sırada olmasına karşın, 2012 yılında 35,9 milyon ton üretim ile dünyada en çok çelik üreten 8. ülke konumuna yükselmiştir. Günümüzde ticaret sınırlarının da önemli ölçüde kalkması ile beraber mal ve hizmetler dünyanın herhangi bir yerinde üretilerek, üretildiği yer ile sınırlı kalmayarak tüm dünyaya pazarlanabilir hale gelmiştir. Rekabet, artık küresel bir olgu olup, ölçek ekonomisi, maliyet, hız, teslimat vb. öğeler teknoloji sayesinde, ticareti geliştirmektedir. Teknoloji en iyi kullanan ülkeler, şirketler, rekabet ve ticarete yön vermektedirler. Dünya Ekonomik Forumu tarafından Ekim 2019'da açıklanan Küresel Rekabet Endeksi 4.0 verilerine göre Türkiye 62,1/100 puan ile 141 ülke arasında 61. sırada yer almaktadır. Endeks verilerine göre puanlar ve sıralama ülkelerin zayıf ve güçlü yönleri ortaya koymaktadır. Bu kapsamda küresel rekabet endeksi verilerine dünyada en çok Çelik üreten 10 ülke karşılaştırılacak ve fırsatlar, avantajlar ve dezavantajları ile birlikte ortaya konulacaktır. 2019 Yılı Küresel Rekabet Endeksi 4.0 olarak yeniden düzenlenmiş ve 2008 küresel kriz ve Endüstri 4.0 etkileri ölçülmeye çalışılmıştır. Türkiye dünyada 8. En büyük Çelik üreticisi de olsa çelikte ithalat bağımlılığı devam etmektedir. Daha kaliteli çelikler üretilerek, teknolojik ve lojistik avantajlar elde edilerek, çok çelik üretilerek, kitle ekonomisinden yararlanarak maliyet avantajı sağlanabilecektir.

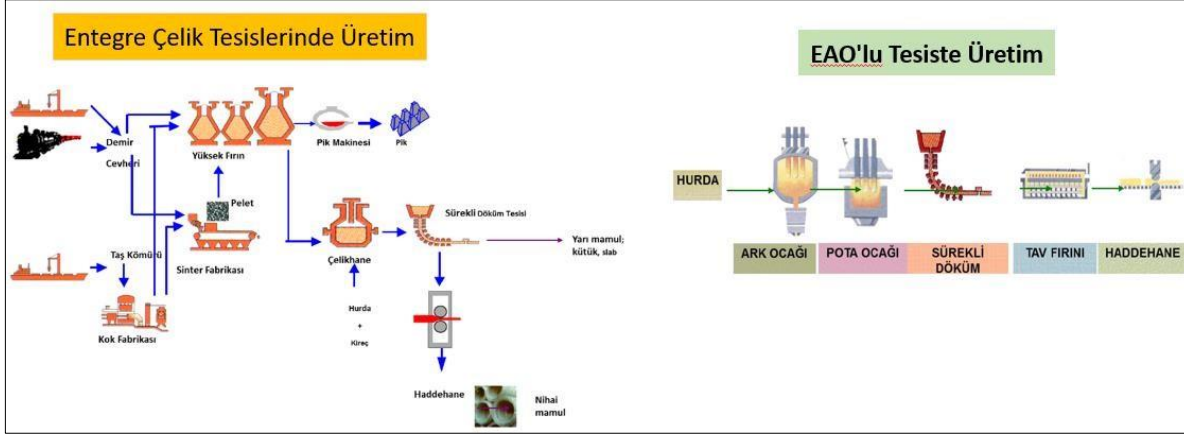
## 2. Türkiye ve Dünya Demir Çelik Sanayisi



Şekil 1: Çelik Kullanım Alanı ve Pazarı  
Kaynak: Dünya Çelik Birliği (worldsteel), Ekim 2019

Çelik dünyada Endüstri 1.0, 2.0, 3.0 önemli bir metal olmuş ve Endüstri 4.0'da da var olmaya devam edecektir. Dünya Çelik Birliği'ne göre Çelik %51 Yapı ve alt yapıda, %3 Elektrikli aletlerde,

%11 metal eşyada, %15 Mekanik ekipmanlarda, %12 otomotivde, %3 ev aletlerinde, %5 diğer ulaşımda kullanılmaktadır. Çelik tüketmek aynı zamanda gelişmişlik göstergesidir. Endüstrileşmiş toplumlarda Çelik tüketimi artmaktadır. Çelik, hayatımızın neredeyse her aşamasında kritik bir rol oynamaktadır. Çelik %100 geri dönüştürülen bir materyaldir. Bu da İleri ve Tersine Lojistik imkanı sağlamaktadır.



**Şekil 2:** Çelik Üretim Yöntemi

Kaynak: Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Demir Çelik Sektör Raporu (2019), Ekim 2019

Çelik üreti cevher ile entegre tesislerde üretilebilir, ayrıca demir Çelik hurdası elektirikli ark ocağında eritilerek üretilmektedir. Dünyada üreilen çeliğin yaklaşık %70 entegre tesislerde, %30 hurdadan elektirikli ark ocaklarında üretilmektedir. Türkiye de ise bu üretim şekli yaklaşık %30 entegre tesislerde cevherden, %70 i hurdadan elektirikli ark ocaklarında üretilmektedir.

2016 yılına göre 2017 yılında çelik üretimi %13,1 artarak 37.523 bin ton çelik üretilmiştir. 2018 Yılında Türkiye çelik üretimi 37,3 milyar ton olarak gerçekleşmiştir. 24,6 milyon tonu kütük ve 12,642 milyon ton slab üretildiği anlaşılmaktadır. Üretilen çeliğin %69'u Elektrik Ocaklı (EO) ve

%31'i ise Bazik Oksijen Fırınında (BOF) üretilmiştir. Türkiyede en çok Çelik üretimi hurdadan yani elektirik ocaklı tesislerde üretilmektedir (Çelik Üreticileri Derneği, Ekim 2019).

Dünyada 2018 yılında toplam 1.808,4 milyon ton ve Türkiyede 37,3 milyon ton Çelik üretilmiştir. Çelik Sektörü 1,2 trilyon dolar tedarik zincirinde değer yarattığı, 40,5 milyon kişi çelik endüstrisi ve tedarik zincirinde çalıştığı, 6,1 miyon kişi istihdam edildiği, 2017 yılında Çelik Endüstrisi 2,5 trilyon ürün değeri yarattığı ve 500 milyar dolar katma değer yarattığı, toplam dünya gayri safi yurtiçi hasılatana 2,9 trilyon dolar olduğu belirtilmektedir (Dünya Çelik Birliği, Ekim 2019).





**Şekil 3:** Dünya Çelik Üretimi 1950-2018

Kaynak: Dünya Çelik Birliği (Worldsteel), Ekim 2019

Dünya çelik üretimi her yıl artmaktadır. 1950 Yılında 189 milyon ton çelik üretilirken, 2018 Yılında 1.808,4 milyon ton çelik üretilmiştir. Tablo incelendiğinde 2008 ve 2016 yılında az bir azalış olsa da eğilim artış yönündedir.

**Tablo 1:** Dünya Çelik Üretimi ilk 10 Ülke

Yılı		2018	2017	2016	2015	2012	2008	2000	2018	2017	2008	2000
S.	Ülke	M.Ton	M.Ton	M.Ton	M.Ton	M.Ton	M.Ton	M.Ton	sıra	sıra	sıra	sıra
1	Çin	928,3	870,9	808,4	803,8	716,5	500,5	127,2	1	1	1	1
2	Hindistan	106,5	101,5	95,6	89,0	77,6	55,2	26,9	2	3	5	9
3	Japonya	104,3	104,7	104,8	105,1	107,2	118,7	106,4	3	2	2	2
4	ABD	86,6	81,6	78,5	78,8	88,7	91,4	101,8	4	4	3	3
5	Güney Kore	72,5	71,0	68,6	69,7	69,1	53,6	43,1	5	6	6	6
6	Rusya	71,7	71,5	70,8	70,9	70,4	68,5	59,1	6	5	4	4
7	Almanya	42,4	43,3	42,1	42,7	42,7	45,8	46,4	7	7	7	5
8	Türkiye	37,3	37,5	33,2	31,5	35,9	26,8	14,3	8	8	11	17
9	Brezilya	34,9	34,5	31,3	33,3	34,5	3,7	27,9	9	9	9	8
10	İtalya	24,5	34,1	23,4	22,0	27,3	30,6	26,8	10	10	10	10
	<b>Toplam Dünya</b>	<b>1.808,4</b>	<b>1.729,8</b>	<b>1.627,0</b>	<b>1.620,0</b>	<b>1.546,8</b>	<b>1.326,5</b>	<b>847,0</b>				

Kaynak: Dünya Çelik Birliği (worldsteel), Ekim 2019

Dünyada en çok Çelik üreten 10 ülke tablo incelendiğinde, Türkiye 2000 Yılında 14,3 milyon ton ile 17. Sırada iken, 2008 yılında 26,8 milyon ton ile 11. Sıraya yükselirken, 2012 yılından 8. Sıraya yükselmiş ve 2018 yılında 37,3 milyon ton çelik üretimi gerçekleştirmiştir. Çin 2000 Yılından buyana 1. Sırada yerini muhafaza ederek sürekli Çelik üretimini artırmaktadır. Dünyanın %51 çeliği Çin'de üretilmektedir. Hindistan 2000 yılında 26,9 milyon ton ile 9. sırada iken 2018 Yılında 106,5 milyon ton ile 2. Sıraya yerleşmiştir. Japonya 2000 yılında 106,4 milyon ile 2. Sırada yer alırken, 2018 yılında 104,3 milyon ton ile 3. Sıraya düşmüştür. ABD 2000 yılında 101,8 milyon ton ile 3.sırada iken, 2018 yılında 86,6 milyon ton ile Çelik miktarı üretimi de düşmüş ve 4. Sıraya düşmüştür. Güney Kore 2000 yılında 43,1 milyon ton Çelik üretimi ile 6.sıraka iken, 2018 yılında 72,5 milyon Çelik üreterek



5. Sıraya yükselmiştir. Rusya 200 yılında 59,1 milyon ton Çelik üreterek 4. Sırada yer almasına karşın, 2018 yılında 71,7 milyon ton artırmış, ancak 6.sıraya düşmüştür. Almanya ise 46,4 milyon ton ile 4. Sıradan, 2018 yılında 42,4 milyon ton ile 7. Sıraya düşmüştür. Brezilya 2000 yılında 27,9 milyon ton ile 8. Sırada iken, 2018 yılında 34,9 milyon ton ile 9. Sıraya yerleşmiştir. İtalya ise 2000 Yılında 26,8 milyon ve 2018 yılında 24,5 milyon ton üreterek 10. Sıradaki yerini muhafaza etmektedir. 2000 yılından 2018 yılına en çok Çelik üretimi artıran ülkelerin Çin, Hindistan, G.Kore ve Rusya olduğu görülmektedir. Türkiye 2012 Yılından buyana yakaladığı 8. Sırasını muhafaza etmekle birlikte Çelik üretiminde bir artış gözlenmemektedir. Ayrıca ilk 20 sırada yer alan 2018 yılı üretimi 11.İran 24,5 milyon ton,, 12.Tayvan 23,2 milyon ton, 13.Ukrayna 21,1 milyon ton, 14.Meksika 20,2 milyon ton, 15.Fransa 15,4 milyon ton, 16. İspanya 14,3 milyon ton, 17. Vietnam 14,1 milyon ton, 18. Polonya 10,2 milyon ton ve 20. Belçika 8,0 milyon ton Çelik üretimi gerçekleştirmektedirler. İran, Tayvan, Ukrayna, Vietnam üretimlerini her yıl artırdıkları gözlenmektedir.

**Tablo 2:** Üretim Yöntemine Göre 2018 Yılında En Çok Çelik Üreten 10 Ülke

Sıra	Türkiye Ham Çelik Üretimi	2018 X M.Ton	Dünya Üretim Oranı %	Oran % BOF - Entegre Demir Çelik Tesislerinde Çelik Üretimi (Bazık Oksijen Fırını-BOF)	Oran % EO - Elektrik Ocaklı (EO)
1.	Çin	928,3	51,37%	88,4	11,6
2.	Hindistan	106,5	5,89%	46,7	53,5
3.	Japonya	104,3	5,77%	75,0	25,0
4.	ABD	86,6	4,79%	32,0	68,0
5.	Güney Kore	72,5	4,01%	66,6	33,4
6.	Rusya	71,7	3,97%	66,9	30,8
7.	Almanya	42,4	2,35%	66,9	30,8
8.	<b>Türkiye</b>	<b>37,3</b>	<b>2,06%</b>	<b>30,9</b>	<b>69,1</b>
9.	Brezilya	34,9	1,93%	77,5	21,0
10.	İtalya	24,5	1,36%	18,4	81,6
	<b>Avrupa Birliği (28)</b>	<b>167,7</b>	<b>9,28%</b>	<b>58,5</b>	<b>41,5</b>
	<b>Toplam Dünya</b>	<b>1.807,1</b>	<b>100,00%</b>	<b>70,8</b>	<b>28,8</b>

**Kaynak:** Dünya Çelik Birliği (worldsteel), Ekim 2019

Tablo incelendiğinde hammaddeden, yani BOF en az çelik üreten ülkeler sırasıyla, %32 ile 4.ABD, %30,9 ile 8.Türkiye ve %18,4 ile 10.İtalya görülmektedir. AB ülkelerinde üretilen çeliğin %58,4 ve Dünyada %70,8'i BOF üretilmektedir. Elektrikli Ocaklarda üretilen en çok Çelik 2.Hindistan %53,5, 4.ABD %68,0, 8.Türkiye %69,1, dünyada ise %28,8 dir. Dünyanın %51 çeliğini üreten 1.Çin %11,6 çeliği Elektrikli Ocakta üretmektedir. Bu durumda rekabetin belirleyicisinin BOF(Bazık Oksijen Fırını) üretilen çelik olduğu söylenebilir.



**Tablo 3:** Dünyada En Çok Çelik Üreten İlk 20 Şirket

Sıra	Şirket Adı	Ülke	2016 Milyon Ton	2017 Milyon Ton	2018 Milyon Ton	2016 sıra	2017 Sıra	2018 Sıra
1	ArcelorMittal	Lüksemburg	95,45	97,03	96,42	1	1	1
2	China Baowu Group	Çin	63,81	65,39	67,43	2	2	2
3	Nippon Steel Corporation	Japonya	44,64	47,36	49,22	4	3	3
4	HBIS Group	Çin	46,18	45,56	46,80	3	4	4
5	POSCO	G.Kore	41,80	42,19	42,86	5	5	5
6	Shagang Group	Çin	33,25	38,35	40,66	6	6	6
7	Ansteel Group	Çin	33,19	35,76	37,36	7	7	7
8	JFE Steel Corporation	Japonya	30,29	30,15	29,15	8	8	8
9	Jianlong Group	Çin	16,45	20,26	27,88	17	14	9
10	Shougang Group	Çin	26,80	27,63	27,34	9	9	10
11	Tata Steel Group	Hindistan	24,49	25,11	27,27	10	10	11
12	Nucor Corporation	ABD	21,95	24,39	25,49	12	11	12
13	Shandong Steel Group	Çin	23,02	21,68	23,21	11	12	13
14	Valin Group	Çin	15,48	20,15	23,01	20	15	14
15	Hyundai Steel	G.Kore	19,86	21,23	21,88	13	13	15
16	Maanshan Steel	Çin	18,63	19,71	19,64	14	16	16
17	Novolipetsk Steel (NLMK)	Rusya	16,64	17,08	17,39	16	17	17
18	JSW Steel	Hindistan	14,91	16,06	16,83	21	19	18
19	IMIDRO	İran	14,02	15,60	16,79	25	21	19
20	Steel Authority of India Ltd. (SAIL)	Hindistan	14,38	14,80	15,93	23	25	20
45	ERDEMİR Group	Türkiye	9,18	9,20	9,14	41	43	45
86	İçdaş	Türkiye	3,30	4,31	4,02		78	86
93	Habaş	Türkiye	3,21	3,51	3,77		84	93
101	Tosyalı Holding	Türkiye	2,64	2,77	3,34			101

**Kaynak:** Dünya Çelik Birliği (worldsteel), Ekim 2019

Dünya Çelik Birliği Açıkladığı 2018 Yılı ilk 110 en çok Çelik üreten firmalar incelendiğinde, Lüksemburg merkezli "ArcelorMittal" firması 96,42 Milyon ton Çelik üretimi ile 1.sırada, Çin şirketi "China Baowu Group" 67,43 milyon ton ile 2. sırada ve Japon "Nippon Steel Corporation" firması 49,22 milyon ton Çelik üretimi ile 3. Sırada, Çin "HBIS Group" şirketi 46,80 milyon ton ile 4. Sırada ve G. Kore "POSCO" Şirketi 42,86 milyon ton ile 5. sırada yer almaktadır. Dünyada ilk 5 sırada yer alan şirketler Türkiye'den daha çok Çelik ürettikleri görülmektedir. İlk 20 şirketin 1 Lüksemburg Merkezli, 9 şirketi Çin, 2 şirket Japonya, 2 şirket G.Kore, 3 şirket Hindistan,1 ABD şirketi,1 Rusya şirketi ve 1 İran şirketi yer almaktadır. Türkiye'de 37,3 milyon ton Çelik üretimi ile dünya'da 8.sırada yer almasına karşın, ilk 110 şirkette "Erdemir Gurubu" 9,14 milyon ton üretim ile 45. sırada, "İçdaş" 4,02 milyon ton ile 86. sırada, "Habaş" 3,77 milyon ton ile 93. sırada, "Tosyalı Holding" 3,34 milyon ton ile 101. sırada yer almıştır.



Demir çelik sektörü, kalkınmasına katkı sağlayan sektörlerin başında yer almaktadır. Çin, Japonya, Hindistan ve ABD, maden yataklarının sahip olmaları, en çok çelik üreten ve ihracatçıda başı çekmektedirler. Avrupa demir ve çelik üretim kapasitesi ile bu 4 ülke ile rekabet edememektedir. Demir çelik sektörü emek yoğun bir sektör olması nedeniyle, önemli faktör de ucuz işgücü. Çin ve Hindistan ucuz işgücü nedeniyle demir çelik sektöründe rekabet kazandığı söylenebilir. Sermaye birikimi de küresel ölçekte ülkelerin kabet gücünü arttırır. Demir Çelik Sektörü için devlet teşvikleri, vergi indirimleri, düşük faizli finansal destek ve sübvansiyonlar şeklinde bazı destek uygulamaları sektörün gelişimine önemli katkı sağladığı söylenebilir. (Konak ve Kamacı, 2019, 567-68).

### 3. Küresel Rekabet Endeksi ve Gelişimi

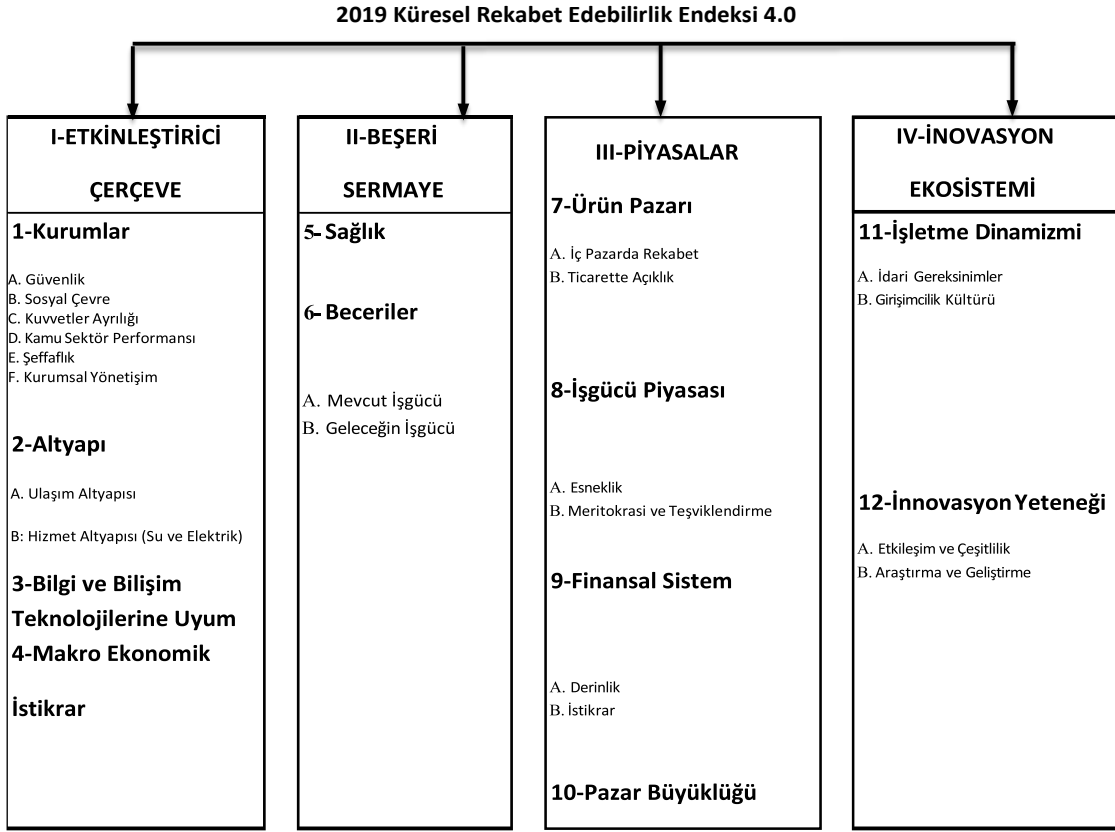
“1979 yılında Clause Schwabs’ın fikrine dayanan ve Dünya Ekonomik Forumu ile işbirliği çerçevesinde Xavier Salai Martin tarafından hazırlanan Küresel Rekabetçilik Raporu, 2005 yılından beri yayımlanmaktadır. Bu yılın raporu 137 ekonomiyi ve 114 kadar küresel göstergelyi kapsamaktadır. Endeksin net yapısı her ülkenin ulusal rekabet gücünü, zayıf ve güçlü yönlerini belirlemede yardımcı olarak politika reformları süreçlerinde yol gösterici olmaktadır” (Küresel Rekabetçilik Endeksi Raporu, 2017 - 2018 Baskısı).

Küresel rekabet artması, Türkiye'nin karşılaştırmalı üstünlüğünün nerede olduğunu incelemek faydalı olacaktır. Karşılaştırmalı üstünlük, ülkelerin, dünyanın geri kalanı karşısında, üretimde görece usta oldukları bu ürünleri ihraç etme eğilimini tanımlamak için kullanılan terimdir. Başka bir deyişle, eğer bir ülke diğer ülkelere göre daha düşük bir nispi maliyetle bir mal üretebilirse, o zaman ticaretle, o ülke kıt kaynaklarının çoğunu o malın üretimine tahsis etmelidir. Ticaret yoluyla, o ülke karşılaştırmalı bir avantaja sahip olduğu mal karşılığında, diğer malları daha düşük bir fiyattan (fırsat maliyeti) elde edebilir (Serin ve Civan, 2008,s.29)

Dünya Ekonomik Forumu (WEF), WEF, uluslararası kaynaklardan elde edilen nicel göstergelerden ve Yönetici Görüşü Anketi verilerinden elde edilen nitel göstergelerden yararlanmaktadır. (Ovalı, 2014:19).

Ülkelerin rekabet edebilirlik (competitiveness) yönünden ölçen iki kuruluş bulunmaktadır. Biri Uluslararası Yönetim Gelistirme Enstitüsü (International Institute for Management Development, IMD) ve diğeri Davos toplantılarını organize eden “Dünya Ekonomik Forumu”dur (World Economic Forum, WEF). Bu her iki kuruluşun da küresel rekabet gücü üzerine yayınladıkları raporların bilimsel bir temele dayandığı genel olarak kabul edilmektedir (Kirankabeş, 2006,S.237).





**Şekil 4:** 2019 Yılı Küresel Rekabet Endeksi 4.0 (KRE-2019)

Kaynak: Dünya Ekonomik Forumu, Ekim 2019

Küresel rekabet Endeksi 2007-2018 yılları arasında 3 ana başlıkta ve 12 alt başlıkta hesaplanmıştır. Her alt başlık aynı öneme sahiptir. Bu 3 seviye aynı zamanda rekabeti 3 seviyeye indirgemektedir. Bunlar; temel faktör odaklı gelişme, etkinlik odaklı gelişme ve yenilikçilik odaklı gelişme olmak üzere 3 seviyeye ayrılmaktadır. KRE rekabet gücü sıralamasında kullandığı bir diğer kaynak ise Dünya Ekonomik Forumu'nun yıllık olarak hazırladığı "Yönetici Görüş Anketi"dir. Bu ankette daha çok niteliksel veriler kullanılır. Anket çalışması içinde bulunan sorular 1 ile 7 arasında bir puan verilecek biçimde yapılmıştır. Bu anketlerde "1" en kötü notu, "7" ise en iyi notu temsil eder. Anket çalışması yaklaşık 150 farklı ülkelerden 150'nin üzerinde ortak kurum aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. 2019 Yılında, 2008 Yılı Küresel krizin üzerinden 10 yıl geçmiş olup, 2011 yılında literatüre giren Endüstri 4.0 etkilerini daha iyi ölçmek için 2019 yılında "Küresel Rekabet Endeksi 4.0" olarak yayınlanmıştır. 4 Ana başlıkta ve 12 alt başlıkta puan ve sıralama yayınlanmaktadır. Puanlama en yüksek 100 olarak revise edilmiştir. Tablo 4: Dünyada Küresel Rekabet Endeksi İlk 15 Ülke Sırası

**Tablo 4:** İlk 15 Küresel Rekabet Endeksi Sıralaması

Sıra -KRE	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019
Singapur	3	2	2	2	2	2	2	3	1
Amerika Birleşik Devletleri	4	5	7	5	3	3	3	2	2
Hong Kong	11	11	9	7	7	7	9	6	3
Hollanda	8	7	5	8	8	5	4	4	4
İsviçre	1	1	1	1	1	1	1	1	5
Japonya	6	9	10	9	6	6	8	9	6
Almanya	5	6	6	4	5	4	5	5	7
İsveç	2	3	4	6	10	9	6	7	8
Birleşik Krallık	12	10	8	10	9	10	7	8	9
Danimarka	9	8	12	15	13	12	12	12	10
Finlandiya	7	4	3	3	4	8	10	10	11
Tayvan	13	13	13	12	14	15	14	15	12
Kore Cumhuriyeti	22	24	19	25	26	26	26	26	13
Kanada	10	12	14	14	15	13	15	14	14
Fransa	15	18	21	23	23	22	21	22	15

Kaynak: Dünya Ekonomik Forumu, Ekim 2019

Dünya Ekonomik Forumu tarafından 2011-2019 yılları arasında açıklanan KRE endeksi sıralamaları Tablo üzerinde yer verilmektedir. Tablo 1'e göre KRE sıralamasında ilk sırada Singapur almış, onu ABD ve Hong Kong takip etmiştir. İlk 10 Çelik üreticisinden ilk 10 rekabetçi listesine 2.ABD, 6.Japonya ve 7.Almanya girmiştir. G.Kore ise 13. Sıradadır.

**Tablo 5:** Rekabet Endeksi Sıralaması (İlk 10 Çelik Üretici Ülke)

Çelik Üretim Sıra	Sıra - Küresel Rekabet Endeksi (KRE)	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019
	ÜLKE SAYISI	134	133	139	142	144	148	144	140	138	137	141
1	Çin	30	29	27	26	29	29	28	28	28	27	28
2	Hindistan	50	49	51	56	59	60	71	55	39	40	68
3	Japonya	9	8	6	9	10	9	6	6	8	9	6
4	ABD	1	2	4	5	7	5	3	3	3	2	2
5	Güney Kore	13	19	22	24	19	25	26	26	26	26	13
6	Rusya	51	63	63	66	67	64	53	45	43	38	43

Kaynak: Dünya Ekonomik Forumu, Ekim 2019

Küresel Rekabet Endeksi sırası incelendiğinden Çin 2008 Yılında 30. sırada iken, 2019 Yılında 28. Sırada yer almaktadır. Hindistan 2008 Yılında 50. Sırada yer alırken 2019 yılında 68. Sıraya düşmüştür. Japonya 2008 Yılında 9. Sırada yer alırken 2019 yılında 6. Sıraya yükselmiştir. ABD 2008 Yılında KRE sıralamasında 1. Sırada iken 2019 yılında 2. Sıraya düşmüştür. G.Kore 2008 Yılında 13. Sırada yer alırken 2019 Yılında da yerini muhafaza etmektedir. Rusya 2008 yılında KRE

51. Sırada yer alırken 43. Sıraya yükselmiştir. Almanya 2008 yılında 7.sırada yer alırken 2019 yılında yerini muhafaza etmektedir. Türkiye 2008 yılında 63. Sırada yer alırken, 2019 yılında 61. Sırada yer almaktadır. Türkiye'nin en iyi rekabet sırası 2013 yılında 43. Sırayı yakalamıştır. Brezilya 2008 yılında 64 sırada iken 2019 yılında 71. Sıraya gerilemiştir. İtalya 2008 Yılında 49. Sırada yer alırken, 2019 yılında 30. Sıraya yükselmiştir. Bu durumda; son 10 yıllık sıralamada, Çin, Japonya, Rusya, İtalya sırasını



yükseltirken, Hindistan, Brezilya KRE sırasında gerilemiş, ABD, G.Kore, Almanya, Türkiye KRE sırasını son 10 yıllık dilimde korudukları söylenebilir.

**Tablo 6:** 2008-2019 Küresel Rekabet Endeksi 4.0 Puanı (İlk 10 Çelik Üretici Ülke)

Çelik Üretim Sıra	Puan - Küresel Rekabet Endeksi (KRE)	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019
	EN ÜST PUAN	7	7	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	100
1	Çin	4,7	4,7	4,8	4,9	4,8	4,8	4,9	4,9	5,0	5,0	73,9
2	Hindistan	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,2	4,3	4,5	4,6	64,4
3	Japonya	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,5	5,5	5,5	5,5	82,3
4	ABD	5,7	5,6	5,4	5,4	5,5	5,5	5,5	5,6	5,7	5,9	83,7
5	Güney Kore	5,3	5,0	4,9	5,0	5,1	5,0	5,0	5,0	5,0	5,1	79,6
6	Rusya	4,3	4,2	4,2	4,2	4,2	4,4	4,4	4,4	4,5	4,6	66,7
7	Almanya	5,5	5,4	5,4	5,4	5,5	5,5	5,5	5,5	5,6	5,7	81,8
8	Türkiye	4,1	4,2	4,2	4,3	4,5	4,5	4,5	4,4	4,4	4,4	62,1
9	Brezilya	4,1	4,2	4,3	4,3	4,4	4,3	4,3	4,1	4,1	4,1	60,9
10	İtalya	4,4	4,3	4,4	4,4	4,5	4,4	4,4	4,5	4,5	4,5	71,5

Tabloda En çok Çelik üreten 10 ülkenin 2008-2019 yılları arasında KRE puanları yer almaktadır. KRE puanı 2008-2018 Yılları arasında 7 üzerinden hesaplanırken 2019 Yılında 100 üzerinden hesaplanmaya başlanmıştır.

**Tablo 7:** 2018-2019 Küresel Rekabet Endeksi 4.0 ve Alt Bileşenleri Sırası (İlk 10 Çelik Üretici Ülke)

		2019 Küresel Rekabet Edebilirlik Endeksi 4.0	1- Çin	2- Hindistan	3- Japonya	4- ABD	5- Güney Kore	6- Rusya	7- Almanya	8- Türkiye	9- Brezilya	10- İtalya
		Ülke Sayısı (2019-ülke sayısı: 141)	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141
<b>4 Ana Unsur</b>		Sıra-Küresel Rekabet Endeksi 4.0 (KRE)	28	68	6	2	13	43	7	61	71	30
<b>I- ETKİNLEŞTİRİCİ ÇERÇEVE</b>	1	Kurumlar	58	59	19	20	26	74	18	71	99	48
	2	altyapı	36	70	5	13	6	50	8	49	78	18
	3	Bilgi ve Bilişim Teknolojilerine Uyum (BİT)	18	120	6	27	1	22	36	69	67	53
	4	Makro Ekonomik İstikrar	39	43	42	37	1	43	1	129	115	63
<b>II-BEŞERİ SERMAYE</b>	5	Sağlık	40	110	1	55	8	97	31	42	75	6
	6	Beceriler	64	107	28	9	27	54	5	78	96	42
<b>III- PİYASALAR</b>	7	Ürün Pazarı	54	101	6	8	59	87	9	78	124	31
	8	İşgücü Piyasası	72	103	16	4	51	62	14	109	105	90
<b>IV- İNOVASYON EKOSİSTEMİ</b>	9	Finansal Sistem	29	40	12	3	18	95	25	68	55	48
	10	Pazar Büyüklüğü	1	3	4	2	14	6	5	13	10	12
<b>IV- İNOVASYON EKOSİSTEMİ</b>	11	İşletme Dinamizmi	36	69	17	1	25	53	5	75	67	43
	12	İnnovasyon Yeteneği	24	35	7	2	6	32	1	49	40	22

Kaynak: Dünya Ekonomik Forumu, Ekim 2019

Tabloda En çok Çelik üreten 10 ülkenin 2018-2019 KRE 4.0 sırası ve 12 alt alt katagörileri yer almaktadır. Çin 2019 yılında 141 ülke arasında 28. Sırada yer almaktadır. En iyi olduğu alt başlıklar Pazar Büyüklüğü ile 1. Sırada yer alırken, İşgücü Piyasasından 72. Sırada, Becerilerde 64. Sırada ve Kurumlar 58. Sırada yer almaktadır. Hindistan 68. Sırada yer almasına karşın Pazar büyüklü katagorisinde 3. Sırada, ancak BİT uyum (Bilgi İletişim Teknoloji) de 120. Sırada, sağlıkta 110. sırada, Beceriler de 107 sırada, Ürün pazarında 101. sırada yer almaktadır. Japonya KPE 6. Sırada olup, en iyi sağlıkta 1., Pazar büyüklüğünde 4., altyapı da 5. Sırada olup, Makroekonomik İstikrarda

42. Sırada, Becerilerde 28.sırada ve kurumlarda 19. Sırada yer almaktadır. ABD KRE de 2. Sırada yer alırken, en iyi İşletme Dinamizmi 1., İnnovasyon Yeteneği 2., Pazar Büyüklüğü 2. Sırada olup, en kötü Sağlıkta 55., Makroekonomik İstikrar 37., BİT uyum 27. Sıradadır. Güney Kore 13. Sırada yer almakta olup en iyi BİT Uyum ve Makro Ekonomik İstikrar 1. Olup, en kötü Ürün Pazarı 59., İşgücü Piyasası 51., Kurumlar 26. Sırada yer almaktadır. Rusya 43. Sırada olup, en iyi Pazar Büyüklüğü 6., en kötü Sağlık 97., Finansal Sistem 95., Ürün Pazarı 87. Sıradadır. Almanya KRE 7.sırada olup, en iyi Makro ekonomik İstikrar ve İnnovasyon Yeteneği ile 1. Olup, en kötü BİT Uyum 36., Sağlık 31., Finansal Sistem 25. Sırada yer almaktadır. Türkiye KRE de 61 sırada olup, en iyi Pazar Büyüklüğünde 13. Sırada olup Makro ekonomik İstikrarda 129., İşgücü Piyasası 109., Beceriler ve Ürün Pazarında 78. Sıradadır. Brezilya 71.sırada olup, en iyi Pazar Büyüklüğü 10. Sırada, en kötü Ürün Pazarı 124., Makro ekonomik İstikrar 115., İşgücü Piyasası 105. Sırada yer almaktadır. İtalya 30. Sırada olup, en iyi Sağlıkta 6., Pazar Büyüklüğü 12., en kötü İşgücü Piyasasında 90., Makro ekonomik İstikrar 63., BİT uyum 53. sıradadır.

Kurumlarda en iyi Almanya 18., en kötü Brezilya 99. Sıradadır. Altyapıda en iyi Japonya 5., en kötü Brezilya 78. Sıradadır. BİT Uyumda en iyi G.Kore 1., en kötü Hindistan 120. Sıradadır. Makroekonomik İstikrarda en iyi Almanya ve Güney Kore 1., en kötü Türkiye 129.sıradadır. Sağlıkta en iyi Japonya 1., en kötü Hindistan 110. Sıradadır. Becerilerde en iyi Almanya 5., en kötü Hindistan 107., Ürün Pazarında en iyi Japonya 6., en kötü Brezilya 124., İşgücü Piyasasında en iyi ABD 4., en kötü Türkiye 109. Sıradadır. Finansal Sistemde en iyi ABD 3., en kötü Rusya 95. Sırada, Pazar Büyüklüğü en iyi Çin 1., en kötü Güney Kore 14. Sıradadır. İş Dinamizmi en iyi ABD 1., en kötü Türkiye 75., İnnovasyon Yeteneği en iyi Almanya 1., en kötü Türkiye 49. Sıradadır.

Endüstri 4.0 en önemli maddesi olabilecek BİT uyum Güney Kore 1., Japonya 6., Çin 18., Rusya 22., ABD 27., Almanya 36., İtalya 53., Brezilya 67., Türkiye 69. Ve Hindistan 120. sırada yer almaktadır. Endüstri 4.0 sadece BİT benimseme ile ilerlenmez ancak, bize bir veri sunmaktadır. Rekabet avantajı sağlamak için 12 alt başlıktada iyi olmak gerekir. Eksik yönlerin bir an önce giderilmesi gerekir.

Türkiye demir çelik sektörünün uzun mamul grubundanda katma değeri düşük rekabet avantajlı, yassı mamul grubundanda katma değeri yüksek rekabet dezavantajı bulunmaktadır. Türkiye yassı mamul üretiminin yetersiz olması ve üretilen yassı çelik üretimi iç talebi karşılayamamaktadır. Sektör teknoloji ve alt yapı olanakları yassı mamul üretimi için yeterlidir. Kapasitenin etkin kullanılamamasının nedeni arasında, Bağımsız Devletler Topluluğu ülkelerinden ithal edilen yassı mamullerin yurt içi üretimden oldukça ucuz gelmektedir. Enerji, hammadde ve işgücü maliyetlerinin yüksek oluşu Türkiye'nin küresel piyasalarda rekabet edebilirliğini zorlaştırmaktadır.





Üretim için gerekli hurda demirin %70'i ve demir cevherinin %40'ı ithal edilmektedir. Türkiye ham maddede olduğu gibi enerjide de dışa bağımlılık, sektörün küresel ölçekli dalgalanmalardan etkilenmesine neden olmaktadır. Çin tehdidinden dolayı AB ülkeleri ve dünyadaki diğer büyük demir çelik üreticisi ülkelerin kendi üreticilerini koruma amaçlı bazı önlemler almaları, Türkiye demir çelik sektörünü olumsuz etkilemektedir. Küresel piyasalarda rekabet edebilirliğini artırmak için, mevcut kaynakların etkin kullanımı ve yerli enerji kaynaklarının devreye sokulması son derece önemlidir. Üretilen demir Çelik mamüllerinin uzun mamullerden yassı mamullere doğru kaydırılması, maliyetleri artırıcı yüksek vergi ve benzeri mali yükümlülüklerin hafifletilmesi ve katma değeri yüksek mamullerin üretimi konusunda devlet teşvikleri artırılması gerekmektedir (Çeştepe ve Tunçel, 2018, S.127-128).

#### 4. Endüstri 4.0, Çelik 4.0, Lojistik 4.0

1. Sanayi Devrimi 1784 ilk buharlı makine bulunması, 2. Sanayi Devrimi 1870 Elektrik ve seri üretime başlanması, 3. Sanayi Devrimi 1969 otomasyon ve mantıklayıcı destekleyiciler, 4. Sanayi Devrimi ise 2011 Yılında Siber Fiziksel sistemlere geçiş olarak kabul ediliyor. Endüstri 4.0 ana konuları bulut bilişim, büyük veri, endüstriyel internet ağları, yapay zeka, siber güvenlik, modelleme, simülasyon, otonom robotlar ve yenilikçi sensörler, artırılmış gerçeklik, 3 boyutlu yazıcılar, sanal gerçeklik olarak özetlenmektedir (Tubitak, Ekim 2019)

Endüstri 4.0 ile birlikte 9 teknolojik ilerleme geleceğin sanayi üretimini şekillendirecektir. Akıllı robotlar, simülasyon, yatay/dikey yazılım entegrasyonu, nesnelerin interneti (donanım entegre sensörler ağı), siber güvenlik, bulut, eklemeli üretim (örnek 3D yazıcı), zenginleştirilmiş gerçeklik, büyük veri ve analizi (Tusiad, Ekim 2019).

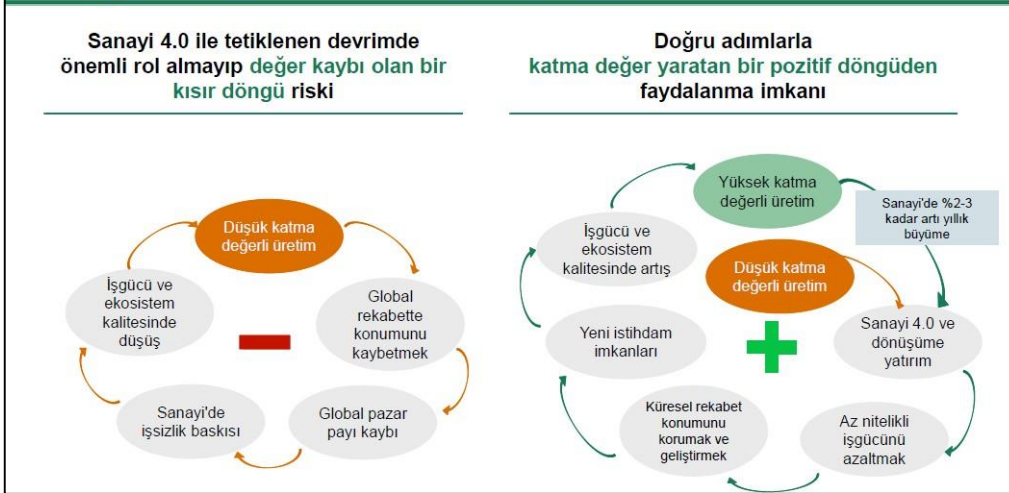
Endüstriyel 4.0" kavramı ilk olarak Alman hükümeti tarafından Kasım 2011'de yayınlanan ve 2020 için bir yüksek teknoloji stratejisi olarak yayımlanan bir makalede ortaya çıktı. Nisan 2013'te, "Endüstri 4.0" terimi, Hannover Almanya ve hızla Alman ulusal stratejisi olarak yükseldi ( Zhou, Liu, Zhou, 2015).

"Teknolojik gelişimle birlikte değişen tüketim yapıları ve yenilenen iş modelleri, işletmelere değişen teknolojileri hızla bünyelerine uyarlama zorunluluğu getirmekte. Üretim ve tüketim kültürü bu denli değişirken işletmelerin ihtiyaç duyduğu eleman yapıları da değişmekte ve bu nedenle bazı meslekler yavaş yavaş kaybolurken geleceğin meslekleri diyebileceğimiz yeni meslekler ortaya çıkmaktadır. Tüm bu gerekçelerle bu yılki raporun tema konusu da Endüstri 4.0 ışığında İşletmelerde Dijitalleşme olarak belirlenmiştir (Amca, Süreç, Çerkez, 2019 ,S.7)

Lojistik 4.0 kavramı da Endüstri 4.0 paralel olarak lojistik faaliyetlerin evrilmesi anlamına gelmektedir. Lojistik 1.0 18. Yüzyılda Buharlı makineler ile birlikte taşımada buharlı gemi ve lokomotiflerin kullanılması, Lojistik 2.0 19. Yüzyıl Elektrik enerjisi ile seri üretim ve taşıma sistemlerinin otomasyonu, Lojistik 3.0 1969 itibaren bilgisayar ve bilişim teknolojilerinin lojistik yönetim sistemlerinde otomatik kargo ve gümrükleme sistemine geçilmesi, Lojistik 4.0 2011 yılından itibaren internetin kullanımı ile nesnelerin internet devrimi, RFID sistemler, siber fiziksel sistemler ve veri yönetimi olarak özetlenebilir (Galindo, 2016, S.25)

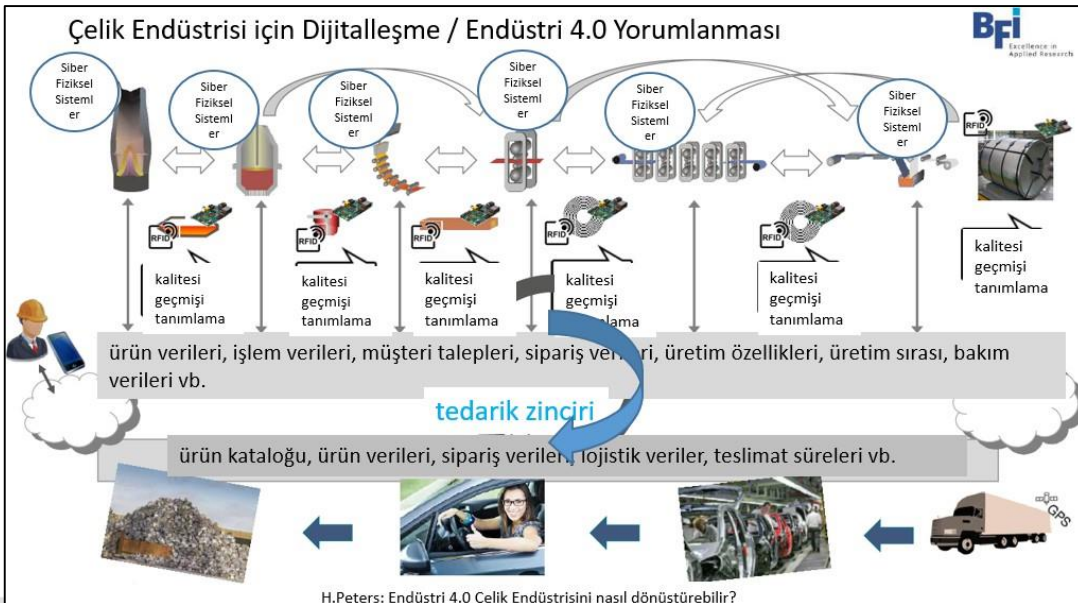


## Sanayi 4.0 Türkiye için düşük katma değerli üretim kısır döngüsünü kırmak adına önemli bir fırsat



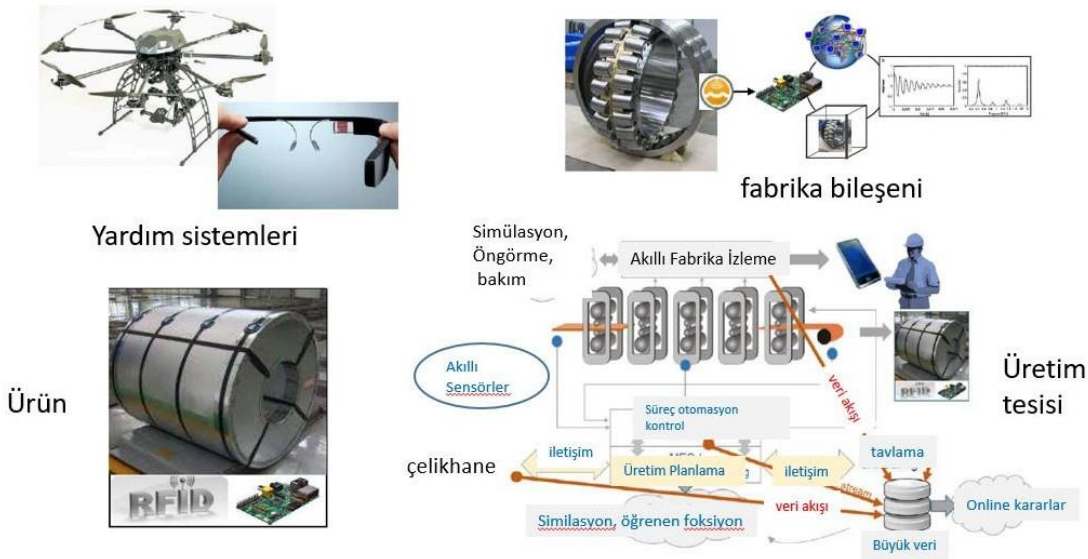
Şekil 5: Sanayi 4.0'ın Türkiye Açısından Rolü  
Kaynak: Tusiad, Ekim 2019

Türkiye'nin küresel rekabetçiliğinde yaşanacak olası bir zayıflama, küresel pazar payının düşmesine yol açacak ve beraberinde artan işsizlik ve azalan işgücü kalitesini getirecektir. Bu durumda, Türkiye yatırımlarının düşük seyrettiği, düşük katma değerli üretim yapılan bir ekonomik kısır döngüye doğru kayacaktır. Diğer yandan kararlı Sanayi 4.0 yatırımları ile küresel rekabet gücünde çığır açacak değişiklikler yaratmaya çalışır ise, küresel değer zincirinden daha fazla pay alarak kaliteli işgücü istihdamında da artışa zemin hazırlayacaktır (Tusiad, Ekim 2019).



Şekil 6: Çelik Üretiminde Dijitalleşme ve Endüstri 4.0

## Çelik Endüstrisinde Olası “Siber Fiziksel Sistemler



**Şekil 7:** Çelik Endüstrisinde Olası Siber Fiziksel Sistemler

Kaynak: Prof. Dr. Harald Peters, How could Industry 4.0 transform the Steel Industry? Future Steel Forum, Warsaw, 14.-15.6.2017  
<https://futuresteelforum.com/content-images/speakers/Prof.-Dr.-Harald-Peters-Industry-4.0-transform-the-steel-industry.pdf>

Şekilde görüldüğü üzere Endüstri 4.0 ilk aşaması olan Siber fiziksel sistemlere geçiş, Büyük veri, endüstriyel internet ağlarının genişletilmesi, nesnelerin internet vb. yani üretimin dijitalleşmesi ile Çelik Endüstrisinde de Endüstri 4.0 geçişi sağlanarak Çelik 4.0 (Steel 4.0) ile rekabet avantajı elde edilebilecektir. İlk etapta Siber Fiziksel sistemler geçiş, Dijital dönüşümün tamamlanması, RFID, nesnelere internet, büyük veri, akıllı sensörler, artırılmış gerçeklik, simülasyon, GPS gibi sistemler önem arz etmektedir

## 5. Sonuçlar ve Öneriler

Özellikle 1990'lı yıllardan sonar soğuk savaş bitmesi ve küresel ticaretin artması ile birlikte internet ve mobil teknoloji Demir Çelik sektörünü de etkilemektedir. Endüstri 4.0 dünya ticaretini, Endüstrileri, Üretim Şekillerini, Lojistiği, Toplumunu, Sağlık, Eğitimi, Tarımı etkilemeye başlamıştır. Endüstri 4.0 (Similasyon, Akıllı Robotlar, Yatay-Dikey entegrasyon, Nesnelerin interneti, dijitalleşme, siber güvenlik, otomasyon, bulut bilişim, 3D baskı, sürücüsüz araçlar, yapay zeka, otonom robotlar, sensörler, kablosuz iletişim teknolojileri, büyük veri, akıllı fabrika, akıllı şehirler vb.) Genel olarak işletmelerin teknolojiyi yakından takip ederek değişime ayak uydurması ve endüstri 4.0 kapsamında teknolojik değişimi hızlandırıcı altyapıyı kurması, endüstriyel internet, nesnelerin interneti, yani akıllı sensör ve sistemleri yaygınlaştırarak üretim sistemlerini gözden geçirmeleri gerekmektedir. Endüstri 4.0 kapsamında firmalar Dijitalleşme, Akıllı Üretim, Akıllı Fabrika, lojistik yönetim süreçlerini, stok ve depo yönetimi, 3D depolar, büyük veri, bulut teknolojisini müşteri ihtiyaçları doğrultusunda yapılandırmaları rekabet avantajı sağlayacaktır. Endüstri 4.0 ile birlikte bilişim teknolojilerinin demir Çelik endüstrisinde rekabetçi çözümler sunacağı ve verimliliği artıracığı düşünülmektedir.

2018-2019 Küresel Rekabet Endeksi 4.0 göre en rekabetçi ABD 2., Japonya 6., Almanya 7., G.Kore 13., Çin 28., İtalya 30., Türkiye 61., Hindistan 68., Brezilya 71.

Sırada yer almaktadır. En çok çelik üreten ülkeler sırasıyla, Çin 1., Hindistan 2., Japonya 3., ABD 4., G.Kore 5., Rusya 6., Almanya 7., Türkiye 8., Brezilya 9., İtalya 10. sırada yer almaktadır. Rekebet avantajı sağlayan bir başka kitle ekonomisidir. Yani ne kadar çok üretilirse, genel giderlerde birim başına düşen maliyet düşecektir. Bu da rekabet avantajı sağlayacaktır. Diğer Rekabet avantajları, Coğrafya, İklim, Beşeri Sermaye, teknoloji ve kaynaklar vb dir. Bir değer faktör de kurumlar, Altyapı, Sağlık, Eğitim Becerileri, vergi sistemi, teşvikler, İthalat ve ihracat kolaylıkları devlet tarafından verilebilecek rekabet avantajlarıdır.

Demir çelik sektörü inşaat, altyapı, otomotiv, beyaz eşya, makine sanayi, savunma, ulaştırma, ev eşyası gibi pek çok sektöre girdi sağlayarak lokomotif sektör olma özelliğine sahiptir. Dünya da Endüstri 4.0 ile birlikte ticaret, üretim ve tüketim yeniden dizayn edilmektedir. Endüstri 4.0 ayak uyduran ve geçen şirketler gelecekte ayakta kalacak ve rekabet avantajı sağlayacaktır. Dünyanın %51 ile en çok çeliğini üreten Çin, 2. Sırada bulunan Hindistan, 3. sırada bulunan G. Kore her yıl üretim kapasitesini artırmaktadır. İlk 10 olmasa da ilk 20 de bulunan İran, Tayvan, Ukrayna, Vietnam üretimlerini her yıl artırdıkları gözlenmektedir. Dünyada Üretilen Çeliğin %70,8 BOF (Bazik Oksijen Fırını) yani cevherden, %28,8 de EO (Elektrikli ocaklarda) yani hurdadan üretilmektedir. EO ile (Hurdadan) Çelik üretimleri Türkiye %69,1, ABD %68, İtalya %81,6 ile en önde yer almaktadır. Dolayısı ile Türkiye'nin daha iyi rekabet avantajı sağlamak için BOF yani cevherden üretim oranını artırması gerektiği söylenebilir. Çünkü Hem hurda hem de enerjide dışa bağlı bir ülkedir. Cevher ile üretimde enerji avantajı sağlanabilecektir. Ayrıca Çelik üretiminin artması istihdam olanaklarını, lojistik avantajı sağlayacaktır.

Demir çelik üretiminin artması, İthalat bağımlı olan Türkiye demir Çelik söktörüne ihracata yönlendirecektir. Bu durum, lojistik ve tersine lojistikte artmasına, istihdamın artmasına, ihraç edilebilecek mal ve hizmetlerimizin artmasına ön ayak olma potansiyele sahiptir. Türkiye'nin en çok ihraç ettiği ürünün de otomobil ve yedek parçaları olduğu düşünülürse ve demir çelik sektörü güçlü rekabet ve maliyet avantajı sağlaması, Türkiye'nin dünyada hatırı sayılır ihracat yapabilen ülkeler konumuna getirme imkanı olabilecektir. Türkiye'de sanayileşmenin sürdürülebilmesi için temel sanayi sektörlerinden biri olan Demir Çelik sektörünün rekabetine ve büyümesine bağlıdır. Sürdürülebilir bir rekabetle büyücek Demir Çelik sektörü, teknoloji ve endüstri 4.0 da uygulayarak rekabet avantajı sağlaması kaçınılmazdır. Türkiye Dünyada en çok Çelik üreten ülkeler içinde 2000 Yılında 17. Sırada iken, 2008 de 11. Sıraya yükselmiş ve 2012 yılında 8. sıraya gelmiştir. Ancak 2012 Yılından buyana kayda değer bir üretim artışı görülmemektedir. Bir an önce üretim ve ihracatın artırılarak kitle ekonomisin verdiği rekabet avantajından faydalanarak ve teknolojiyi de kullanarak rekabetini sürdürülebilir kılması gerekmektedir. Dünyada ile 110 Şirkette sadece Erdemir Grubu 45. Sırada, İçdaş 86. sırada, Habaş 93. sırada ve Tosçelik 101. sıradadır. Türkiye dünyada üretimde ilk 10 yer almaya devam edecekse, Şirketlerini dünya ile rekabet edilebilir, altyapı, destekler, mevzuatlar, teşvikler,vb. önünü açması ve en çok çelik üreten ilk 10, ilk 50, de şirketler çıkaracak stratejiler geliştirmelidir. Türkiye Avrupa ile Asya arasında köprü durumunda, Afrikaya yakın, 3 tarafı denizlerle çevreli, Uygun iklim özellikleri ve coğrafyası ile Endüstrinin temeli konumundaki Demir Çelik sektörünü geliştirerek, üretimi artırarak, teknoloji ve Endüstri 4.0 kullanarak endüstrileşmiş ve gelişmiş ülkelerle rekabet avantajı sağlayabilecektir.



## KAYNAKÇA

- Çelik Üreticileri Derneği, <http://celik.org.tr/>
- Dünya Çelik Birliği (Worldsteel), <https://www.worldsteel.org/>
- Aynaoglu Y. (2018). Küresel Rekabet Endeksi İle İnovasyon ve Makroekonomik Göstergeler Arasındaki İlişkinin Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Pamukkale Üniversitesi.
- Dünya Ekonomik Forumu (2019). Global Competitiveness Index Report. <https://www.weforum.org/reports/how-to-end-a-decade-of-lost-productivity-growth>
- Ovalı S. (2014). Küresel rekabet gücü açısından Türkiye'nin konumu üzerine bir değerlendirme. Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi, 13(13), 17-36.
- Zhou K., Liu T., Zhou L. (2015). Industry 4.0: Towards Future Industrial Opportunities and Challenges, 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD),
- Prof. Dr. Harald Peters, How could Industry 4.0 transform the Steel Industry? Future Steel Forum, Warsaw, 14.-15.6.2017 <https://futuresteelforum.com/content-images/speakers/Prof.-Dr-Harald-Peters-Industry-4.0-transform-the-steel-industry.pdf>
- Tubitak (2016). Yeni Sanayi Devrimi Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası, 2016
- Tubitak, Üretimde Dijital Dönüşüm, Ekim 2019
- Galindo L. D., (2016), The Challenges of Logistics 4.0 for the Supply Chain Management and the Information Technology, S.25,
- Göçmen E. ve Erol R. (2018).Türk Lojistik Firmalarından Birinde Endüstri 4.0'a Geçiş, International Journal Of 3d Printing Technologies And Digital Industry 2:1
- Bilgiç E. ve Esen M. F. (2018). Endüstri 4.0 Işığında Veri Madenciliği Ve Pazarlama: Literatür Taramasıyla Son Gelişmeler, Yeni Trendler, İşletme Ekonomi Ve Yönetim Araştırmaları Dergisi Yıl: 2018 Sayı: 2 / 21 – 29.
- Öztemel E. ve Gürsev S. (2018). Türkiye'de Lojistik Yönetiminde Endüstri 4.0 Etkileri ve Yatırım İmkanlarına Bakış Üzerine Anket Uygulaması, Marmara Fen Bilimleri Dergisi 2018, 2: 157-168.
- Kırankabeş M. C., (2006), Küresel Rekabet Gücü Boyutunda AB Ülkeleri İle Türkiye'nin Karsılaştırılmalı Analizi, Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi, Sayı 16, Aralık 2006, S 237.
- Amca H., Süreç Y., Çerkez A. (2019), Kuzey Kıbrıs Rekabet Edebilirlik Raporu 2018-2019, S.7.
- Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gereklilik Olarak Sanayi 4.0, Yayın No: TÜSİAD-T/2016-03/576, Mart 2016, S. 25-37
- Küresel Rekabetçilik Endeksi Raporu, 2017 - 2018 Baskısı, <http://www.adaso.org.tr/WebDosyalar/K%C3%9CRESSEL%20REKABET%C3%87%C4%B0L%C4%B0K%20ENDEKS%C4%B0%20RAPORU%2004.01.2018.pdf>
- Çeştepe H., Tunçel A. (2018). Türkiye Demir Çelik Sektörünün Uluslararası Rekabet Gücü, International Congress on Social Sciences II (INCSOS 2018 Qud, Volume 13/15, Spring 2018, p. 113-129
- Serin V., Civan A. (2008). "Revealed Comparative Advantage and Competitiveness: A Case Study for Turkey towards the EU", Journal of Economic and Social Research 10(2) 2008, 25- 41, s.29
- Konak A., Kamacı A. (2019). Effects Of Iron-Steel Sector On Global Competition, Economic Growth And Unemployment, Yönetim ve Ekonomi Yıl:2019 Cilt:26 Sayı:1, Manisa Celal Bayar Üniversitesi İ.İ.B.F, 567-68).
- Demir Çelik Sektör Raporu (2019), Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Sanayi ve Verimlilik Genel Müdürlüğü



## Investigation of the Effects of Accessible Traffic Calming and Flow Improvement Applications on Traffic

**Kadir Berkhan Akalin** | Department of Civil Engineering, Eskisehir Osmangazi University, Eskisehir, Turkey, [kbakalin@ogu.edu.tr](mailto:kbakalin@ogu.edu.tr)

**Çağdaş Kara** | Department of Civil Engineering, Eskisehir Osmangazi University, Eskisehir, Turkey, [ckara@ogu.edu.tr](mailto:ckara@ogu.edu.tr)

**Abdulkadir Özden** | Department of Civil Engineering, Eskisehir Osmangazi University, Eskisehir, Turkey, [aozden@ogu.edu.tr](mailto:aozden@ogu.edu.tr)

### Keywords:

Pedestrian Priority  
Transportation,  
Environment and  
Human-Friendly  
Transportation,  
Traffic Calming,  
Traffic Management,  
Sustainable  
Transportation

### ABSTRACT

Proving public transportation and pedestrian priority systems is one of the most important elements of urbanization. In this context, in many developed and developing countries, especially pedestrian and bicycle safety has been prioritized and related applications have been developed and the use of environment and human-friendly transportation systems has been expanded. In this study, some traffic calming applications that can be applied in the vicinity of university campuses, schools, hospitals and health centers, where pedestrian priority and safety should be at the highest level, were evaluated. The current situation of the intersection in the analysis region determined within the scope of the study and the scenarios with different intersection types are examined and analyzed in terms of traffic indicators such as delay, service capacity, emission values and using micro scale traffic simulation program -Synchro 10. As a result of the analysis, it is revealed that the design of the roundabout with raised pedestrian crosswalks (RPC) which is one of the human-friendly traffic calming methods, both increases traffic safety in the areas where pedestrian traffic is heavy and provides flow improvement.

## Erişilebilir Trafik Sakinleştirme ve Akım İyileştirme Uygulamalarının Trafığe Olan Etkilerinin İncelenmesi

### Anahtar Sözcükler :

Yaya Öncelikli  
Ulaşım, Çevre ve  
İnsan Dostu Ulaşım,  
Trafik Sakinleştirme,  
Trafik Yönetimi,  
Sürdürülebilir Ulaşım

### Öz

Kentleşmenin en önemli unsurlarından biri olarak toplu taşıma ve yaya öncelikli ulaşım sisteminin sağlanması gösterilmektedir. Bu kapsamda birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülkede, özellikle yaya ve bisiklet güvenliği ön planda tutulmuş ve bunlarla ilgili uygulamalar geliştirilerek, çevre ve insan dostu ulaşım sistemlerinin kullanımı yaygınlaştırılmıştır. Bu çalışmada, yaya önceliği ve güvenliğinin en üst seviyede olması gereken üniversite yerleşkeleri, okullar, hastaneler ve sağlık merkezleri çevresinde yapılabilecek bazı trafik sakınleştirme uygulamaları ve bunların trafiğe olan etkileri hakkında değerlendirmeler yapılmıştır. Çalışma kapsamında belirlenen analiz bölgesindeki kavşağın mevcut durumu ve oluşturulan farklı kavşak tiplerine sahip senaryolar incelenerek gecikme, hizmet kapasitesi, emisyon değerleri gibi trafik göstergeleri açısından, Synchro 10 mikro ölçekli trafik benzetim programı kullanılarak analizler yapılmıştır. Analizler sonucunda insan dostu trafik sakınleştirme yöntemlerinden olan yükseltilmiş yaya geçitleri ile birlikte uygulanacak dönel kavşak tasarımının yaya trafiğinin yoğun olduğu bölgelerde hem trafik güvenliğini artırdığı, hem de akım iyileşmesi sağlayabildiği görülmüştür.

Cite this article as

Akalin, K. B., Kara, Ç., & Özden, A. (2019). Erişilebilir Trafik Sakinleştirme ve Akım İyileştirme Uygulamalarının Trafığe Olan Etkilerinin İncelenmesi. *Journal of Transportation and Logistics*, 4(2), 107-118. doi: 10.26650/JTL.2019.04.02.05



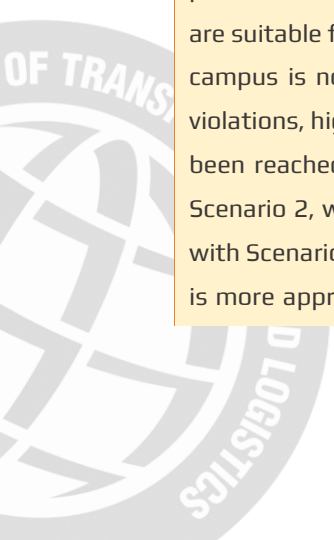
## Extended Abstract

### Investigation of the Effects of Accessible Traffic Calming and Flow Improvement Applications on Traffic

**Purpose of the study:** One of the most important elements of urbanization is providing public transportation and pedestrian priority systems. In this context especially pedestrian and bicycle safety has been prioritized and related applications have been developed and the use of environment and human-friendly transportation systems has been expanded in many developed and developing countries. In this study, evaluations related to some traffic calming applications that can be applied in the vicinity of university campuses, schools, hospitals and health centers, where pedestrian priority and safety should be at the highest level, have been made within the scope of their effects on traffic. In this context, the effects of accident and congestion-reducing and pedestrian, cycling and disabled-friendly applications on traffic were evaluated for the existing intersection with small traffic circle (mini roundabout) in Eskisehir Osmangazi University (ESOGU) Central Campus, which has the Hospital of Medicine Faculty and the Oral and Dental Health Center of Dentistry Faculty.

**Method:** At intersection with small traffic circle or mini roundabout, drivers may experience hesitation in terms of right of way. However, in general, there is a right of way boundary crossing for vehicles within the intersection in order to avoid congestion. At non-signalized four-leg intersections, if all legs have the same characteristics and there is no traffic sign, vehicles coming from the right has the right of way. In this case safety level is the lowest. Roundabouts have the highest level of safety among non-signalized intersection types, where drivers need to slow down reflexively when they approach the intersection, where all motorized and non-motorized vehicles including bicycles have the right of way, where it is required to give way to pedestrians while entering and exiting the intersection. Four different cases (Current Status: Four-leg small traffic circle intersection, Scenario 1: Rearrangement as roundabout, Scenario 2: Rearrangement as signalized intersection with optimum cycle time, Scenario 3: Rearrangement as roundabout with raised Pedestrian crosswalk -RPC) for the analysis zone were examined using micro-scale traffic simulation program -Synchro 10 for the intersection in the analysis region and evaluations were made in terms of traffic indicators such as delay, service capacity and emission values. The traffic volumes used in the simulation program were obtained from the traffic counts at the intersection in the analysis region at the peak hour (16:45-17:45) of the evening.

**Results:** The best values in terms of the number of vehicles entering and exiting the system according to traffic flow continuity and intersection capacities were obtained from Scenario 3. In addition, Scenario 2 provides the most appropriate results for other values such as stopping delay time, fuel usage and emission per vehicle. Signalized intersections that create a regular traffic flow increase the intersection capacity and are suitable for pedestrian safety. However, it is considered that the signalized intersections in the university campus is not suitable due to the fact that the fixed time signal system causes extra delays, red light violations, high maintenance and energy costs. In terms of delay time per vehicle, the maximum values have been reached at the current intersection design. The best delay time values are obtained in Scenario 2. Scenario 2, which is the best in terms of performance criteria except for emissions, provides close results with Scenario 1 and 3. Although the most appropriate results are obtained from Scenario 2, Scenario 1 or 3 is more appropriate when considering pedestrian and traffic safety, construction and maintenance costs



and delays in off-peak hours. Although the results obtained from Scenario 1 seem to be better than the results obtained from Scenario 3, pedestrians will have safety problems during crossing because of the increase of the wider intersection width. Therefore, it is recommended to include RPC and traffic signs/flash beacons to force drivers to decelerate where pedestrian traffic is heavy.

**Conclusion:** When the results of the simulation analysis are examined, although Scenario 2 (signalized intersection with optimum cycle time) seems to be a safe, economic and environmental solution, there would be an increase in delay time during off-peak hours. Waiting in vain can result in red light violations by both vehicle drivers and pedestrians and can significantly reduce traffic safety. Also, this scenario will not be an economical solution considering both the installation and maintenance/repair costs of the signaling system. In the light of these indicators, in areas where pedestrian, disabled and cycling safety should be at a high level; Scenario 3 (roundabout with RPC) is the most appropriate design in terms of security, economy and environmental indicators. RPC will both ensure that pedestrians, disabled and cyclists cross the road without getting down the pavement, while at the same time forcing drivers to reduce their speed and thus provide maximum safety. In this context, roundabouts that will be designed with RPC will increase traffic safety and provide traffic flow improvement within the scope of pedestrian, disabled and bicycle friendly applications.





## 1. Giriş

Günümüzde sürdürülebilir ulaşım ve trafik problemlerinin çözümü konusunda yapılan araştırmalar giderek yaygınlaşmaktadır. Kentleşmenin en önemli unsurlarından bir tanesi; toplu taşıma ve yaya öncelikli bir ulaşım sisteminin sağlanması olarak gösterilmektedir (He ve diğ., 2016; Jain ve diğ., 2017; Karim, Daissaoui, & Boulmakoul, 2017). Dünya üzerinde trafik sıklığının her sene milyarlarca dolara mal olduğu tahmin edilmektedir. Trafik sıklığı, özellikle büyük ve kalabalık şehirlerde can kayıpları, gürültü ve çevre ve kirliliği gibi hayatı olumsuz etkileyen olguları beraberinde getirmektedir (Coric & Gruteser, 2013). Türkiye’de nüfus hızla artarken, sosyo-kültürel yapı da gelişmektedir. Bu gelişim beraberinde özellikle büyük ölçekli kentlerde trafik hareketliliğinin artmasına ve mevcut ulaşım sistemlerinin etkinliğini azalmasına sebep olurken, yeni sistemlerin geliştirilmesi veya düzenlenmesi ihtiyacı doğurmaktadır (Gündüz, Mehmet, & Aydemir, 2011; Akman & Alkan, 2016). Bu kapsamda birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülkede, özellikle yaya ve bisiklet güvenliği ön planda tutulmuş ve bunlarla ilgili uygulamalar geliştirilerek, çevre ve insan dostu ulaşım sistemlerinin kullanımı yaygınlaştırılmıştır. Bütün bu gelişmeler dikkate alındığında, ülkemizde de yaya, engelli ve bisikletli öncelikli sürdürülebilir uygulamaların desteklenmesi ve yaygınlaştırılması gerektiği sonucu ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte, yaya ve bisiklet güvenliği konusu üzerine çalışmalar ve uygulamalar giderek yaygınlaşmaktadır (Zegeer & Bushell, 2012; Ferenchak ve diğ., 2019; Turner ve diğ., 2019). Yaya öncelikli ve yayaaların güvenliğinin üst düzeyde sağlandığı bir ulaşım sisteminin temelinde sürücülerin eğitimi ve uyumu yer almaktadır. Ancak bunun kısa vadede kolay olmadığı ve insanların yetenekleri ile davranışlarının farklı olduğu düşünülürse, bazı yaptırımlar ve trafik sakinleştirme yöntemleri, bu güvenlik önlemlerinin alınması kapsamında uygulanabilmektedir.

Bir kavşakta en önemli parametre güvenlidir. Eşdüzey kavşak kesişimlerinde akım özellikleri genellikle kavşakta kapasite ve gecikme değerleri ile doğrudan ilişkilidir. Kapasite, kavşaktan geçebilecek araç sayısı; gecikme ise kavşağı kullanan tüm araçların kuyrukta bekleme veya kavşağı yaklaşırken yavaşlama hareketlerinden oluşan zaman kayıplarını ifade etmektedir (HCM, 2010). Diğer önemli parametrelerden biri olan durma gecikmesi, bir kavşak yaklaşımında aracın hareketsiz kaldığı süre olarak ifade edilmektedir (Olszewski, 1993).

Bir çalışmada, davranış modellerini yansıtan güvenlik ve konfor parametreleri kullanılarak, yükseltilmiş yaya geçitlerinin (YYG) geometrik tasarımı optimize edilmeye çalışılmıştır. Sokak genişliği, rampa uzunlukları, üst tabla uzunluğu ve yüksekliği özellikleri değişkenlik gösteren 23

YYG üzerinde nokta hız etüdü yapılarak en uygun geometriler belirlenmiştir (Mohammadipour & Alavi, 2009).

Litvanya’nın farklı yerleşim bölgelerinde yapılmış, farklı tipteki hız kesicilerin analiz edildiği bir çalışmada, hız kesici çevresindeki partikül madde içeren hava kirlilik değerleri incelenmiştir. Araştırmaya göre, farklı araç sayısı ve farklı bağıl nem miktarlarındaki partikül kirlilikleri değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, Trapez YYG’lerin çevresinde kirlilik %55,7 artarken ve plastik hız kesici kasis çevresinde %58,6 artmıştır (Baltrėnas, Januševičius, & Chlebnikovas, 2017).



İsrail’de yaya güvenliğine yönelik çözümlerin değerlendirildiği bir çalışmada, literatür incelemeleri sonucunda, kazaların %80’inin yaya geçidi olmayan bölgelerdeki geçişlerde olduğu tespit edilmiştir. Buradan yola çıkılarak, çalışma kapsamında 95 bölgede detaylı analizler yapılmıştır. Sonuç olarak, araç-yaya kesişmelerini ve araç hızlarını azaltmaya yönelik çalışmaların artırılması gerektiği görülmüştür. YYG’lerin trafik kazalarının ve araç hızlarının azaltılmasında etkin olduğu da çalışma sonuçlarında bahsedilmiştir (Gitelman ve diğ., 2012).

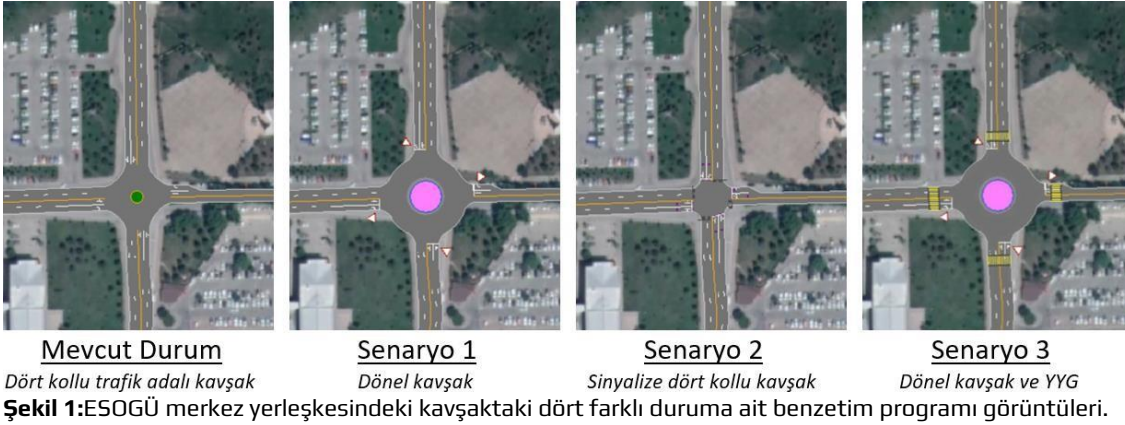
Bazı ülkeler, yaya güvenliği konusunda ciddi yaptırımlar uygulamaya başlamışlardır. Türkiye de bu ülkelerden biri olarak, 2019 yılını “Öncelik Hayatın, Öncelik Yayanın” sloganıyla “Yaya Önceliği Yılı” olarak ilan etmiştir. 2918 sayılı Karayolları Trafik Kanunu’nun 74’üncü maddesinde 26 Ekim 2018 tarihinde yapılan değişiklikle; yaya önceliği ve güvenliğine dair yasal düzenleme getirilmiştir (Resmî Gazete, 2018). Ancak bu yasal düzenlemelerden hemen sonra birçok ülkede olduğu gibi Türkiye’de de kaza sayılarında artış gözlemlenmiştir. Bu kazaların artışında, yayaların düzenlemelerden dolayı edindikleri güvenlik hissi nedeniyle trafikte hatalı davranışlarda bulunmaları ve sürücülerin uyum sağlayamamaları sebep olarak gösterilebilir (Leden, Gårder, & Johansson, 2006). Bu noktada, yaya ve araç görünürlüğünün artırılması ve hız azaltıcı uygulamaların yaygınlaştırılması gibi etkili önlemler alınmalıdır. Bu tedbirlerin özellikle yaya ağırlıklı okul çevresi, üniversite yerleşkeleri, hastaneler ve yoğun kent içi bölgelerde alınmasıyla birlikte kazaların azalması konusunda fayda sağlamaktadır (Huang & Cynecki, 2000).

Bu çalışmada, yaya önceliğinin ve güvenliğinin en üst seviyede olması gereken üniversite yerleşkeleri, okullar, hastaneler ve sağlık merkezleri çevresinde yapılabilecek bazı trafik sakinleştirme uygulamaları ile ilgili değerlendirmeler, bu uygulamaların trafiğe olan etkileri kapsamında yapılmıştır. Bu kapsamda, Tıp Fakültesi Hastanesi ve Diş Hekimliği Fakültesi Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi’ne sahip Eskişehir Osmangazi Üniversitesi (ESOGÜ) Meşelik yerleşkesindeki mevcut yuvarlak adalı kavşak için, kaza ve sıkışıklık azaltıcı uygulamalar ile birlikte yaya, bisikletli ve engelli dostu uygulamalar değerlendirilerek, trafiğe olan etkileri incelenmiştir.

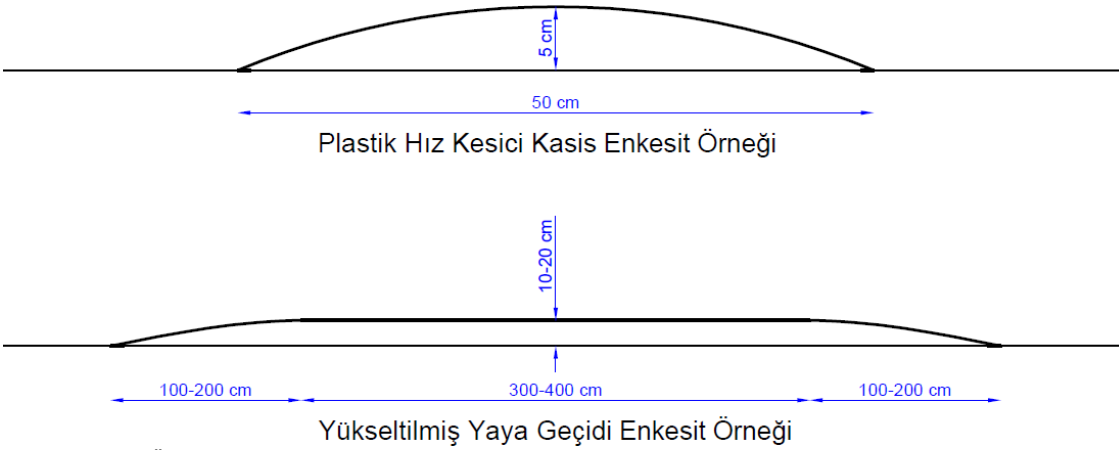
## 2. Analiz Bölgesi ve Yöntem

Çalışma kapsamında giriş kısmında bahsi geçen analiz bölgesindeki kavşak için dört farklı durum (Mevcut Durum: Dört kollu trafik adalı kavşak, Senaryo 1: Dönel kavşak olarak düzenleme, Senaryo 2: Sinyalize kavşak olarak düzenleme, Senaryo 3: Dönel kavşak ve YYG ile düzenleme) incelenerek gecikme, hizmet kapasitesi, emisyon değerleri gibi trafik göstergeleri açısından, Synchro 10 mikro ölçekli trafik benzetim programı kullanılarak, değerlendirmeler yapılmıştır. Synchro 10 trafik analizleri için Highway Capacity Manual (HCM) yöntemlerini kullanan bir benzetim programıdır (HCM 2010). Benzetim programında kullanılan trafik hacimleri, ESOĞÜ yerleşkesindeki kavşakta akşam zirve saatlerini (16:45-17:30) içerecek şekilde yapılan trafik sayımlarından elde edilmiştir. Hacim verileri programa girilerek dört farklı durum için analizler yapılmıştır (Şekil 1).



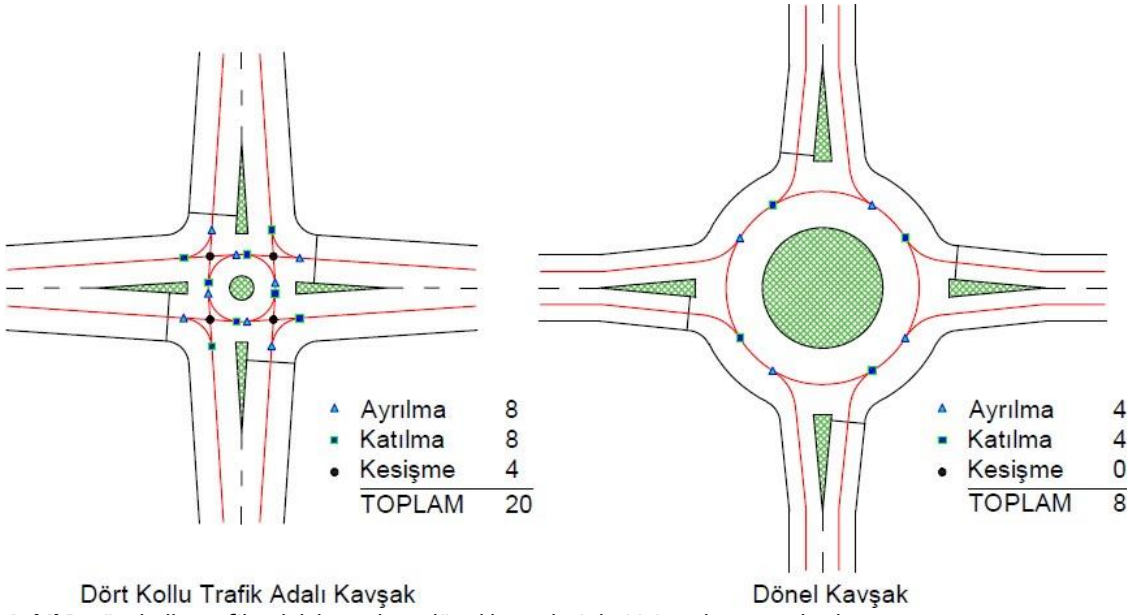


Yaya güvenliğini ön planda tutan, kent içindeki bazı kavşaklarda uygulanan trafik sakinleştirme uygulamalarına ait çalışmalar incelendiğinde, %85'lik hızlarda, hız kesici kasislerin %21,7 (60 km/sa'dan 47 km/sa'ya), hız kesici yastıkların %16,0 (50 km/sa'dan 42 km/sa'ya), hız kesici tablanın %22,2 (45 km/sa'dan 35 km/sa'ya), yükseltilmiş yaya geçidinin ise %29,5 (61 km/sa'dan 43 km/sa'ya) oranında azalmaya sebep olduğu görülmüştür (ACV, 2005; Corkle, Giese, & Marti, 2001; FHWA, 2014; Ponnaluri & Groce, 2005; Smith ve diğ., 2002). Mevcut durumda analiz yapılan kavşakta bulunan plastik hız kesici kasis ve Senaryo 3 için kullanılması önerilen yükseltilmiş yaya geçidi enkesit örnekleri Şekil 2'de gösterilmiştir.



**Şekil 2:** ESOĞÜ merkez yerleşkesindeki kavşaktaki kullanılan plastik hız kesici kasis ve Senaryo 3 için kullanılması önerilen yükseltilmiş yaya geçidi enkesit örnekleri

Eş düzey kavşaklarda, ayrılma, katılma ve kesişme olmak üzere, kaza oluşma ihtimalini arttıran çakışma noktaları oluşur. Çalışma kapsamında incelenen kavşak, mevcut durumda dört kollu ve trafik adalı olarak tasarlanmıştır. Bu kavşak tipi için yaya geçişleri hariç olmak üzere, 8 ayrılma, 8 katılma ve 4 kesişme olmak üzere toplam 20 çakışma noktası varken, Senaryo 1 ve 3 için önerilen dönel kavşaklarda 4 ayrılma ve 4 katılma olmak üzere toplam 8 çakışma noktası oluşmaktadır (Şekil 3). Buradan da anlaşılacağı üzere dönel kavşak sisteminin yaya ve sürücü güvenliği açısından daha iyi olduğu açıktır.



Şekil 3: Dört kollü trafik adalı kavşak ve dönel kavşak tipleri için çakışma noktaları

### 3. Benzetim Analizleri

Trafik adalı veya küçük yuvarlak adalı kavşaklarda, geçiş üstünlüğü konusunda sürücüler tereddüt yaşayabilmektedirler. Ancak genel olarak kavşakta tıkanıklık yaşanmaması açısından kavşak içerisindeki araçlarda geçiş üstünlüğü hakkı bulunmaktadır. Dört kollü kavşaklar sinyalize değilse, tüm kollar aynı düzeyde yolsa ve herhangi bir levha ile aksi belirtilmemişse geçiş üstünlüğü sağdan gelen araçlara aittir. Güvenlik düzeyi bu durumda en düşük olacaktır. Dönel kavşaklar ise araç sürücülerinin kavşağa yaklaşırken refleks olarak yavaşlama ihtiyacı hissettiği, kavşak içindeki bisikletli dâhil tüm motorlu-motorsuz araçların geçiş üstünlüğü hakkına sahip olduğu, kavşağa giriş-çıkışlarda yayalara yol vermenin zorunlu olduğu, sinyalize olmayan kavşak tipleri içerisinde güvenlik düzeyi en yüksek kavşak tipidir.

İncelenen kavşak içerisinde yuvarlak trafik adası yer almakta ve adanın küçük olması nedeniyle bir koldan gelen sürücülerin istikametini değiştirmeden karşı kola geçebilmesi, bütün kolların aynı boyutlarda olması, kavşak girişlerindeki plastik hız kesici kasislerin küçük boyutları sebebiyle sürücüler tarafından geçiş üstünlüğü karmaşası yaşanmakta ve tıkanıklığa neden olmaktadır. Ayrıca kavşak yaklaşım kolundaki yaya geçitlerinin kavşağa çok yakın olması sebebiyle, araçların yayalara yol vermek için durabileceği yeterli depolama alanı olmaması ve hızla dönen araçların geçen yayayı fark edememesi gibi sebepler tıkanıklığı arttırmakta ve güvenliği azaltmaktadır.

Çalışmada ESOGÜ'deki yuvarlak adalı kavşak için mevcut durum, Senaryo 1, 2 ve 3 koşulları altında benzetim analizleri Synchro 10 programı yardımıyla yapılmıştır. Mevcut durum ve senaryoların tanımlamaları aşağıdaki gibidir:



- Mevcut durum: Kavşak yuvarlak trafik adalı olarak tasarlanmıştır. Ancak adanın küçük olması sebebiyle kavşakta geçiş üstünlüğü ve güvenlik problemleri yaşanmaktadır.
- Senaryo 1: Mevcut kavşağın, dönel kavşak yapısına uygun koşullarda yeniden tasarlanması durumudur. Bu durumda, sürücülerin kavşak içerisindeki taşıtlara öncelik vermeleri sağlanacaktır.
- Senaryo 2: Mevcut kavşağın basit geometrik düzenlemelerle sinyalize kavşak yapısına uygun hale getirilmesi ve sinyal eniyilemesi yapılarak kavşaktaki akımın düzenlenmesi durumudur.
- Senaryo 3: Mevcut kavşağın, dönel kavşak yapısına ve yükseltilmiş yaya geçidi uygulamasına uygun olarak yeniden tasarlanması durumudur. Böylelikle yaya, engelli/bebek arabası ve bisikletli trafiğine sahip kavşaklarda güvenliğin artırılması durumu gözlemlenmiştir.

Mevcut durum ve üç senaryo kapsamında yapılan benzetim ve hesaplama sonuçları Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1:** Dört farklı durum için benzetim analiz sonuçları

	Mevcut durum	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3
Toplam gecikme (sa)	114,3	103,4 (-%9,5)	105,5 (-%7,7)	101,4 (-%11,3)
Araç başına toplam gecikme (s)	148,5	120,8 (-%18,7)	122,8 (-%17,3)	123,5 (-%16,8)
Durma gecikmesi (sa)	108,4	97,2 (-%10,3)	96,3 (-%11,2)	95,7 (-%11,7)
Araç başına durma gecikmesi (s)	140,8	113,6 (-%19,3)	112,1 (-%20,4)	116,5 (-%17,3)
Ortalama yakıt tüketimi (l/araç)	0,151	0,117 (-%22,4)	0,104 (-%31,1)	0,128 (-%15,1)
Yakıt verimliliği (km/l)	4,20	5,50 (+%31,0)	6,20 (+%47,6)	5,10 (+%21,4)
HC emisyonu (g/veh)	0,505	0,492 (-%2,7)	0,448 (-%11,4)	0,494 (-%2,3)
CO emisyonu (g/veh)	9,925	9,584 (-%3,4)	8,741 (-%11,9)	9,813 (-%1,1)
NOx emisyonu (g/veh)	1,042	1,113 (+%6,8)	1,029 (-%1,3)	1,112 (+%6,7)
Sisteme giren araç sayısı	2669	2974 (+%11,4)	2984 (+%11,8)	2858 (+%7,1)
Sistemden çıkan araç sayısı	2518	2906 (+%15,4)	2905 (+%15,4)	2805 (+%11,4)
Sistemde kalan araç sayısı	151	68 (-%55)	79 (-%48)	53 (-%65)

Tablo 1’de senaryolara bağlı olarak kavşak kapasitelerinin ve sisteme giriş yapabilen araç sayılarının değişkenlik gösterdiği gözönüne alındığında toplam ölçütlerden ziyade araç başına düşen ya da ortalama hesaplanmış değerlerin yorumlanması daha uygun olacaktır. Bu doğrultuda aşağıdaki sonuçlar değerlendirilmiştir.



- Mevcut durum ve senaryolardaki trafik akım sürekliliği ve kavşak kapasitelerine göre sisteme giren ve çıkan araç sayıları bakımından en iyi değerlere Senaryo 3'te ulaşılmıştır. Bunun yanısıra araç başına düşen durma gecikmesi, yakıt kullanımı, emisyon gibi diğer değerler için de Senaryo 2 en uygun sonuçları vermektedir. Düzgün bir akım yaratan sinyalizasyon kavşaklar, kavşak kapasitesini arttırmakla birlikte yaya güvenliği için de uygun sistemlerdir. Ancak Üniversite yerleşkesi içerisinde zirve saatler (sabah 07:45-08:45 ve akşam 16:45-17:45) dışındaki zaman dilimlerinde sabit zamanlı sinyal sisteminin gereksiz bekleme sebepleri, gecikmeleri arttırması, yayaların ışıklara uymaması, bakım ve enerji maliyetlerinin yüksek olması gibi sebeplerle sinyalizasyon kavşaklarının üniversite içerisinde kullanımının uygun olmadığı düşünülmektedir.
- Araç başına düşen gecikme değerleri bakımından en fazla değerlere mevcut durumda ulaşılmıştır. Kavşak içindeki adanın küçük olması ve kavşak geometrisinin belli bir geçiş önceliği sunmaması kavşakta sıkışıklığa sebep olmaktadır. En iyi gecikme değerleri ise Senaryo 2'de elde edilmektedir.
- Mevcut durum, diğer senaryolara göre tüm ölçütler bakımından daha kötü değerlere sahiptir. Araç başına durma gecikmeleri, efektif yakıt kullanımı, emisyon değerleri gibi diğer ölçütlere uygunluk sırasına göre Senaryo 2'yi sırasıyla Senaryo 1 ve 3 takip etmektedir. Bunun yanında performans ölçütleri açısından en iyi olan Senaryo 2, emisyon değerleri dışındaki değerler açısından, Senaryo 1 ve 3'ün değerleri ile yakın sonuçlar sergilemiştir.
- İlk bakışta zirve saatlerde gecikmeler ve emisyon değerleri bakımından en uygun sonuçlar Senaryo 2'den elde ediliyor olsa da, yaya ve trafik güvenliği, yapım ve bakım maliyetleri ile zirve dışı saatlerdeki gecikmeler açısından düşünüldüğünde Senaryo 1 veya 3 daha uygun olmaktadır.

#### 4. Sonuçlar ve Tartışma

Benzetim analiz sonuçları incelendiğinde sinyalizasyon sistemi uygulaması (Senaryo 2) güvenli, ekonomik ve çevreci bir çözüm olarak görünse de, gün içerisinde (zirve saatler dışında) kavşağın yoğun olmaması sebebiyle araçların ışıklı kavşakta gereksiz bekleme sürelerinin artması söz konusu olmaktadır. Gereksiz bekleme süreleri hem araç sürücülerinin hem de yayaların ışık ihlalleri yapmalarına sebep olabilecek ve trafik güvenliğini önemli ölçüde düşürebilecektir. Bununla birlikte sinyalizasyon sisteminin gerek kurulum, gerekse bakım/onarım maliyetleri düşünüldüğünde bu senaryo ekonomik bir çözüm olmayacaktır.

Senaryo 1'den elde edilen sonuçlar genel olarak Senaryo 3'ten elde edilen sonuçlara göre daha iyi sonuçlar veriyor gibi gözükse de, dönel kavşak düzenlemesi sonucu kavşak genişliklerinin artması nedeniyle, yayalar karşıdan karşıya geçişleri sırasında güvenlik problemi yaşayacaklardır. Bu sebeple yaya yoğunluklu bölgelerde, araçların hız kesmelerini zorunlu kılmak için yükseltilmiş yaya geçitleri ve uyarı/ikaz ışıkları düzenlemelerinin ilave edilmesi önerilmektedir. Bu göstergeler ışığında, yaya, engelli ve bisikletli güvenliğinin üst düzeyde olması gerektiği bölgelerde; güvenlik, ekonomi ve çevreci göstergeler çerçevesinde en uygun tasarımın Senaryo 3 (yükseltilmiş yaya geçitli dönel kavşak) olduğu görülmektedir. Yükseltilmiş yaya geçitleri hem, yayaların,



engellilerin ve bisikletlilerin kaldırımdan inmeden karşıdan karşıya geçmelerini sağlarken, araç sürücülerinin hızlarını azaltmalarını ve böylece yol vermelerini zorunlu kılarak güvenliği en üst düzeyde sağlayacaktır. Bu kapsamda yükseltilmiş yaya geçitleri ile birlikte tasarlanacak dönel kavşaklar, yaya, engelli ve bisikletli dostu uygulamalar kapsamında, hem trafik güvenliğini arttıracak hem de akım iyileşmesi sağlayacaktır.

Türkiye’de yaya ve bisiklet önceliği ile birlikte trafik güvenliğinin sağlanması için gerekli yasal düzenlemeler 2018 yılından itibaren hayata geçirilmiş ve bu kapsamdaki çalışmalar hızlandırılmıştır. Bu yasal düzenlemelerle birlikte, sürücü ve yayaların trafikteki uyumun hızlı bir şekilde sağlanması ve kazaların azaltılması noktasında gerekli analiz ve çalışmaların yapılması gerekmektedir. Özellikle de yaya trafiğinin yoğun olduğu okul çevresi, hastaneler, üniversite yerleşkeleri gibi bölgelerde, kavşak geometrisi ve trafik düzenlemeleri yapılarak, yaya, engelli ve bisikletli güvenliğini arttıracak önlemlerin alınması, sürdürülebilir ulaşım ve trafik güvenliği açısından gereklilik arz etmektedir.

## KAYNAKÇA

- ACV (Arlington County Virginia) (2005). Effectiveness of Traffic Calming Measures in Arlington County. Arlington County, Virginia, VA.
- Akman, G., & Alkan, A. (2016). "İzmit kent içi ulaşımda alternatif toplu taşıma sistemlerinin aksiyomlarla tasarım yöntemi ile değerlendirilmesi Evaluation of alternative public transportation systems in Izmit urban transportation via axiomatic design method." Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 22(1): 54-63.
- Resmî Gazete (2018). Karayolları Trafik Kanunu İle Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun. İç İşleri Bakanlığı, Türkiye.
- Baltrėnas, H. P., Januėvičius, T., & Chlebnikovas, A. (2017). "Research into the impact of speed bumps on particulate matter air pollution." Measurement, 100: 62-67.
- Coric, V., & Gruteser, M. (2013). Crowdsensing maps of on-street parking spaces. Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS), 2013 IEEE International Conference on, IEEE.
- Corkle, J., Giese, J. L., & Marti, M. M. (2001). Investigating the Effectiveness of Traffic Calming Strategies on Driver Behavior, Traffic Flow, and Speed. Minnesota Local Road Research Board, Minnesota Department of Transportation.
- Ferenchak, N., Marshall, W. E., & Janson, B. N. (2019). Reassessing Child Pedestrian Mode Choice and Safety via Perceived Parental Risk, Mountain Plains Consortium.
- FHWA (Federal Highway Administration) (2014). Engineering Speed Management Countermeasures: A Desktop Reference of Potential Effectiveness in Reducing Speed, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation.
- Gitelman, V., Balasha, D., Carmel, R., Hendel, L., & Pesahov, F. (2012). "Characterization of pedestrian accidents and an examination of infrastructure measures to improve pedestrian safety in Israel." Accident Analysis & Prevention, 44(1).
- Gündüz, A. Y., Mehmet, K., & Aydemir, C. (2011). "Kentiçi Ulaşımında Karayolu Ulaşımına Alternatif Sistem: Raylı Ulaşım Sistemi." Akademik Yaklaşımlar Dergisi, 2(1).
- HCM (2010). "Highway Capacity Manual 2010." Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC: 1207.
- He, F., Yan, X., Liu, Y., & Ma, L. (2016). "A Traffic Congestion Assessment Method for Urban Road Networks Based on Speed Performance Index." Procedia Engineering, 137(Supplement C): 425- 433.
- Huang, H. F., & Cynecki, M. J. (2000). "Effects of traffic calming measures on pedestrian and motorist behavior." Transportation Research Record, 1705(1): 26-31.
- Jain, S., Jain, S. S., & Jain, G., (2017). "Traffic Congestion Modelling Based on Origin and Destination." Procedia Engineering, 187(Supplement C): 442-450.



- Karim, L., Daissaoui, A., & Boulmakoul, A. (2017). "Robust routing based on urban traffic congestion patterns." *Procedia Computer Science*, 109(Supplement C): 698-703.
- Leden, L., Gårder, P., & Johansson, C. (2006). "Safe pedestrian crossings for children and elderly." *Accident Analysis & Prevention*, 38(2): 289-294.
- Mohammadipour, A. H., & Alavi, S. H. (2009). "The optimization of the geometric cross-section dimensions of raised pedestrian crosswalks: A case study in Qazvin." *Accident Analysis & Prevention*, 41(2): 314-326.
- Olszewski, P. (1993). "Overall delay, stopped delay, and stops at signalized intersections." *Journal of Transportation Engineering*, 119(6): 835-852.
- Ponnaluri, R. V., & Groce, P. W. (2005). "Operational Effectiveness of Speed Humps in Traffic Calming." *ITE Journal* (pp. 26-30).
- Smith, D., Hallmark, S., Knapp, K., & Thomas, G. (2002). *Temporary Speed Hump Impact Evaluation*. Center for Transportation Research and Education at Iowa State University.
- Turner, S., Hampshire, R., Redmon, T., & Fitzpatrick, K. (2019). "Pedestrian and Bicyclist Scalable Risk Assessment Methods." *ITE Journal*, 89(4).
- Zegeer, C. V., & Bushell, M. (2012). "Pedestrian crash trends and potential countermeasures from around the world." *Accident Analysis & Prevention*, 44(1): 3-11.

