

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ VE ÇEVREYE ETKİSİ:  
KAVŞAK ÇALIŞMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Dilara USTA**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Ulaştırma Mühendisliği Programı**

**Eylül, 2023**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ VE ÇEVREYE ETKİSİ:  
KAVŞAK ÇALIŞMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Dilara USTA  
501201420**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Ulaştırma Mühendisliği Programı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ali Osman ATAHAN**

**Eylül, 2023**



İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 501201420 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Dilara USTA, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ VE ÇEVREYE ETKİSİ: KAVŞAK ÇALIŞMASI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı:** **Prof. Dr. Ali Osman ATAHAN** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri:** **Doc. Dr. Murat ERGÜN** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Dr. Ogr. Üyesi Muammer ÖZBEK** .....  
İstanbul Bilgi Üniversitesi

**Teslim Tarihi** : 05 Eylül 2023  
**Savunma Tarihi** : 17 Eylül 2023





*Anneme ve Babama,*



## ÖNSÖZ

Dünya nüfusundaki artışın yanı sıra gelişmekte olan ülkelerde yaşam standartlarının artması toplam enerji tüketiminde ciddi artışlara sebep olmuştur. Ulaştırmanın çevreye etkileri ve bu etkilerin ulaştırma türlerine göre dağılımı, salınımın izlenmesi ve kontrolü için önemlidir. Akıllı ulaşım sistemleri günümüzde ulaştırmanın çevresel etkilerini azaltmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Hangi sistemin nereye ve hangi yöntemlerle kullanılacağı, planlayan kişilerin elindedir.

Ülkemizin en kalabalık ili İstanbul'un, en kalabalık ilçelerinden biri olan Gaziosmanpaşa'da yoğun bir trafik akışı bulunmaktadır. En çok tıkanmaların olduğu kavşaklarda belediyeler ve yetkili kişiler yıllardır birçok çözüm yöntemi denemiştir. Ancak yeterli sonuç alınamamıştır. Buradan yola çıkarak Gaziosmanpaşa'nın merkezine çok yakın bir konumda olan Fehim Şanlı Kavşağı'nda Akıllı Ulaşım Sitemleri ile çözümün önerilmesi gerektiği düşünülmüş ve bu konuda çalışmalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçların çevresel etkileri değerlendirilmiştir.

Lisans ve yüksek lisans eğitim sürecimde beni destekleyen, bana yol gösteren ve beni teşvik eden birçok kişi bulunmaktadır. Öncelikle üzerimde hem lisans hem yüksek lisans eğitimimde üzerimde çok fazla emeği olan, yüksek lisans tez danışmanım Prof. Dr. Ali Osman ATAHAN'a çok teşekkür ederim.

2015-2020 yılları arasında lisans öğrencisi olduğum İstanbul Bilgi Üniversitesi'ndeki eğitim hayatım boyunca bana destek olan, yol gösteren lisans danışmanım Dr. Ogr. Üyesi Muammer ÖZBEK'e çok teşekkür ederim.

Ayrıca, tez çalışma sürecimde destek ve teşviklerinin yanı sıra tezime katkılarından dolayı Doc. Dr. Murat ERGÜN'e teşekkür ederim.

Tezimin gelişimi sırasında beni hem teknik hem manevi açıdan destekleyen arkadaşlarım Melis BARAN ve Uğur TEKİN'e değerli katkılarından dolayı teşekkür ederim.

En önemli teşekkürü ise, öğrenim hayatım boyunca beni hep destekleyen, her kararında yanımda duran, bana güvenen hem maddi hem manevi desteklerini bir an olsun eksik bırakmayan çok değerli anneme, babama ve kardeşlerime ederim.

Eylül 2023

Dilara USTA  
İnşaat Mühendisi



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|                                                            |      |
|------------------------------------------------------------|------|
| ÖNSÖZ .....                                                | vii  |
| İÇİNDEKİLER .....                                          | ix   |
| KISALTMALAR .....                                          | xi   |
| SEMBOLLER .....                                            | xiii |
| ÇİZELGE LİSTESİ .....                                      | xv   |
| ŞEKİL LİSTESİ .....                                        | xvii |
| ÖZET .....                                                 | xix  |
| SUMMARY .....                                              | xxi  |
| 1. GİRİŞ .....                                             | 25   |
| 2. ULAŞIM SİSTEMLERİ VE ETKİLERİ .....                     | 29   |
| 2.1 Ulaşım Sistemlerinin Mekansal Etkileri .....           | 30   |
| 2.2 Ulaşım Sistemlerinin Ekonomik Etkileri .....           | 32   |
| 2.3. Ulaşım Sistemleri ve Çevresel Etkileri.....           | 35   |
| 2.3.1 Gürültü kirliliği .....                              | 37   |
| 2.3.2 Kapasite yetersizliği .....                          | 37   |
| 2.3.3 Isı adaları.....                                     | 38   |
| 2.3.4 Yakıt tüketimi .....                                 | 39   |
| 2.3.5 Sera gazı emisyonları .....                          | 40   |
| 2.3.5.1 CO <sub>2</sub> emisyonu .....                     | 41   |
| 2.3.5.2 CO emisyonu.....                                   | 43   |
| 2.3.5.3 NO <sub>x</sub> emisyonu .....                     | 43   |
| 2.3.5.4 VOC emisyonu.....                                  | 43   |
| 3. AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ.....                           | 45   |
| 3.1 AUS Yönetimi.....                                      | 45   |
| 3.1.1 Otoyol yönetimi .....                                | 45   |
| 3.1.2 Toplu ulaşım yönetimi .....                          | 46   |
| 3.1.3 Acil durum yönetimi .....                            | 46   |
| 3.1.4 Otopark yönetimi .....                               | 47   |
| 3.2 Dünyada AUS .....                                      | 47   |
| 3.3 Türkiye’de AUS .....                                   | 51   |
| 4. VAKA ÇALIŞMASI .....                                    | 57   |
| 4.1 Saha Alanı .....                                       | 58   |
| 4.2 Sayım Verileri .....                                   | 59   |
| 4.3 Mevcut Durum Analizi.....                              | 61   |
| 4.4 Trafik Denetleme Sistemlerine Göre Kavşak Tipleri..... | 62   |
| 4.4.1 Sinyalize olmayan kavşaklar.....                     | 62   |
| 4.4.2 Sinyalize kavşaklar .....                            | 62   |
| 4.5 Sinyalize Kontrol Teknikleri .....                     | 63   |
| 4.5.1 Sabit zamanlı sinyalizasyon sistemi.....             | 63   |
| 4.5.2 Yarı zamanlı sinyalizasyon sistemi.....              | 64   |

|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| 4.5.3 Tam zamanlı sinyalizasyon sistemi.....     | 64 |
| 4.5.4 Adaptif trafik sinyalizasyon kontrolü..... | 64 |
| 4.6 Park Yönetimi.....                           | 65 |
| 4.6.1 Park denetim hizmetleri .....              | 65 |
| 5. MODELLEME ÇALIŞMASI .....                     | 69 |
| 5.1 Mevcut Model Çalışması.....                  | 69 |
| 5.1.1 Mevcut model sonuçları .....               | 71 |
| 5.2 Öneri 1 Modelleme.....                       | 74 |
| 5.3 Öneri 2 Modelleme.....                       | 79 |
| 6. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇ .....            | 83 |
| KAYNAKLAR.....                                   | 88 |
| ÖZGEÇMİŞ.....                                    | 90 |



## KISALTMALAR

|              |                                                      |
|--------------|------------------------------------------------------|
| <b>AUS</b>   | : Akıllı Ulaşım Sistemleri                           |
| <b>ATSK</b>  | : Adaptif Trafik Sinyalizasyon Kontrolü              |
| <b>AB</b>    | : Avrupa Birliği                                     |
| <b>BO</b>    | : Birim Otomobil                                     |
| <b>EDS</b>   | : Elektronik Denetleme Sistemi                       |
| <b>ERKS</b>  | : Elektronik Rota Kılavuzlama Sistemi                |
| <b>ITS</b>   | : Intelligent Transportation Systems                 |
| <b>İBB</b>   | : İstanbul Büyükşehir Belediyesi                     |
| <b>İSBAK</b> | : İstanbul Bilişim ve Akıllı Kent Teknolojileri A.Ş. |
| <b>HGS</b>   | : Hızlı Geçiş Sistemi                                |
| <b>KGM</b>   | : Karayolları Genel Müdürlüğü                        |
| <b>TBB</b>   | : Türkiye Belediyeler Birliği                        |
| <b>TKM</b>   | : Trafik Kontrol Merkezi                             |
| <b>TÜİK</b>  | : Türkiye İstatistik Kurumu                          |



## **SEMBOLLER**

|                       |                            |
|-----------------------|----------------------------|
| <b>CO<sub>2</sub></b> | : Karbon Dioksit           |
| <b>CO</b>             | : Karbon Monoksit          |
| <b>CH<sub>4</sub></b> | : Metan                    |
| <b>H<sub>2</sub>O</b> | : Su Buharı                |
| <b>NO<sub>2</sub></b> | : Azot Dioksit             |
| <b>NO<sub>x</sub></b> | : Azot Oksit               |
| <b>O<sub>3</sub></b>  | : Ozon                     |
| <b>SF<sub>6</sub></b> | : Kükürt Hekzaflorid       |
| <b>SO<sub>2</sub></b> | : Kükürt Dioksit           |
| <b>Kcal</b>           | : Kilokalori               |
| <b>KM</b>             | : Kilometre                |
| <b>VOC</b>            | : Uçucu Organik Bileşikler |
| <b>m</b>              | : Metre                    |
| <b>gr</b>             | : Gram                     |



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 2. 1: Sektör ve gelire göre ülkelerin tüketim payı (Rodrigue, 2020).....            | 29 |
| Çizelge 2. 2: Trafiğe kayıtlı araçların dağılımı Aralık 2020. ....                          | 36 |
| Çizelge 2. 3: Sektör bazında yolcu- km başına enerji tüketimi (Anonim, 2008). ....          | 39 |
| Çizelge 2. 4: Dünyada sektörel CO <sub>2</sub> emisyonları 2010 (Kılınç & Işık, 2014). .... | 41 |
| Çizelge 4. 1: Sabah saatleri birim otomobil değerleri. ....                                 | 61 |
| Çizelge 4. 2: Akşam saatleri birim otomobil değerleri.....                                  | 61 |
| Çizelge 5. 1: Hizmet düzeyi çizelgesi.....                                                  | 72 |
| Çizelge 5. 2: Hafif taşıtlar için AB standartları. ....                                     | 74 |



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2. 1: Kentlerde merkez çeper ilişkisi (Sat ve diğ., 2017) .....                                       | 31 |
| Şekil 2. 2: Kentin mekânsal yapısı ve çevre dolaşım yolları (Rodrigue, 2020). .....                         | 32 |
| Şekil 2. 3: Ulaşım Türleri Kapasitesi.....                                                                  | 37 |
| Şekil 2. 4: Yüzey sıcaklık değişimleri (Tozam & Bulut Karaca,2018). .....                                   | 38 |
| Şekil 2. 5: Ulaşım sistemlerine göre küresel sera gazı emisyonları (Uluslararası Enerji Derneği, 2014)..... | 40 |
| Şekil 2. 6: Ulaştırma türlerine göre seragazi emisyon değerleri (TÜİK, 2020). .....                         | 42 |
| Şekil 3. 1: AUS hedeflerine ulaşmak için üç temel işlemin ilişkisi.....                                     | 47 |
| Şekil 3. 2: Türkiye'deki Kalkınma Planları'nda sürdürülebilir kent hedefleri (Ökten & Ökten, 2018).....     | 52 |
| Şekil 4. 1: İstanbul İli Haritası.....                                                                      | 57 |
| Şekil 4. 2: Fehim Şanlı Kavşağına ait uydu görüntüsü.....                                                   | 58 |
| Şekil 4. 3: Fehim Şanlı Kavşak kolları numaralandırması. ....                                               | 60 |
| Şekil 4. 4: Türkiye Standartları TS 6407' de yer alan Birim Otomobil değerleri. ....                        | 60 |
| Şekil 4. 5: Sinyalize Kontrol Tekniklerinin Karşılaştırması.....                                            | 65 |
| Şekil 4. 6: Sabit kameralı EDS. ....                                                                        | 66 |
| Şekil 4. 7: Mobil EDS.....                                                                                  | 66 |
| Şekil 5. 1: Fehim Şanlı kavşağı PTV Vissim programındaki çizimi.....                                        | 70 |
| Şekil 5. 2: Fehim Şanlı kavşağı geçiş üstünlükleri .....                                                    | 71 |
| Şekil 5. 3: Fehim Şanlı Kavşağı PTV Vissim Programı 3D görüntüsü.....                                       | 71 |
| Şekil 5. 4: Hizmet seviyelerinin taşıt görselleri ile açıklanması.....                                      | 72 |
| Şekil 5. 5: Sabah saatleri mevcut durum sonuçları.....                                                      | 73 |
| Şekil 5. 6: Akşam saatleri mevcut durum sonuçları. ....                                                     | 73 |
| Şekil 5. 7: Mevcut durum emisyon değerleri.....                                                             | 74 |
| Şekil 5. 8: PTV Vissim Öneri 1 modellemesi dedektör yerleşimi.....                                          | 75 |
| Şekil 5. 9: VISVAP içerisinde hazırlanan sinyalizasyon yazılımı. ....                                       | 76 |
| Şekil 5. 10: Sinyalize Fehim Şanlı Kavşağı PTV Vissim Programı 3D görüntüsü... ..                           | 77 |
| Şekil 5. 11: Sabah saatleri öneri 1 sonuçları.....                                                          | 77 |
| Şekil 5. 12: Akşam saatleri öneri 1 sonuçları. ....                                                         | 78 |
| Şekil 5. 13: Öneri 1 emisyon değerleri.....                                                                 | 78 |
| Şekil 5. 14: Öneri 2 PTV Vissim modellemesi.....                                                            | 79 |
| Şekil 5. 15: Öneri 2 PTV Vissim 3D görüntüsü. ....                                                          | 80 |
| Şekil 5. 16: Mevcutta bulunan led ekran. ....                                                               | 80 |
| Şekil 5. 17: Sabah saatleri öneri 2 sonuçları.....                                                          | 81 |
| Şekil 5. 18: Akşam saatleri öneri 2 sonuçları. ....                                                         | 81 |
| Şekil 5. 19: Öneri 2 emisyon değerleri.....                                                                 | 82 |
| Şekil 6. 1: Hizmet seviyeleri karşılaştırması. ....                                                         | 83 |
| Şekil 6. 2: Gecikme süreleri karşılaştırması. ....                                                          | 84 |
| Şekil 6. 3: CO salınımı karşılaştırması. ....                                                               | 84 |
| Şekil 6. 4: NO <sub>x</sub> salınım karşılaştırması. ....                                                   | 85 |

|                                                        |           |
|--------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Şekil 6. 5:</b> VOC salınımı karşılaştırması. ....  | <b>85</b> |
| <b>Şekil 6. 6:</b> Yakıt tüketimi karşılaştırması..... | <b>86</b> |



## **AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ VE ÇEVREYE ETKİSİ: KAVŞAK ÇALIŞMASI**

### **ÖZET**

Geçmişten günümüze insan hayatının en önemli parçalarından biri haline gelen ulaşım, temelinde bireylerin, mal ve hizmetlerin belli bir başlangıç noktasından belli bir bitiş noktasına yer değiştirmesinin sağlandığı bir hizmet sektörüdür. Ulaştırma sektörünün bir ülkenin küreselleşmesi ve kalkınması açısından önemli etkileri bulunmaktadır. Ekonomideki iniş çıkışlar, sürekli nüfus artışı, artan şehirleşme ve kaynak ihtiyacı bu sektörü doğrudan etkilemiştir. Gündelik yaşantımızda karşılaştığımız problemlerin çözüme ulaşması için dünyada hızla ilerleyen teknolojik gelişmeler, ulaşım sektöründe de kullanılmaya başlanmıştır. Ulaştırmanın tarihi, insanlığın tarihi kadar eskiye dayansa da ulaşım sektöründe teknolojinin kullanımı özellikle 20. Yüzyılın ikinci yarısından itibaren yaygınlaşmıştır. Teknolojiye teşvik çağında akıllı ulaşım sistemleri tarihi bir gelişme fırsatı başlatmış ve yapay zekâ, blok zinciri, internet ve büyük veriler gibi teknolojik inovasyonların kullanılmasının önünü açmıştır. Farklı ülkelerin hükümetleri akıllı ulaşımın yüksek kalitede geliştirilmesi için ulaşım gücü, yeni altyapı sistemi, dijital ulaşım gibi konularda art arda ilgili politikalar yayınlamışlardır. Ulaşım sektöründe diğer ülkelere göre daha fazla gelişim gösterenler ise sektör içerisindeki gelişen türler arasında uyumu yakalayanlardır.

Dünya nüfusundaki artışın yanı sıra gelişmekte olan ülkelerde yaşam standartlarının artması toplam enerji tüketiminde ciddi artışlara sebep olmuştur. Dünyada sera gazı emisyonlarının çeyreği ulaşım kaynaklıdır ve bu oran hızla artmaktadır. Ulaştırmanın iklim değişimine katkısı ve bu katkının ulaşım türlerine göre dağılımı, salınımın izlenmesi ve kontrolü açısından önemlidir. Pek çok Avrupa politikası ve stratejisi ulaştırmadan kaynaklanan sera gazı emisyonlarını azaltmaya odaklanmıştır. Ortaya çıkan emisyonlarda, vergiler, verimlilik, yakıt tipi, yükleme gibi faktörler önemli olduğundan, politikalar bu konulara eğilmektedir. Kontrol altına alınabilmesi için 2050 yılına kadar ulaşım kaynaklı gaz emisyonlarında %90 oranında bir düşüş

gerçekleşmelidir. Arabaların, uçakların, trenlerin ve gemilerin olmadığı bir dünya hayal edilemez. Taşıtsız bir dünya olamayacağı için çevreye verdikleri zararı minimuma indirecek şekilde planlamalar yapılmalıdır. Ulaşımda seyahat sürelerinin azaltılması, hareketliliğin artırılması, mevcut yol kapasitelerinin etkin ve verimli kullanılması, enerji verimliliği sayesinde çevreye verilen zararın azaltılması ve ülke ekonomisine katkı sağlanması gibi amaçlar doğrultusunda Akıllı Ulaşım Sistemleri geliştirilmiştir. AUS teknolojik gelişmelerin ulaşım sistemlerine uygulanmasını ve ulaşım sistemlerinin verimliliğini artıran iyileştirmelerin kombinasyonudur. AUS, hareketliliği geliştirmeyi, erişilebilirliği, yakıt verimliliğini, güvenliği arttırmayı ve kirliliği azaltmayı amaçlayan bir çözümdür. Diğer bir deyişle toplumun yaşam kalitesini iyileştirmeyi amaçlamıştır.

Tez kapsamında AUS'un yıllar içerisinde dünyada ve Türkiye'de nasıl geliştiği araştırılmıştır. Mevcuttaki teknik altyapı ve kullanılan sistemler incelenmiştir. Çalışmanın amacı ileri teknoloji ile tüm ulaşım modlarına entegre, yerli ve milli kaynaklardan yararlanan, güncel teknolojileri kullanan, etkin, güvenli, verimli, çevreci, yenilikçi, dinamik, katma değer sağlayan ve sürdürülebilir akıllı bir ulaşım ağı oluşturulmasına yardımcı olarak ulaşımın çevre üzerindeki etkisini azaltmaktır. Araştırmalar sonucunda bir kavşakta sadece akıllı ulaşım sistemleri kullanılarak mevcut yapı değiştirilmeden trafiğin nasıl etkilendiği gösterilecektir. Bu yöntem PTV Vissim uygulaması kullanılarak Gaziosmanpaşa Belediyesi'nden alınan veriler doğrultusunda yapılan trafik sayım verileri ve saha çalışmaları ile modellenerek uygulanacaktır. Modelleme sonucunda trafikteki değişimin sera gazı emisyonunu nasıl etkilediği hesaplanarak Akıllı Ulaşım Sistemlerinin çevreye etkisi yorumlanacaktır.

## **INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS AND EFFECTS ON THE ENVIRONMENT: INTERCHANGE ASSESSMENT**

### **SUMMARY**

Transportation, which has become one of the most important parts of human life from the past to the present, is a service sector in which individuals, goods and services are moved from a certain starting point to a certain ending point. The transportation sector has important effects on the globalization and development of a country. The ups and downs in the economy, continuous population growth, increasing urbanization and the need for resources have directly affected this sector. Technological developments, which are rapidly advancing in the world, have started to be used in the transportation sector in order to solve the problems we encounter in our daily lives. Although the history of transportation is as old as the history of humanity, the use of technology in the transportation sector has become widespread especially since the second half of the 20th century. In the era of promoting technology, smart transportation systems have started a historical development opportunity and paved the way for the use of technological innovations such as artificial intelligence, blockchain, internet and big data. The governments of different countries have successively published relevant policies on issues such as transportation power, new infrastructure system, digital transportation for the high-quality development of smart transportation. Those who show more development in the transportation sector compared to other countries are those who achieve harmony among the developing types in the sector.

In addition to the increase in the world population, the increase in living standards in developing countries has led to serious increases in total energy consumption. A quarter of the world's greenhouse gas emissions originate from transportation and this rate is increasing rapidly. The contribution of transportation to climate change and the distribution of this contribution according to transportation types are

important in terms of monitoring and controlling emissions. Many European policies and strategies have focused on reducing greenhouse gas emissions from transport.

Since factors such as taxes, efficiency, fuel type, loading are important in the resulting emissions, policies focus on these issues. In order to be brought under control, there must be a 90% reduction in transport-related gas emissions by 2050.

A world without cars, planes, trains and ships is unimaginable. Since there cannot be a world without vehicles, plans should be made to minimize the damage they cause to the environment. Intelligent Transportation Systems have been developed for purposes such as reducing travel times in transportation, increasing mobility, using existing road capacities effectively and efficiently, reducing the damage to the environment thanks to energy efficiency and contributing to the country's economy. ITS is a combination of the application of technological advances to transport systems and improvements that increase the efficiency of transport systems. AUS is a solution that aims to improve mobility, increase accessibility, fuel efficiency, safety and reduce pollution. In other words, it aimed to improve the quality of life of the society.

Within the scope of the thesis, how ITS has developed over the years in the world and in Turkey has been researched. The existing technical infrastructure and systems which used in Turkey has been examined. The aim of the study is to reduce the impact of transportation on the environment by helping to create an efficient, safe, effective, innovative, dynamic, environmentally friendly, value-added and sustainable smart transportation network that integrates with all transportation modes with advanced technology, uses up-to-date technologies, makes use of domestic and national resources.

As a result of the research, it will be shown how the traffic is affected without changing the existing structure by adding the intelligent transportation systems at an intersection. This method was applied by modeling with traffic count data and field studies in line with the data received from Gaziosmanpaşa Municipality using the PTV Vissim application. As a result of the modeling, the impact of Intelligent Transportation Systems on the environment was interpreted by calculating how the change in traffic affected greenhouse gas emissions.

For Fehim Şanlı Intersection in Gaziosmanpaşa district of Istanbul province, 2 different suggestions were presented to reduce the traffic problem at this intersection and the negative effects of the intersection on the environment. One of these suggestions is to signalize the unsignalized intersection and use the adaptive traffic control system. The second suggestion is to remove the parking at the intersection by using intelligent transportation systems and electronic control system. These proposals were modeled with PTV Vissim application and CO, NO<sub>x</sub>, VOC emissions and fuel consumption rates were compared. In the data obtained, environmental impacts were reduced by 50% for both proposals. However, in terms of service level, the service level of the intersection decreased more in the first proposal, queuing and waiting times increased, so a feasible result could not be obtained. In the 2nd proposal, both environmental impacts were significantly reduced and waiting times were reduced and the service level was increased.

As a result, an existing intersection was considered within the scope of the study and studied with 2 different ITS proposals. Each of them was modeled separately with the PTV Vissim program interface, video recordings were monitored and some results were obtained. The final conclusion is that not all ITS methods can be applied everywhere and do not always give perfect results. While adaptive traffic control systems gave us the best results in many field studies, they did not give us the results we wanted for Fehim Şanlı Intersection. In terms of its impact on the environment, it definitely had positive effects, but in terms of service, it had a negative impact.



## 1. GİRİŞ

Şehirleşmenin hızlanması ve otomobil sayısının artması, giderek ciddileşen kent içi tıkanıklık sorunlarına, sık sık trafik kazalarına, hava ve gürültü kirliliğinin artmasına, otopark problemlerine yol açmıştır. Bazı ülkelerin yaygın yol sıkışıklığı ve trafik konusunda arz talep ilişkisinde dengesizlik olduğundan şehir, nüfus ve ulaşım arasındaki çelişki daha belirgin hale gelmiştir. Çok sayıda enstitü, araştırmacı ve devlet kurumları tüm dünyadaki trafik sıkışıklığı problemini azaltmak ve sürdürülebilir ulaşım sistemi oluşturmak için çalışmaktadır. Bu soruna ilişkin ortak kanıları ise; kaynakların mevcut oranlarda tüketmeye devam edilemeyeceği ve önlem almak için zamanın fazlasıyla kısıtlı olduğudur. Özellikle son yıllarda orantısız enerji ve kaynak tüketimi ciddi şekilde artmıştır. Bu problemler kaliteli yaşam hakkını büyük oranda insanlığın elinden almaktadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın verilerine göre Türkiye'de 2020 yılında, ulaştırma sektöründe tüketilen toplam enerji miktarı 1990 yılına göre, %209,32 artmıştır. Enerji tüketimindeki bu artış küresel ısınma gibi büyük tehlikeler oluşturmaya başlamıştır. Fosil yakıtlı araçlar, küresel ısınmaya neden olan karbon emisyonlarının 5'te 1'ini oluşturmaktadır.

Bu çelişkiler AUS'un inşası için uygun zemini sağlamıştır ve ulaşım sistemleri üzerinde sürdürülebilir kalkınma uygulamaları için fikirlerin gelişmesine sebep olmuştur.

### 1.1. Tezin Amacı

Türkiye'nin birçok ili trafik problemiyle ve ulaşım kaynaklı çevre kirliliğiyle uğraşmaktadır. Bu problemleri en yoğun yaşayan il ise İstanbul'dur. Karayolu, denizyolu, havayolu ve demiryolu açısından geniş ulaşım ağına sahip ve hem ülke içi hem de uluslararası ulaştırmada kilit nokta olan bir il olmasından kaynaklı İstanbul'da ulaşım problemleri ileri seviyededir. Çarpık kentleşme ve kalabalık nüfusun bu problemlerdeki etkisi büyüktür. İstanbul'da bazı problemler içinden çıkılmaz hale gelmiştir ve bunları çözebilmek için ya İstanbul'u baştan kurmak ya da yeni sistemler geliştirmek gerekmektedir. Bu doğrultuda çalışmalar artmaktadır.

Bu tezin amacı Akıllı Ulaşım Sistemlerinin tarihsel gelişimini, dünyada ve Türkiye’de hangi sistemlerin kullanıldığını, trafiği ve çevreyi nasıl etkilediğini araştırmak ve bu konuda genel bir değerlendirme yapmaktır. Özellikle fosil yakıtlı araçların sebep olduğu sera gazı emisyonlarının AUS ile nasıl kontrol edildiğini ve çevresel etkilerinin neler olduğunu göstermektir.

Tez kapsamında ilk olarak, ulaştırmanın etkilerinden bahsedilmiş olup, AUS kapsamında dünya örnekleri ve Türkiye uygulamaları hakkında bilgi verilmiştir. Akabinde kullanılan sistemler detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Kazanılan bilgiler ile PTV Vissim uygulaması ile İstanbul, Gaziosmanpaşa’da yoğun trafik problemi yaşanan bir kavşakta 2 farklı metod kullanılarak araç yoğunluğu, sera gazı emisyonu, hizmet seviyesi gibi değerler öncesi ve sonrası olarak kıyaslanmıştır. Metotlardan birinde PTV Vissim programının alt özelliklerinden biri olan VISVAP kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır.

## **1.2. Literatür Araştırması**

Hazırlanan tez çalışması kapsamında yapılan araştırmalar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Gaziosmanpaşa Belediyesi’nden alınan İlçe Kavşak Sayım Raporu (2020) ile ilçedeki bütün kavşakların verileri kıyaslandıktan sonra arasından en yoğun trafiğe sahip olan Fehim Şanlı Kavşağı seçilmiştir. İlk olarak kavşak ve çevresinde saha analizi yapılmış ve problemlerin neler olduğu belirlenmiştir. Bunun üstüne problemleri çözüme ulaştırmak ve denenen yöntemleri değerlendirmek için kapsamlı bir literatür araştırması yapılmıştır.

Türkiye’de kullanılan mevcut akıllı ulaşım sistemleri ile ülkenin ulaşım alanındaki geleceği için koyulan hedefler, çalışma amaçları Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı ile detaylı bir şekilde anlatılmıştır. AUS altyapısını geliştirmek, sürdürülebilir akıllı hareketliliği sağlamak, yol ve sürüş güvenliğinin sağlanması, yaşanabilir çevre ve bilinçli toplum oluşturulması, veri paylaşımı ve güvenliğinin sağlanması olmak üzere 5 adet amaç belirlenmiştir. AUS Strateji Belgesi kapsamında sadece amaç belirlenmemiş aynı zamanda kullanılan sistemlerle ilgili bilgiler derlenmiştir. Kullanılan teknolojiler 3 başlıkta incelenmiştir. Bunlar: haberleşme teknolojileri,

algılama teknolojileri ve kooperatif akıllı ulaşım sistemleridir. Son yıllarda ülkemizde kullanılan AUS uygulamaları ise farklı başlıklar altında toplanmıştır. Bunların ilki taleplere göre farklı ulaşım türlerinin entegre edildiği Bir Servis Olarak Hareketlilik (MaaS) sistemidir. Devamında araç paylaşımı, yolculuk paylaşımı, araç havuzu, park et devam et, indir devam et, alan trafik kontrolü, sıkışıklık ücretlendirme ve gelişmiş taksi uygulamaları gelmektedir. Bu teknolojiler ve uygulamalar birleştirilerek teknolojinin planlanmasının olumlu sonuçları açığa çıkmaktadır.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından 2021 yılından Akıllı Kavşak Uygulamaları Teknoloji İnceleme Raporu yayınlanmıştır. Kavşaklar özelinde detaylı çalışmalar yapılmış ve rapor ile geleceğe ışık tutacak bilgilendirmeler yapılmıştır. Akıllı kavşak uygulamalarını ve uygulamalarda kullanılan teknolojileri detaylı olarak incelemeyi amaçlamıştır. Kol sayılarına ve trafik denetleme sistemlerine göre kavşaklar sınıflandırılmıştır. Kullanılan sensör teknolojileri ile trafik sinyalizasyon kontrol modelleri gösterilmiştir. Bir kavşağı akıllı kavşak haline getirmek için kullanılan farklı sinyalizasyon sistemi anlatılmıştır. Bu sistemler sabit zamanlı sinyalizasyon sistemi, yaya uyarmalı sinyalizasyon sistemi, el ile kumandalı sinyalizasyon sistemi, trafik uyarmalı sinyalizasyon sistem ve adaptif trafik sinyalizasyon sistemidir. Literatür araştırması sırasında Türkiye’de kullanılan adaptif trafik sinyalizasyon kontrol modelleri bu rapor sayesinde incelenmiştir. Kavşakları akıllı kavşak haline getirmek dışında birbirine yakın olan kavşaklarda trafiğin ayrı ayrı gecikmelere sebep olmasını engellemek adına koordine sinyalizasyon sistemleri bulunmaktadır. Bu sistem Senkronize (eş zamanlı), Alternatif, Progresif (kesintisiz) ve bölge trafik kontrol sistemi olmak üzere 4 farklı şekilde uygulanabilmektedir. Bu çalışma kapsamında tek bir kavşak üzerinde çalışıldığı için bu sistemlerin ayrıntısına girilmemiştir.

Gonca ve Gülsün (2019) tarafından Adaptif Trafik Yönetim Sistemleri spesifik olarak araştırılmış ve hangi durumlarda nerelerde kullanılabileceği ile ilgili bilgilendirmeler yapılmıştır. İncelenen çalışma sonucunda bir kavşağı sinyalizasyon hale getirmek için hangi durumlarda hangi sinyalizasyon yöntemi kullanılabilir veya uygulanan sinyalizasyon tekniği yeterli midir gibi soruların cevapları alınabilmektedir. Sabit, yarı zamanlı veya tam zamanlı sinyalizasyon tekniklerinin yetmediği durumlarda eğer adaptif sinyalizasyon kontrol tekniği kullanılacak ise

teknikleri ve ilkelerinin neler olduđu, sistemin gerekliliđi ve algoritması anlatılmaktadır. Bu makale dođrultusunda ATYS kullanmanın algoritmasının veriyi elde etmekle bařladığını ve elde edilen veriler sisteme entegre edilip organize edildikten sonra tarihsel ve gerçek zaman serilerinin analiz edilerek dűřuk gecikme eyleminin gűz űnűne alındığını gűrűyoruz. ATYS'yi kullanmak için giriř ve çıkıřta olmak űzere 2 adet dedektűr kullanılmalıdır. Giriř dedektűrű kavřađa geliř yűnűnde 50- 60 m geride, çıkıř dedektűrű ise kavřak çıkıřından itibaren 12-15 m uzaklıkta konumlandırılmalıdır. Dedektűr sayıları ise kavřakların űstyapısına gűre deđiřmektedir. Çalıřma kapsamında adaptif trafik sistemini kullandığımız modellemede bu kriterler ve algoritma akıřı dikkate alınmıřtır.

Ortaya çıkan problemlerin űzűm yolları arařtırıldıktan sonra bu yolların nasıl uygulanacađı ile ilgili arařtırmalar yapılmıř ve modelleme yapabilmek adına PTV Vissim programının Tűrkiye distribűtűrű olan ISSD řirketinin eđitim videolarından yararlanılmıřtır.

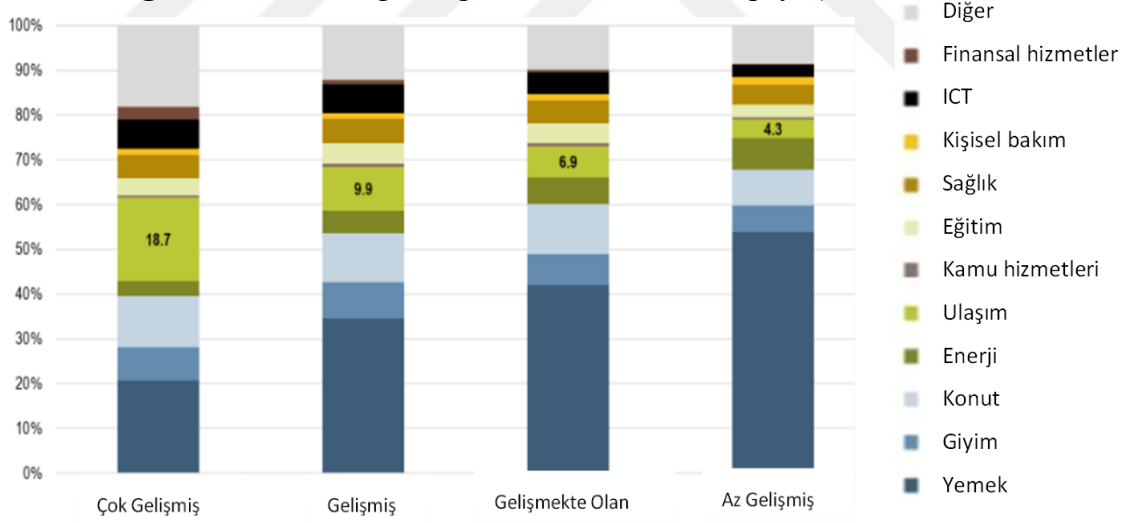
Pekin (2006) tarafından yapılan çalıřmada; ulařım sektűrűnűn sera gazı emisyon oranlarında ulařım sektűrűnűn etkisini IPCC tarafından űnerilmıř ve Tier yaklařımlarıyla belirlenmiř olan metodolojiler ile hesaplamıřtır. NO<sub>x</sub>, CO, CH<sub>4</sub> gibi sera gazlarının yanı sıra bűyűk oranda açıđa çıkan CO<sub>2</sub> sera gazı űzerine yođunlařmıřtır. Hesaplamalar sonucunda gaz emisyonlarındaki artıř olduđu hatta tűketim sebebiyle hızla artmaya devam edeceđi gűzlemlenmiřtir. Trafik akımının dűzenlenmesi ile ulařım kaynaklı emisyonlarda belirgin bir iyileřme gerçekleřeceđi sonucuna varılmıřtır. Yine de sadece akım dűzenlemesinin tamamen yeterli olmadıđı aynı zamanda ulařım planlaması yapılması gerektiđini ve yakıt kullanım alışkanlıklarında deđiřikliklere gidilmesi gerektiđini savunmuřtur.

İstanbul Bűyűkřehir Belediyesi (2016) tarafından hazırlanan İstanbul Otopark Ana Planı kapsamında İstanbul'da yol űstű ve dıřı parklanmalar ile ilgili problemleri azaltmak adına mevcut politika ve stratejilerin dűzenlenmesi için űnerilerde bulunulmuř ve yeni hedefler geliřtirilmiřtir. İstanbul'un en bűyűk problemlerinden biri olan otopark sorunu ciddi bir otopark yűnetimi gerektirmektedir bu çalıřma ile İBB yűnetim planını belirlemiřtir. Ancak çalıřmada da belirtildiđi űzere kurallar uygulanmadıđında yapılan planın hiçbir űnemi yoktur bununla alakalı olarak ciddi denetimler yapılmalıdır. Denetim yűntemi olarak ise AUS yűntemlerinden faydalanılabilmektedir.

## 2. ULAŞIM SİSTEMLERİ VE ETKİLERİ

Ulaşım sistemleri, dünya çapında hareketliliği sağlayarak kentleri ekonomik, siyasal, kültürel ve sosyal olarak etkilediği gibi kentlerin mekânsal fonksiyonlarının şekillenmesinde de önemli bir unsurdur. Aynı zaman da entegre bir ulaşım sistemine sahip şehirler gelişmişlik düzeyi ve yaşam kalitesi yüksek şehirlerdir. Bunun kanıtı olarak gösterilen 2010 yılında yapılan bir çalışmada sektör ve gelire göre tüketim payı incelendiğinde az gelişmiş ülkeler de birincil ve en önemli tüketim payı gıda iken ulaşımın payı çok daha düşük seviyelerdedir, gelişmişlik düzeyi yüksek ülkeler incelendiğinde ise ulaşımın payı gıdanın hemen arkasından gelerek önemini korumaktadır. Ülkelerin gelişmişlik düzeyine göre sektörlerin tüketim payının dağılımını gösteren değerler Çizelge 2.1 de gösterilmektedir.

**Çizelge 2. 1:** Sektör ve gelire göre ülkelerin tüketim payı (Rodrigue, 2020).



Ulaşım sistemi denilince genellikle akla ilk gelen karayolu ulaşımının çok fazla tercih edilmesinin sebebi diğer ulaşım modlarına göre daha esnek (kapıdan kapıya) hizmet sağlayabilmesidir. Karayolu ulaşımı ve onun dışındaki diğer ulaşım sistemlerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz;

- Karayolu Ulaştırması
- Demiryolu Ulaştırması
- Havayolu Ulaştırması

- Denizyolu Ulaştırması
- Boru Hatları (Yonar, 2018).

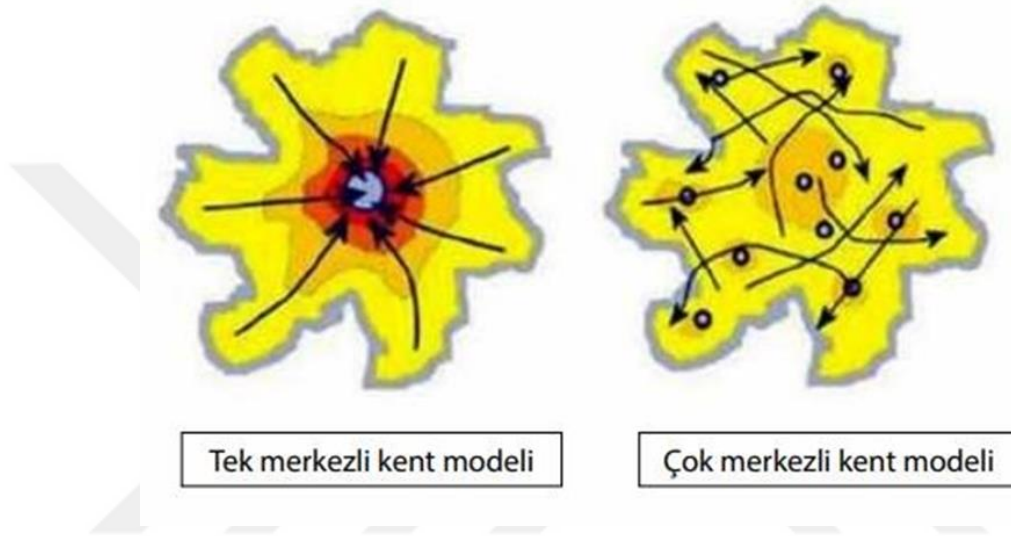
Ulaşım sistemlerinin kullanımı, taşınan yük, zaman ve maliyet faktörlerine göre tercih edilir. Yolcu ve yük miktarının sınırlı olduğu alanlarda daha esnek hizmet sağlayan karayolu ulaşımı tercih edilirken, taşımacılık faaliyetlerinde yük miktarının ve konumlar arası mesafelerin artması ile maliyet, zaman açısından daha verimli görülen denizyolu ve demiryolu sistemleri tercih edilmektedir. Kent içi ulaşım da ise yoğunlukla karayolu tercih edilirken raylı sistemler bölgelerin nüfus yoğunluklarına göre planlanan sistemler olduğu için ve karayolu kadar esnek sistemler olmadığı için kullanımı yaygın değildir. Dünya da nüfus artışı ile birlikte ulaşım olan talep de gün geçtikçe artmaya devam ederken bu talebi karşılamak için üretilen çözümler, insan sağlığını, çevreyi ve mekansal yapıyı olumsuz yönde etkileyen bir hale getirmiştir. Bu bölümde ulaşım sistemlerinin doğrudan ve dolaylı olarak etkilediği mekânsal, ekonomik ve çevresel etkiler incelenecektir.

### **2.1. Ulaşım Sistemlerinin Mekansal Etkileri**

Ulaşım sistemleri kentlerin gelişmesi için önemli bir unsurdur. Bölgesel ölçekten yerel ölçeğe kadar kentlerin sosyal, kültürel, ekonomik ve mekânsal etkileşimi ulaşım ile sağlanmaktadır. Ancak birbirlerinden kopuk veya düşük yoğunluklu bölgelerden oluşan kentler, mekânlar arası yolculuk mesafelerini ve sürelerini arttırmaktadır. Şöyle ki kent merkezi haline gelen alanlarda konut fiyatlarının yüksek olması bireylerin merkezden uzak yaşam alanları oluşturmalarına ve günlük ev, iş, okul ve alışveriş gibi zorunlu yolculuklarda yolculuk sayısını arttırmaktadır. Bununla birlikte tercih edilen yolculuk seçimleri de gelir durumuna göre farklılık göstermektedir. Gelir durumu düşük olan bireyler için toplu taşıma bir zorunluluk olarak görülürken, gelir düzeyi yüksek gruplarda özel araç kullanımı statü farkını temsil ederek toplumsal eşitsizlik yarattığı görülmektedir. Bunun sebebi tek merkezli mekânsal yapı formları anlayışı ile yolculukların tek bir odak noktasında yığılma yaşaması, konut alanlarının merkez etrafında yerleşmesine ve kısıtlı alanda uzun yolculuk sürelerine sebep olmasıdır. Zamanla bu oluşumun sürdürülebilir kent modeli hedeflerine ters düşmesi ve artan nüfus ihtiyaçlarına cevap verememesi sebebi ile yeni kent modelleri ve etkileri incelenmeye başlanmıştır. Yeni geliştirilen

kent olgusu ise baskın bir merkezi alan yerine farklı yoğunlukta dengelenmiş birden fazla kent merkezini içeren modeldir.

Şekil 2.1.'de gösterildiği gibi iki model de ulaşım ihtiyacı aynı olabilmekte fakat çok merkezli kent modelinin farklı başlangıç ve bitiş noktalarına hizmet etmesi sebebi ile mekânlar arası etkileşim daha dengeli olmaktadır. Aynı zamanda birden fazla kent oluşumu kentsel hareketliliği arttırarak ekonomik ilişkilerin gelişmesine de yol açtığı görülmüştür.



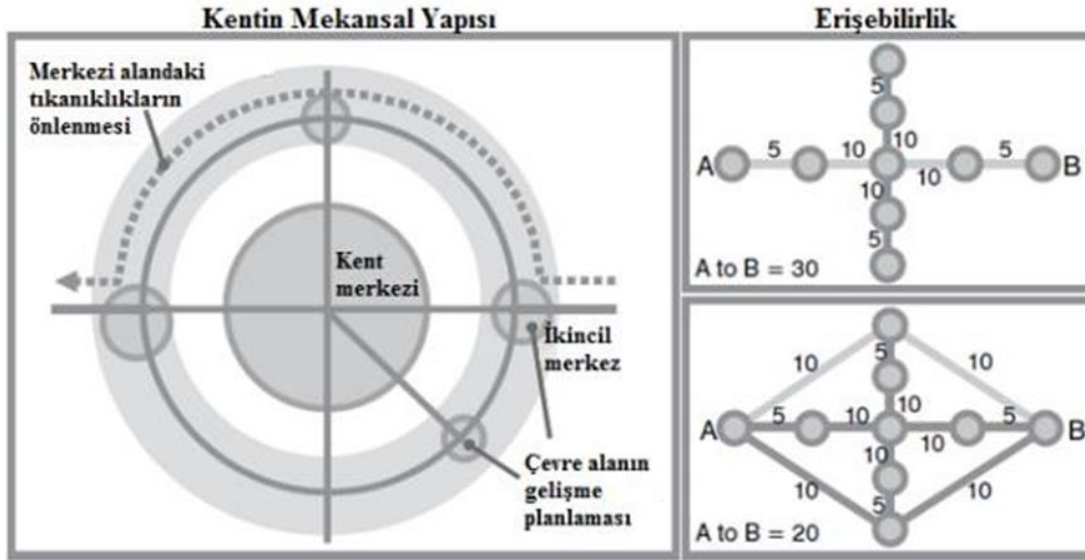
**Şekil 2. 1:** Kentlerde merkez-çeper ilişkisi (Sat ve diğ., 2017)

Çok merkezli kent modeli sayesinde;

- Karma ve dengeli arazi kullanımı
- Ulaşım planlamalarında yaya ve toplu taşıma sistemlerinin önceliklendirilmesi ve ulaşım sistemleri arasında entegrasyon sağlanması
- Kentte sera gazı emisyonu oranlarının azaltılması
- Sosyal ilişkilerin düzenlenmesi
- Ulaşım olanaklarının artırılması hedeflenmektedir.

Şekil 2.2 'de mekânsal yapının gelişiminin erişilebilirlik ile ilgisi gösterilmektedir. Kent merkezinin çeperin de oluşturulan yeni alt merkezler yoğunluğu kendilerine çekerek merkezdeki baskıyı azaltmaktadır. Yeni oluşan alt merkezler ise yolculuk çeşitliliğinin artmasına ve mesafelerin kısalmasını sağlamaktadır. Örneğin şekilde verilen A ve B noktaları arası yolculuk 2 ile 7. koldan geçerse 30 birim yol kat

ederken, 1 ile 6. kol arasında aynı varış noktasına 20 birim yol kat ederek ulaşabilmektedir. Bu sebeple ulaşım sistemlerinde verimliliğin sağlanabilmesi için mekânsal alanların planlanması ve düzenlenmesi önemlidir.



## 2.2. Ulaşım Sistemlerinin Ekonomik Etkileri

Ulaşım küresel ölçekte üretim, tüketim ve ticaret gibi pazar faaliyetlerinin şekillenmesine hizmet ederek ülkelerin ekonomik kalkınmasında önemli bir paya sahiptir. Hizmetin verimliliği ise hız, zaman, erişilebilirlik, ücretlendirme sistemleri ve yatırım maliyetleri faktörleri ile şekillenmektedir. Bir de ulaşım ekonomisi kavramı, alınan hizmetlerinin çevresel ve sosyal olumsuz etkilerini sınırlamak, sürdürülebilir ulaşım yön vermek için uygulanan ekonomik politikalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu politikalar sürdürülebilir ulaşımın sağlanması için ekonomik tedbir olarak adlandırılmaktadır. Bu bölümde doğrudan ve dolaylı olarak ulaşım sistemlerinin ekonomik etkilerine ve sürdürülebilir ulaşım hedeflerine ulaşmak için gereken uygulamalara değinilecektir.

Bireyler olarak yaşamımızın her alanında yolculuklara ihtiyaç duyarız ve bu yolculukların çoğu günlük iş, ev, okul, alışveriş gibi zorunlu yolculuklardır. Her ne kadar teknolojinin gelişmesi birçok faaliyetlerimizi evden gerçekleştirebilme fırsatı verse de insanların yaşamını tamamen eve bağımlı geçirmesi pek mümkün değildir. Bu da bölgesel ve küresel ölçekte ulaşımı önemli kılmaktadır. Ekonomi ise, para ve finansal olan her şey ile ilişkili olarak düşünülse de aslında ekonomi sosyal

bilimlerden biridir, dolayısıyla insanların ve eylemlerinin incelenmesi, herkesin maksimum yararına olacak şekilde toplumun mal ve hizmetlerinin üretimi, dağıtımı ve kullanımı ile ilgilidir (Cowie, 2009).

Ulaşım kalitesinin ve hizmetlerinin geliştirilmesi sayesinde ekonomik faaliyetlerin kolaylaşıp maliyetlerde azalma sağlanması yoluyla gerek tüketiciler gerekse firmalar, ulaşım hizmetlerinden pozitif dışsallık elde ederler. Öte yandan, ulaştırma sektörünün pozitif dışsallıklarının yanı sıra, alt sektörlerin kullandığı benzin, kömür, mazot gibi yakıtların neden olduğu sera gazı etkisi ile gürültü, hava, toprak, su kirliliğinin yanı sıra, tıkanıklık ve kazalarında ulaşım faaliyetlerinden kaynaklanan kirlilikte çevreye ve ekonomiye verdiği negatif dışsallıkları söz konusudur (Erdoğan, 2016). Önceki bölümde bahsedilen otomobil artışı ile oluşan trafik problemlerinin, sıkışıklık, kaza ve bekleme süresi kaynaklı ekonomik etkilerin, sürdürülebilir kent içi ulaşım planlaması bağlamında etkilerinin nasıl azaltılabileceğinden bahsedilecektir.

Karayolu ulaşımı kentlerde en çok yaşanan ve dile getirilen trafik sıkışıklığı, ‘tıkanıklık’ denilen, yol hacminin (taşıt sayısının) yol kapasitesinin üstüne çıkması ile oluşmaktadır. Tıkanıklık, kentlerde tekrarlı ve tekrarlanmayan tıkanıklık olarak karşımıza çıkmaktadır. Tekrarlı tıkanıklıklar bir bölgede pik saatler dediğimiz zirve saatlerde veya hafta sonları gibi belli aralıklarda oluşmasıdır. Tekrarlanmayan tıkanıklık ise anlık yaşanan kazalar, yol bakım-onarım gibi sebepler ile oluşan tıkanıklıktır. Belli bir bölgede sürekli aralıklarla kavşaklarda ve kent içi arterlerde yaşanan tıkanıklık, bölgede oluşan talebin arttığının bir göstergesidir ve bu talebi karşılamak için yapılan yeni yollar, katlı kavşaklar gibi araç öncelikli yeni planlar kentte belli bir süre rahatlama sağlasa da aynı etkilerin tekrar oluşmasına zemin hazırlamaktadır. Oluşan trafik sıkışıklığı ile yılda kişi başına 35 ile 37 saat arası bir sürenin trafikte harcanmasına sebep olmaktadır. Bu süre içinde daha fazla yakıt tüketimi ve ürün sevkiyatlarında ki gecikmeden kaynaklı maliyete bakıldığında bu maliyetlerin Amerika Birleşik Devletleri (ABD)’ de yaklaşık olarak 78 milyar dolar ve işletmelerin ABD’li tüketicilere yansıttığı dolaylı maliyetlerin toplamının yaklaşık olarak 45 milyar doları bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır (Altan,2018). Bununla birlikte öne çıkan diğer bir ekonomik etki ise, oluşan trafik kazaları, can ve malkayıplarının oluşturduğu etkilerdir. Dünyada her yıl milyonlarca insan trafik kazalarında yaralanmakta veya hayatını kaybetmektedir. Kazalar sonucu hayatını kaybeden kişi

sayısı ile yetişmiş insan gücü kaybı, yaralanmalar sonucu oluşan tedavi maliyetleri ve taşıtların, yolların, korkulukların zarar görmesi oluşan etkilerin hepsi ülke ekonomisinde kayba yol açmaktadır. Türkiye’de 2019 yılında trafik kazaları sonucu yaklaşık 55,5 milyar lira ekonomik maliyet ortaya çıkmıştır.

Demiryolu sistemlerinde ise durum karayoluna göre daha farklıdır. Karayolu ile kıyaslandığında aynı kapasitedeki yolcu ve yük için daha az arazi gereksinimi gerektirir. Platform genişliği 13,7 metre olan çift hatlı elektrikli bir demiryolu sisteminin kapasitesi, karayolunda 6 şeritli, 37,5 metre genişliğinde bir alana eşdeğerdir. (Buldurur, 2018). Aynı şekilde 13,7 metre platform genişliği, çift hatlı ve sinyalizasyonlu bir raylı sistem daha az arazi gereksinimi ile kentsel alanlardaki değerli arazilerin korunmasına ve bu alanların toplum yararına kullanımı sağlanabilmektedir. Ancak sabit bir hat üzerinde ilerleyebilmesi gerektiği için erişilebilirlik yönünden kısıtlıdır ve başlangıç yatırım, işletme maliyeti yüksek olduğu için genelde kamu hizmeti olarak sağlanmaktadır ve talebin yoğun olduğu alanlarda kullanılmaktadır. Dolayısıyla raylı sistem yatırım kararında ulaşım talebinin iyi dikkate alınması gerekmektedir. Deniz taşımacılığı, maliyeti en düşük, konfor ve güvenliği yüksek olan taşıma türüdür. Ancak kapıdan kapıya ulaşım sağlayamaması, denizyolu ulaşımını diğer taşıma türlerine bağımlı kılmaktadır. Denizyolu ulaştırmasının faaliyet alanı genel olarak uluslararası bir özellik taşımaktadır. Bununla birlikte kıyı kentlerinde kent içi ulaşımında denizyolundan faydalanılmaktadır (Akbulut, 2016).

Sürdürülebilir bir ulaşım için karayolunun oluşturduğu çevresel ve ekonomik etkileri doğru kent içi planlama ve uygulamalarla etkileri sınırlandırılabilir. Karayolunda otomobil kullanımının kontrol altına alınabilmesi, ulaşım sistemlerinin entegre bir şekilde hizmet verebilmesi ve sürdürülebilir kentsel ulaşım için yapılabilecek uygulamalar;

- Yakıt vergilerinde artış yapmak
- Trafik çözümlemelerinde akıllı ulaşım sistemlerinden (AUS) yararlanmak
- Toplu taşıma öncelikli yol alanı oluşturmak
- Bisiklet paylaşım sistemlerini kent içinde diğer ulaşım türleri ile entegre olacak şekilde arttırmak
- Kent içine yaklaşıkça otomobil kullanımının kademeli bir şekilde

sınırlamak ve çekim gücü yüksek kentsel alanlarda otomobile yönelik ücretlendirme yapmak

- Otopark alanlarında fiyatlandırma artışı yapmak
- Kent içinde yayalaştırma alanları arttırmak ve kaldırımları genişletmek
- Trafikte toplu taşıma öncelik verme
- Merkezi alanlarda araç park kapasitesini sınırlı tutma
- Trafik yavaşlatma uygulamaları (hız kesici tümsekler, yaya geçitlerinde yükseltici uygulamalar) (Şimşek, 2014).

Bu uygulamalar kentsel alanda ulaşım kaynaklı etkilerin büyük ölçüde sınırlandırılmasına ve kentte insan hareketliliğini sağlayarak daha temiz yaşam alanlarına fırsat sağlamaktır. Aynı zamanda kent içinde yayalaştırmanın artması ticari getirinin atmasına etki etmektedir. 2016 yılında dünya çapında sadece yayalara ayrılmış sokakları idame ettiren 100'den fazla şehirde, perakende satışların %49 arttığını, Avusturya, Almanya ve İskandinav ülkelerindeki şehirlerdeki satışlarda ise %60'tan fazla artış olduğu görülmüştür.

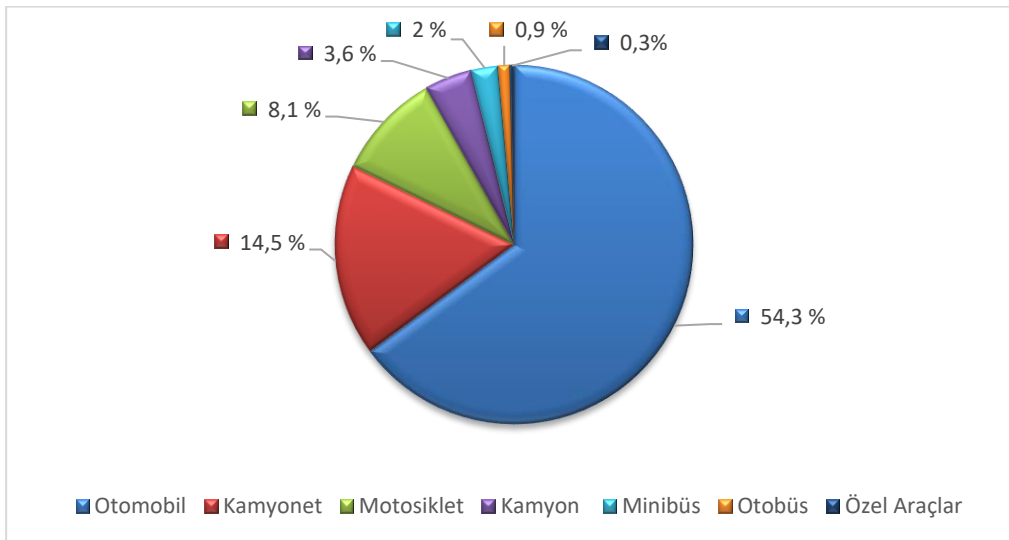
### **2.3. Ulaşım Sistemleri ve Çevresel Etkileri**

Ulaşım, kentlerin şekillenmesinde, üretim, tüketim ve ticaret faaliyetlerinin büyümesinde olumlu etkileri olmasına karşın, bu etkilerin beraberinde getirdiği çevresel olumsuzluklara da sahiptir. Çevresel etkiler, yerel ve bölgesel ölçekten başlayarak, ulusal ve küresel ölçeğe kadar toplumun her kesimini etkilemektedir ve sadece insan sağlığına değil, ülke ekonomisine de zarar vermektedir. Nüfus artışı ve kentlerin genişlemesi, insanların ev-iş, okul, seyahat ve alışveriş gibi günlük yolculuklarının da buna paralel olarak artmasına yol açmaktadır ve bu artış ulaşım duyulan ihtiyacı ve önemi daha da arttırmaktadır. Ancak oluşan talebin doğru planlanamaması, bireysel araç kullanım oranlarının ve yolculuk sayılarının artması, kentte yaşayanların en büyük problemi olan trafik sıkışıklığı, kazalar, enerji tüketimi, ısı adaları, gürültü, hava kirliliği ve sera gazı emisyonları gibi birçok etkilere sebep olmaktadır. Çevresel etkilerin limit değerleri aşması kentsel yaşamı olumsuz etkileyerek yaşam kalitesini düşmesine sebep olmaktadır.

Ulaşım sistemlerinin çevre üzerindeki etkileri incelendiğinde çevresel açıdan diğer ulaşım sistemlerine göre en çok tercih edilen ve çevresel açıdan en verimsiz ulaşım türü karayolu ulaşımı olmaktadır. Diğer ulaşım türlerine göre daha fazla tercih edilmesinin sebebi karayolu ulaşımının diğer ulaşım sistemlerine göre daha esnek (kapıdan kapıya) ve daha konforlu hizmet vermesinden kaynaklanmaktadır. Ancak ulaşımın çevresel etkileri yalnızca ulaşım sistemleri açısından değil, enerji tüketimi, yatırım maliyeti, zaman ve kapasite faktörlerini de içine alarak ulaşım araçları olarak değerlendirmek gerekmektedir. Bu şekilde ulaşım da sürdürülemez kaynakları sürdürülebilir hale getirmek veya olabildiğince daha sürdürülebilir sistemlerle destekleyerek çevresel, ekonomik ve toplumsal fayda sağlanabilmektedir.

Türkiye’de karayolu ulaşımına bakıldığında, 2020 yılı aralık ayı sonu itibari ile 1 milyon 38 bin 905 taşıt trafiğe çıkarken, trafiğe kayıtlı araç sayısı 24 milyon 144 bin 857 olmuştur. 1000 kişiye düşen araç sayısı ise Avrupa’ da 602 araç, Türkiye’de 281’dir. Belirlenen rakamlara göre Türkiye’de ki araç sahipliği Avrupa’ya göre az görünse de trafik sıkışıklığı oranlarında Türkiye yüz ölçümüne oranla üst sıralarda yer almaktadır. Çizelge 2.2 ‘de gösterildiği gibi Türkiye’de araçların %54,3’ünü otomobil, %16,3’ünü kamyonet, %14,5’ini motosiklet, %8,1’ini traktör, %3,6’sını kamyon, %2,0’ını minibüs, %0,9’unu otobüs ve %0,3’ünü özel amaçlı taşıtlar oluşturmaktadır. Otomobil kullanımındaki payın fazla olması Türkiye’de araç sahipliğine yönelik politikaların caydırıcı olmaması ve toplumun araç sahipliğini ekonomik ve statü gücü olarak görmesinden kaynaklandığı öngörülmektedir.

**Çizelge 2. 2: Trafiğe kayıtlı araçların dağılımı Aralık 2020.**



### 2.3.1. Gürültü kirliliği

Gürültü; Ulaşımın yaşam ve kent kalitesindeki etkilerden biri gürültüdür. Gürültüler taşıt veya kullanıcı faktörü ile oluşabilmektedir. Gürültünün en yaygın kaynağı ulaşımıdır. Gürültü kirliliği insanlığı hem fizyolojik hem psikolojik olarak etkilemektedir. Demiryollarında ray ile tekerlek arasındaki sürtünmeden kaynaklı gürültü, karayollarında motor ve korna gürültüsü, havaalanlarında uçak gürültüsüne uzun süre maruz kalma durumunda sağlık problemlerine yol açabilmektedir. Kullanıcı kaynaklı olarak günlük yaşamda maruz kaldığımız korna sesi, uyku veriminin düşmesine ve diğer sürücülerin strese girmesine yol açarak kaza riski oluşturmaktadır. İnsan sağlığı açısından 8 saatlik bir çalışma için gürültü sınırı en fazla 90 desibel olmalıdır. Yoğun bir trafiğin gürültü şiddeti 100 desibel, hava yollarında 103-106 desibel, 150 kilometre hızla giden bir trende ise 65 – 75 desibel arasında değişmektedir. (Buldurur, 2018). Gürültü insan sağlığına etki ettiği gibi bölgede ki konut fiyatlarını da etkilemektedir insanlar kentlerde oluşan gürültü kirliliği sebebi ile kent dışı alanlarda barınmayı istemektedirler ve kent merkezleri yaşam kalitesi düşük iş ve alışveriş merkezleri haline gelerek kent yapısını etkilemektedir. Gürültü kirliliğinde de diğer çevre kirliliklerinde olduğu gibi önlemler alınmalıdır. Kontrol altına alınabilmesi için bölgedeki emisyon ölçümleri yapılmalı sonrasında da gürültüyü azaltmaya yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

### 2.3.2. Kapasite yetersizliği

Kapasite; Ulaşım sistemlerini kapasite ve verimlilik açısından bir örnek ile ele alacak olursak, 3,5 m genişliğinde bir yolda 1 saatte, otomobiller ile 2.000 yolcu taşınırken, otobüsler için 9.000, bisikletler için 14.000, yayalar için 19.000, raylı sistemler için 22.000 olarak hesaplanmaktadır. Bu sebeple demiryolu sistemleri çevresel sürdürülebilirlik açısından diğer motorlu taşıtlara göre daha sürdürülebilir grupta yer almaktadır. 1 saatteki ulaşım türleri kapasitesi şekil 2.3'te verilmektedir.

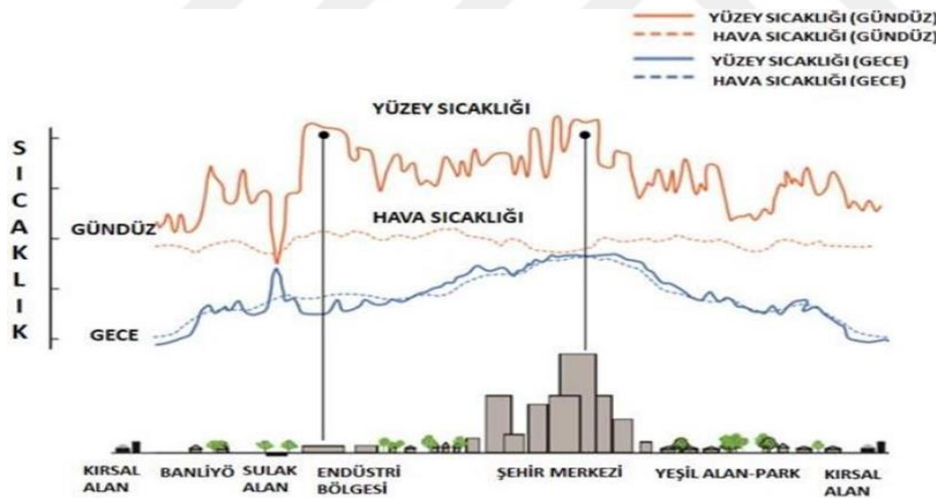


Şekil 2. 3: Ulaşım Türleri Kapasitesi.

Kapasite, verimlilik ve çevresel açısından kentlerde en fazla risk oluşturan otomobillerin, sürdürülebilir kent içi ulaşım planlaması ile artışının kontrol altına alınması, sınırlandırılması ve kentsel alanlarda motorsuz ulaşımı sağlayarak yaşam ve çevre kalitesini yükseltmek amaçlanmaktadır.

### 2.3.3. Isı adaları

Isı adaları; bu bölümde değinmek istenilen diğer bir konu ise özellikle kent içinde fark etmeden etkisini gösteren kentsel ısı adaları oluşumudur. Yeryüzüne ulaşan güneş enerjisi toprak ve su alanlarda buharlaşma sağlayarak dönüşümünü gerçekleştirmektedir. Ancak kentsel alanlarda yol alanlarının arazi kullanımındaki payının yüksek olması, yol kaplamaları, kaldırımlar ve yüksek yapılı binalar gündüz enerjiyi emerek gece yansıtmaktadır. Aynı zamanda yol kaplamalarının koyu renkli olmasından dolayı ısı emilerek depolanmaktadır ve kentsel alanlardaki hava sıcaklığını kırsal alanlara göre 3- 4°C artmasına yol açmaktadır. Bunun bir göstergesi olarak şekil 2.4'te kentsel alanlarda yüzeye göre hava sıcaklığının gece ve gündüz değişimi gösterilmiştir.



Şekil 2. 4: Yüzey sıcaklık değişimleri (Tozam & Bulut Karaca,2018).

Kentlerdeki arazi kullanımının ısı adalarının oluşumunda ki önemini gösteren bu gösterge de bahsedilmesi gereken bir diğer konuda kentlerdeki mekân işgalleridir. Araçlar yalnızca seyir halinde iken değil park halinde de arazilerin verimsiz kullanılmasına sebep olmaktadır. Binalarda, alışveriş merkezlerinde, işyerlerinde ve kent merkezlerinde otomobiller için ayrılan park alanlarının, arazilerin verimsiz kullanımı ile sıcaklığın yükselmesine, ısı adalarının oluşumuna etki etmektedir.

#### 2.3.4. Yakıt tüketimi

CO<sub>2</sub> emisyonlarını etkileyen etkilere biri de yakıt tüketimidir. Yakıt tüketimi, atmosfere yayılarak iklim değişikliğini hızlandıran sera gazlarının bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Başta enerji sektörü olmak üzere birçok tüketim alışkanlıklarımız sera gazı emisyonlarını tetiklemektedir. Karayolu ulaşımında enerjinin büyük bölümü fosil yakıtlar olan petrol ürünleri tarafından sağlanmaktadır denizyolunda petrol ve gaz türü yakıtlar, havayolu taşımacılığında petrol türevi olan gazyağı, demiryolunda ise elektrik veya dizel yakıt kullanımı ağırlıktadır. Çizelge 2.3.'te ulaşım sistemlerinin yolcu ve yük taşımada enerji tüketim değerleri gösterilmiştir.

**Çizelge 2. 3:** Sektör bazında yolcu- km başına enerji tüketimi (Anonim, 2008).

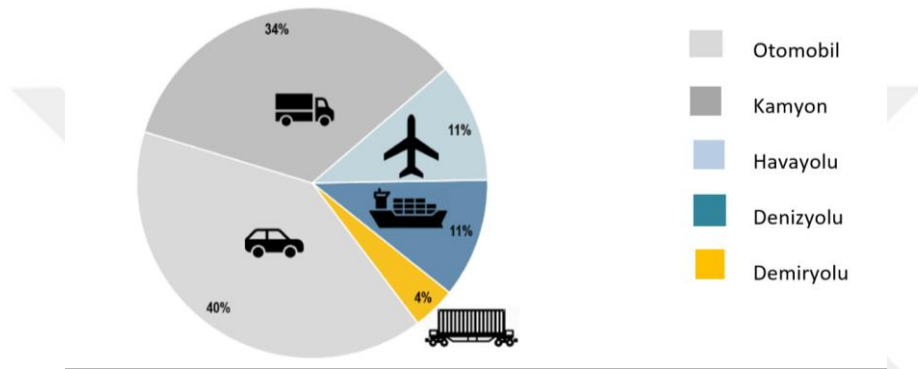
| Ulaştırma Sistemleri | Enerji Tüketimi (Yolcukm) |
|----------------------|---------------------------|
| Karayolu (Otomobil)  | 567 Kcal / yolcu km       |
| Karayolu (Otobüs)    | 155 Kcal / yolcu km       |
| Demiryolu            | 48 Kcal / yolcu km        |
| Denizyolu            | 20 Kcal / yolcu km        |
| Havayolu             | 100 Kcal / yolcu km       |

Çizelge 2.3 de anlaşıldığı gibi demiryolu ve denizyolu sistemlerinde ki enerji tüketimi diğer ulaşım türlerine göre daha düşük seviyededir. Buna ek olarak karayolu taşımacılığında otobüs sistemlerinin taşıma kapasitesi otomobile göre yüksek iken enerji tüketimi daha düşüktür.

Uluslararası Demiryolları Birliği'nin raporuna göre, bir yolcu 1 kWh enerji harcayarak tren ile 5 km, otomobille 1,7 km, uçakla 1,1 km seyahat edebilmektedir. (Buldurur, 2018). Bu sebeple karayolu ulaşımındaki enerji tüketimini azaltmak için otomobil öncelikli sistemleri kısıtlamak, otobüs, bisiklet, raylı sistemler, toplu taşıma sistemlerini öncelikli hale getirmek ve akıllı ulaşım sistemlerinden yararlanarak karayolunda iyileşmeleri sağlamak ulaşım planlamalarında birincil görev olarak ele alınmalıdır.

### 2.3.5. Sera gazı emisyonları

Uzun dönemde yeryüzünün, güneşten aldığı enerji kadarını uzaya göndermesi gerekmektedir. Yeryüzü tarafından gökyüzüne salınan kızılötesi radyasyonun büyük bir bölümü atmosferdeki karbondioksit, su buharı ve doğal oluşan sera gazları tarafından emilir. Dünyadaki ulaşım kaynaklı emisyonların ulaşım sistemlerindeki dağılımı incelendiğinde ise, yaklaşık yüzde 75'i karayolu ulaşımından kaynaklanırken demiryolu sistemlerinin payı yaklaşık yüzde 4 seviyelerinde olması sebebi ile demiryolu sistemlerini çevreci ve sürdürülebilir ulaşım sistemi olarak nitelendirilmektedir.



**Şekil 2. 5:** Ulaşım sistemlerine göre küresel sera gazı emisyonları (Uluslararası Enerji Derneği, 2014).

2019 yılında Türkiye’de ise ulaşım kaynaklı sera gazı emisyonları, ülkenin toplam emisyonlarının yüzde 15,3’ü kadardır. TÜİK verilerine göre 2020 yılındaki ulusal ulaşım emisyonlarının yüzde 94,9’u karayolu taşımacılığından, yüzde 2,7’si ulusal havacılıktan, yüzde 1,6’sı denizyolundan ve yüzde 0,4’ü ise demiryolu taşımacılığından kaynaklanmaktadır. Emisyon tüketiminin demiryolu sistemlerindeki payının bu kadar az olmasının sebebi ise Türkiye’de ki mevcut demiryolu ağı yatırımlarının karayoluna kıyasla çok daha az olmasından kaynaklanmaktadır. Dünyada ilk metro 1863 yılında Londra’da açılırken Türkiye’nin o yıllarda savaş ile mücadele etmesi, nüfus ve araç sayısının trafik problemi oluşturacak seviyede olmaması demiryolu yatırımlarını geride bırakmıştır ve karayolu sistemlerine öncelik verilmiştir. Karayolu ulaşımını iyileştirmeye yönelik yapılan yatırım ve ulaşım planları özel araç kullanımdaki payı günden güne arttırmaktadır.

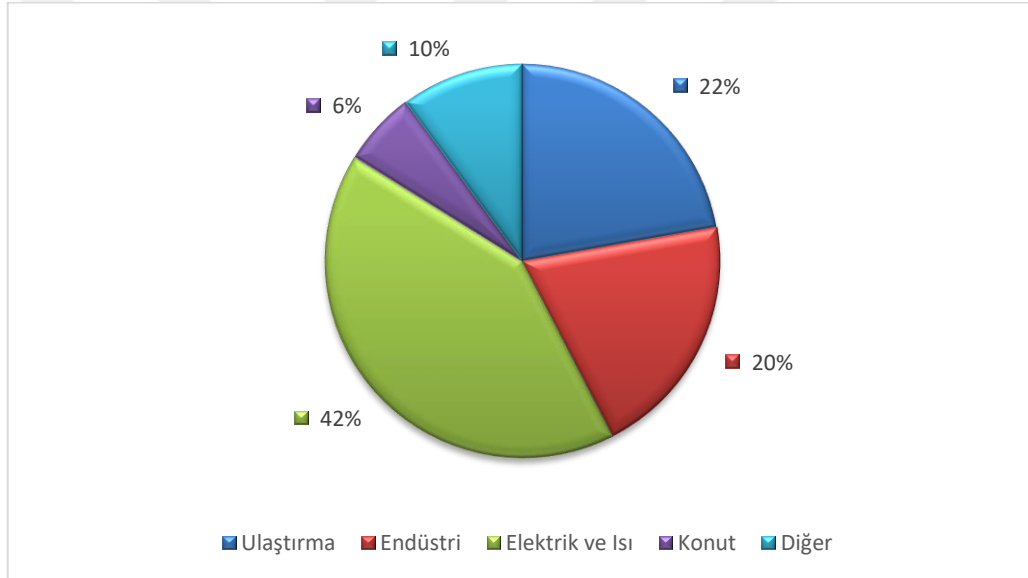
Bazı sera gazları doğal oluşmalar da insan faaliyetlerinden doğrudan veya dolaylı etkilenirler. Diğer sera gazları ise direkt olarak insan faaliyetlerin sonucunda meydana gelir. Sera gazlarının doğal olarak oluşanları şunlardır; karbon dioksit

(CO<sub>2</sub>), su buharı (H<sub>2</sub>O), metan (CH<sub>4</sub>), ozon (O<sub>3</sub>), nitrit oksit (N<sub>2</sub>O). Direkt olarak insan faaliyetleri sonucu ortaya çıkan sera gazları ise şunlardır; halokarbonlar, tamamen florid bileşiği olan kükürt hekzaflorid (SF<sub>6</sub>). Bu gazlar dışında bir de hava kirleticisi olarak bilinen kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), nitrojen dioksit (NO<sub>2</sub>), karbon monoksit (CO) ve yer seviyesi (troposferik) ozon(O<sub>3</sub>) gazı bulunmaktadır (Pekin, M.A., 2006).

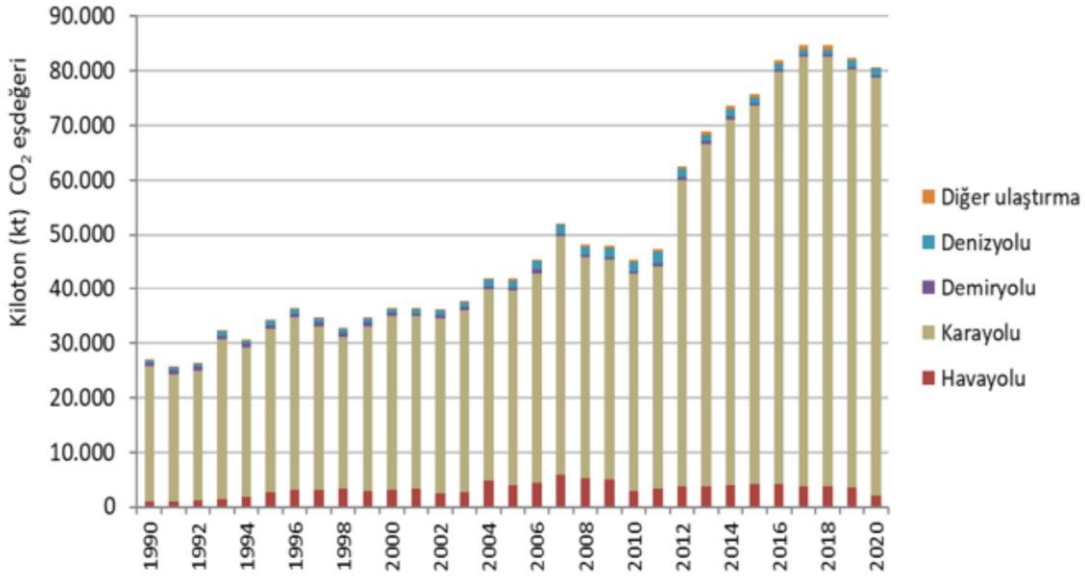
#### 2.3.5.1. CO<sub>2</sub> emisyonu

Çevresel etkiler denilince en çok sözü edilen CO<sub>2</sub> emisyonu, kontrolsüzce artan araç sahipliği ve araçların fosil yakıt tüketimindeki artış ile zamanla etkilerini göstermeye başlamıştır. Çizelge 2.4. te gösterilen değerlere bakıldığında dünyada sektörel olarak CO<sub>2</sub> tüketiminde ulaşımın payı yüzde 22 olarak ikinci sırada yer almaktadır.

**Çizelge 2. 4:** Dünyada sektörel CO<sub>2</sub> emisyonları 2010 (Kılınç & Işık, 2014).



TÜİK'in sera gazı emisyon envanteri verilerine göre, 2020 yılında, Türkiye'nin toplam sera gazı emisyonu CO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak 523,9 milyon tondur. Toplam emisyonların 80.680 kiloton CO<sub>2</sub> eşdeğerini ulaştırma kaynaklı emisyonlar oluşturmaktadır. Şekil 2.6'da ulaştırma türlerine göre sera gazı emisyon değerleri kiloton cinsinden verilmektedir.



**Şekil 2. 6:** Ulaştırma türlerine göre sera gazı emisyon değerleri (TÜİK, 2020).

Kyoto protokolü gereği birçok sektörün sebep olduğu CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması amacıyla uluslararası çalışmalar yürütülmektedir. Ancak artan nüfus ve araç sahipliği sebebiyle yeterince önüne geçilememektedir. Karayollarından kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonunun azaltılması için emisyon oranları daha az olan alternatif yakıtlar kullanılmalıdır, trafiğe yeni çıkan taşıtların yakıt tüketimleri azaltılmalıdır, trafik akışları düzenlenmelidir ve ulaşım planlaması ile alternatif yaklaşımlar kullanılmalıdır. Taşıtların yakıt tüketimi güncel teknolojiler kullanılarak taşıt ve motor teknolojisindeki iyileştirmeler ile azaltılabilir.

Trafik akışının düzenlenmesi sonrası özellikle sürücülerin şehir içinde araçlarını yakıt tüketimi açısından en uygun şartlarda kullanması ile yakıt tüketimi, dolayısıyla da emisyon değerleri düşecektir. Trafik sıkışıklıklarının giderilmesi, akışın ayarlanması ve trafik ışıklarının senkronizasyonu, hız sınırları ile CO<sub>2</sub> emisyonları iyi yönde etkilenmektedir.

Ulaşım planlaması ile yolcuları toplu taşıma yönlendirmek, denizyolu ve demiryolu gibi alternatif ulaşım yöntemlerini kullanmak trafikteki araç yoğunluğunu dolayısıyla da CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltacaktır. Sadece demiryolu, denizyolu değil; yolların alt yapısı geliştirilerek yaya ve bisiklet kullanımı yaygınlaştırılabilir ve ulaşımın çevreye etkisi minimuma indirilebilir.

#### **2.3.5.2. CO emisyonu**

Karbon monoksit (CO) iki atom içeren moleküllerdendir. Kızılötesi radyasyonu emer ancak çözünürlükleri nedeniyle atmosferdeki ömürleri kısadır. Bu sebepten dolayı sera gazları hesaplanırken çoğu zaman ihmal edilir. Ancak CO, benzin gibi karbon içeren fosil yakıtların yanması sırasında ortaya çıkan bir toksik gazdır. Kokusuz, renksiz ve tatsız olması sebebiyle “sessiz öldürücü” olarak da tanımlanmaktadır. O yüzden mümkün olduğunca göz ardı edilmemelidir. Karbonmonoksit zehirlenmesi ölüme sebep olmaktadır.

Dizel motorlarda karbonmonoksit, azot oksit ve hidrokarbonların konsantrasyonu daha düşüktür çünkü yakıtta kurşun ilave edilmemektedir. Ancak dizeller petrol yakan motorlara göre atmosfere 10 kat daha fazla partikül salmaktadır.

#### **2.3.5.3. NO<sub>x</sub> emisyonu**

Eski zamanlarda hava kirleticiler arasında bulunan kükürt oksitlerin yerini günümüzde azot oksitler (NO<sub>x</sub>) almıştır. Normal konsantrasyonlarda renksiz ve kokusuzdurlar. Gaz halindeki kirleticilerdendir. NO<sub>x</sub> de aynı CO gibi yanma sonucu açığa çıkar. Oksidasyonu sonucu azot dioksit (NO<sub>2</sub>) oluşur. Dizel araçların NO<sub>2</sub>/NO oranı benzinli araçlara göre daha yüksektir. Bu gaz sadece insanlara değil bitkilere ve hayvanlara da ciddi zararlar vermektedir.

#### **2.3.5.4.VOC emisyonu**

VOC, Volatile Organic Compounds yani uçucu organik bileşiklerdir. Çevreye ve insana zarara verme özelliği bulunmaktadır. VOC’ler NO<sub>x</sub> ve CO ile reaksiyona girerek yer seviyesindeki duman olarak adlandırdığımız troposferik ozonu (O<sub>3</sub>) oluşturur. Doğal olarak oluşan ozon ışınları emerek gezegeni korurken, toprak seviyesinde kimyasal maddelerle oluşursa bitkilere zarar verebilir. Isı dalgalarını, iklimsel reaksiyonları şiddetlendirebilir ve düşük seviyeli ozon üretiminin artmasına neden olabilir. CO ve NO<sub>x</sub> emisyonunun azaltılması doğru orantılı olarak VOC emisyonunu da azaltmaktadır.



### **3. AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ**

Son zamanlarda bilgi işlem donanımı, konumlandırma sistemi, sensör teknolojileri, telekomünikasyon, veri işleme, sanal operasyon ve planlama teknikleri gibi yeni teknolojilerin benimsenmesi ve çeşitli alanlardaki gelişmeler nedeniyle ulaşım sistemine bakış tamamen değişti. Akıllı ulaşım sistemleri (AUS), farklı ulaşım modları ve trafik yönetimi ile ilgili yenilikçi hizmetler sunmayı ve kullanıcıların daha iyi bilgilendirilmelerini ve ulaşım ağlarını daha güvenli, daha koordineli ve 'akıllı' kullanmalarını sağlamayı amaçlayan gelişmiş bir uygulamadır. Bu teknolojilerden bazıları, bir kaza olduğunda acil servis çağırma, trafik kurallarını uygulamak için kameraları kullanmayı veya koşullara bağlı olarak hız limiti değişikliklerini gösteren işaretleri içerir. AUS, iş birliği içinde olan çözümler ve ulaşım için güvenilir bir platform sunmaktadır. AUS sadece karayolu trafiği ile sınırlı kalmayıp; navigasyon sistemi, hava ulaşım sistemi, deniz ulaşım sistemi ve raylı sistemlerde de hizmet vermektedir.

#### **3.1. AUS Yönetimi**

AUS içerisindeki ulaşım kelimesi sebebiyle bize sadece yolları anımsatsa da işin arka planında aslında çok daha büyük teknolojilerin, yazılımların ve planlamaların olduğunu görüyoruz. Bu yüzden bu sistemlere sadece ulaşım olarak bakamayız. Otoyol Yönetimi, Toplu Ulaşım Yönetimi, Acil Durum Yönetimi, Trafik Yönetimi, Otopark Yönetimi gibi sistemler birleşerek ana maddeyi yani Akıllı Ulaşım Sistemlerini oluşturur.

##### **3.1.1. Otoyol yönetimi**

En önemli ve ilk madde olan Otoyol Yönetimi; otoyol üzerindeki yol bilgilerinin zamanında temini ve seyahat edenlere aktarılması için trafik akımını engelleyen unsurları belirleyen, trafik şartlarını izlemeyi sağlayan ve uygun yönetim stratejileriyle bilgi yayma yöntemlerini kullanan bir yönetim sistemidir. Otoyol yönetimi için kurulan merkezlerde ilgili kişiler, elektronik ortamda trafik durumunu

inceler ve duruma göre ekipleri koordine ederek acil durumlara müdahale ederler. Bu süreçte ise bazı sensör sistemlerini, otomatik taşıt tanıma sistemlerini, video görüntülerini, hız ölçerleri kullanırlar. Günümüzde otoyol yönetimindeki en önemli hedef akıllı araç ve yol teknolojisidir. Sürücüsüz, akıllı araçlar ile akıllı otoyolların birleşmesiyle güvenlik, kontrol ve sürüş kalitesi artmaktadır. Çünkü bu sayede taşıtların birbirini takip durumundan normal seyir durumuna kadar birçok şey sistem tarafından kontrol edilebilir. Bu ise insani sebeplerden dolayı oluşan trafikteki problemlerin yüksek oranda azaltılması anlamına gelir. Sürücülerin yolda kontrolsüzce hızlanıp yavaşlamasının önüne geçileceği için düzgün sürüş oranı yükselecek ve bu da trafik oranını azaltacaktır.

### **3.1.2. Toplu ulaşım yönetimi**

Otoyol yönetiminden sonra ulaşım sisteminin en önemli parçası olan toplu ulaşımın yönetimi AUS stratejisidir. Toplu Ulaşım Yönetimi için kullanılan GPS sistemi ile taşıtların konumu izlenebilir ve bilgiler merkeze iletilir. Bu bilgiler taşıtın olması gereken konum ve trafiğin durumuyla kıyaslanır. Kıyaslama sonucu duraklarda bulunan ekranlarda, mobil uygulamalarda ve toplu ulaşım ile ilgili kullanılan bütün yazılımlarda taşıtın ne zaman geleceği veya bir aksama olup olmadığı ile ilgili bilgiler verilir. Araç içlerinde kullanılan sensör ve kameralarla da yakıt seviyesi, rutin bakım durumu, lastik basıncı gibi taşıt performans parametreleri ve taşıt içi yolcu durumu takip edilebilir.

### **3.1.3. Acil durum yönetimi**

Tüm bu yönetim sistemlerini kapsayan bir diğer unsur ise Acil Durum Yönetimidir. Bu yönetimdeki amaç acil durumlardaki müdahale hızının iyileştirilmesi, kapsamlı bir şekilde müdahale etmek ve zararı azaltarak hayat kurtarmaktır. Ülkemizde cep telefonları dışında topluma açık alanlarda ortak kullanıma uygun acil çağrı merkezleri kurulmuştur. Özellikle tüneller gibi telefon çekmeyen yerlere telefon kulübesi, çağrı cihazları koyulmuştur. Asıl yönetim kısmı ise bu çağrı merkezlerinden alınan acil çağrının alınması ile olay yerine geliş arasındaki sürenin minimuma indirilmesidir. Acil durumlarda müdahalenin en önemli parçası olayın ihbar edilmesidir çağrı merkezlerinin kurulma sebebi ise budur. Kişi ihbarı yapabilecek durumda olamazsa diye son zamanlarda bazı araçlara acil durum

bildirme özelliği eklenmiştir. Bu sistemler ile kaza anında araç otomatik olarak acil durum merkezlerine konum ve kaza bilgisi iletmektedir.

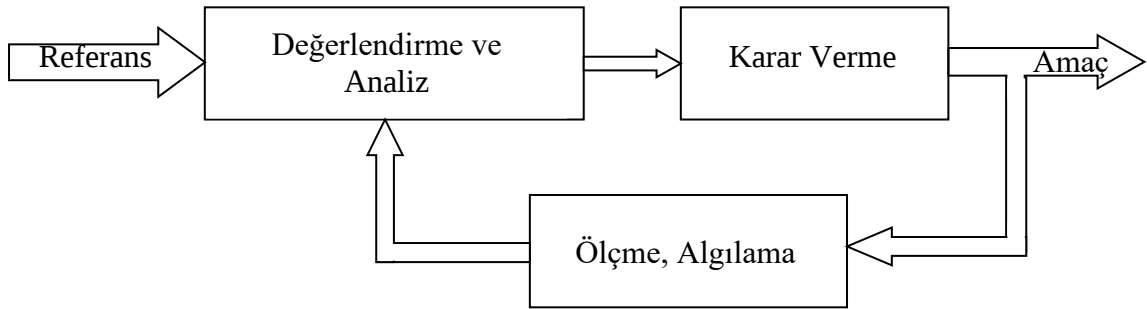
#### 3.1.4. Otopark yönetimi

Son olarakta Otopark Yönetimine baktığımızda özellikle şehir içi hareketin yoğun olduğu bölgelerde düzensiz araç parkları trafiği çok etkilemektedir. Şehir genelinde bulunan araç sayısını kaldırabilecek kapasitede otoparklar yapılmalıdır. Otopark yönetimi ise bu parkların uygun şekilde kullanılmasını ve kapasite düzenlemesini kapsamaktadır. AUS kullanılarak kullanıcılar bilgilendirilir ve planlamalar yapılabilir.

Akıllı Ulaşım Sistemlerinin (ITS) amacına ulaşması için aşağıdaki üç temel işlem doğru şekilde yürütülmelidir;

- Hedeflere ulaşmak için değerlendirmelere dayalı sağlam kararlar alın.
- Elde edilen verileri uygun kriterlere göre değerlendirin ve analiz edin.
- Gerçek zamanlı ve doğru ölçüm yoluyla sağlıklı veriler elde edin.

Aşağıdaki Şekil 3.1'de, bu üç temel süreç arasındaki ilişki gösterilmektedir. Bu yapı aynı zamanda geri beslemeli otomatik kontrol sisteminin de temel yapısıdır.



**Şekil 3. 1:** AUS hedeflerine ulaşmak için üç temel işlemin ilişkisi.

### 3.2. Dünyada AUS

Dünya genelinde AUS gelişimine baktığımızda ilk önemli araştırmaların 1960-70'li yıllarda başladığını görüyoruz. 1960'lı yıllarda ışık ihlali tespit kameraları, değişken mesaj işaretleri ve hız limiti işaretleri kullanılmaya başlanmıştır. Sonlarında ise Amerika'da Elektronik Rota Kılavuzlama Sistemi (ERGS) uygulamaya geçmiştir. 1970'lere geldiğimizde Japonya'da Kapsamlı Otomobil Kontrol Sistemi (CACS),

Almanya’da benzer bir sistem olan Sürücü Radyo Yayını Bilgilendirme Sistemi (ALI), bunlara ek olarak ise hız tespit radarları ve otomatik plaka okuma sistemleri kullanılmaya başlanmıştır. 1980’lerde kullanılmaya başlanan sistemlerin bazıları ise otomatik navigasyon sistemleri, yol-hava durumu bilgi sistemleri ve Avustralya’da Sydney Koordine Adaptif Trafik Sistemi (SCATS)’dir. Tüm bu sistemler ortak olarak rota kılavuzlama yöntemi üzerinde geliştirilmiş ve devasa merkezi işletim sistemlerine dayandırılmıştır. Çeşitli kısıtlamalardan dolayı bu sistemlerin büyük bir kısmı pratik uygulamaya dönüşmemiştir.

İlk araştırmalar sonrasında teknolojinin gelişmesiyle ucuzlatılmış ve pratik kullanıma uygun yeni araştırma ve geliştirme çabaları başlamıştır. Başlarda hizmet kalitesini yükseltmek ve problemleri çözmeye yönelik planlar tasarlanmış olsa da zaman içerisinde AUS için farklı ulaşım türlerini içine alan geniş kapsamlı bir uygulama alanı oluşmuştur. 1990 yılı sonrasında dünyada akıllı ulaşım sistemleriyle ilgili kongreler yapılmaya başlanmış ve bu konu üzerine topluluklar kurulmuştur. 1991 yılında ERTICO (Avrupa Karayolu Ulaştırması Telematikleri Uygulama ve Koordinasyon Kurumu) kurulmuş arkasından ise Amerika’da IVHS (Akıllı Araçlar Topluluğu) kurulmuştur. Bu topluluklar AUS içeriğinde olduğu gibi ileri teknolojiyi geleneksel ulaşım altyapısıyla birleştirmeyi amaçlamışlardır. AUS çerçevesi genişledikçe ulusal ve uluslararası platformlarda son derece etkin ve önemli bir unsur olma yolunda ilerlemektedir.

Avrupa’nın sürdürülebilir ulaşım hedeflerini gerçekleştirmek kapsamında uyguladığı politika ve uygulamalar kronolojik sıra ile verilmiştir. Avrupa Taşımacılığı 2010 Politikası; 2010 yılı için 4 öncelikli eylem, 12 politika ve 78 ölçüt belirlenmiştir bu politikalar;

- Karayolu ulaşımında kalitenin iyileştirilmesi
- Demiryollarının canlandırılması
- Hava ulaşımında büyümenin kontrolü
- Deniz ve iç su yolu ulaşımının özendirilmesi
- Türler arası bütünleşmenin sağlanması
- Trans
- Avrupa ulaşım ağının oluşturulması

- Etkin ücretlendirme politikası
- Temiz ve verimli ulaşım için teknoloji geliştirme
- Küreselleşme alanında ulaşım yönetimi konularını kapsamaktadır.

Avrupa Hareketlilik Haftası (2002); 2002 yılında başlayan Avrupa Hareketlilik Haftası Kampanyası temiz hareketliliği ve sürdürülebilir kentsel ulaşımı teşvik ederek halk sağlığını ve yaşam kalitesini iyileştirmeye çalışmaktadır. İnsanlara sokaklarda özgürce dolaşabilme ve hava kirliliği, daha temiz ulaşım, sürdürülebilir ulaşım yöntemleri ve benzeri gibi kentsel zorlukların üstesinden gelmek için pratik çözümler deneme şansı tanımaktadır. Türkiye’de 2007 yılından beri bu kampanyaya katılmaktadır. Kentsel Mobilite Yeşil Kitap (2007); Avrupa Komisyonu tarafından 25 Eylül 2007 de "Kentsel hareketlilik için yeni bir kültüre doğru" ilkesi ile Yeşil Kitap’ı yayınlanmıştır. Kentsel hareketlilik, ulaşım sistemlerin akıcı ve daha yeşil, daha akıllı daha erişilebilir, daha güvenli olması için sürdürülebilirliğin temel unsurları belirlemektedir. Kentsel Hareketlilik Eylem Planı (2009); 2009 Kentsel Hareketlilik Eylem Planı ile altı tematik alanda gruplandırılmış AB düzeyinde eylem için bir çerçeve sağlanarak AB kentsel hareketlilik politikasını işlevsel hale getirilmesini sağlamıştır. Plan kapsamında belirlenen tematik alanlar şunlardır:

- Politika entegrasyonlarına teşvik sağlama
- Vatandaş odaklı politikalar- Kentsel ulaşımın yeşillendirilmesi
- Finansman kaynaklarının güçlendirilmesi
- Tecrübe ve bilgi paylaşımı
- Kentsel mobilitenin optimize edilmesidir.

Beyaz Kitap (2011); 2011 Ulaşım Beyaz Kitabı, ulaştırma sektörünün petrole bağımlılığına ve bunun sera gazı emisyonlarına katkısına güçlü bir şekilde odaklanarak ulaştırma sektörü kaynaklı emisyonlarda genel bir azalma sağlamasını gerektiren nicel hedefler içermektedir. Ana hedef 2050 yılına kadar ulaşım kaynaklı karbon emisyonlarında %60 oranında azalma sağlamaktır. Temel hedeflerinden bazıları;

- Şehir içi ulaşımında “geleneksel yakıtlı” arabaların kullanımını 2030'a kadar yarıya indirmek, 2050 yılına kadar şehirlerde aşamalı olarak kullanımı kısıtlamak.

- Havacılıkta sürdürülebilir düşük karbonlu yakıtların %40 kullanımı, lojistik emisyonlarında %40 azalma,
- Orta mesafeli şehirlerarası yolcu ve yük hareketliliğinde karayolundan demiryoluna ve denizyolu taşımacılığına %50 kayma. Sağlamak.
- Bu hedeflerin uygulanması ulaşım emisyonlarında %60 azalmaya katkıda bulunmaktadır (European Environment Agency, 2018), (Buldurur, 2018).

Kentsel Mobilite Paketi (2013); AB genelinde sürdürülebilir kentsel hareketliliğin sağlanabilmesi için; en iyi uygulamaların paylaşımını sağlamak, araştırma ve yenilikçi yaklaşımları hızlandırarak özellikle az gelişmiş bölgelerdeki kentsel ulaşım projeleri için mali destek sağlanması hedeflenmektedir. Kentsel Mobilite Paketi (2013) dört ana başlık altında ele alınmıştır. Bunlar;

- Sürdürülebilir Kentsel Hareketlilik Planları (SUMP)
- Kamu ve özel sektör etkileşimini kontrol etmek, güçlendirmek
- Deneyimleri paylaşmak, en iyi uygulamaları incelemek ve Üye Devletleri dâhil ederek uluslararası iş birliğini sağlamak
- Hedeflenen finansal desteği sağlamak.

Avrupa Birliği için Kentsel Gündem (2016); AB entegre ve mekâna dayalı sürdürülebilir gelişimi için teşvik edici, güvenli, yeşil ve esnek şehirler inşa etme ihtiyacı duymuştur. Bu kapsamda oluşan Kentsel Gündem, AB'nin ulusal politika mevzuatı kapsayıcı, entegre ve birbiri ile bağlantılı yaklaşım ile somut temalara odaklanarak kentsel alanlarda yaşam kalitesini yükseltmektir. Belirlenen 12 öncelikli temanın sorunlarının tespiti için AB, Üye Devletler ve şehirler için ele alınan eylem planları yoluyla çözümler ortaya konulması öngörülmektedir. Kentsel Gündem için belirlenen 12 tema şunlardır:

- Hava kalitesi
- Sürdürülebilir arazi kullanımı
- Ekonomi
- Kentsel hareketlilik
- Enerji tüketimi
- İklim

- İstihdam
- Barınma
- Teknolojik katılım
- Yoksulluk
- Kamu gücü
- Göçmen ve mültecilerin katılımı (Ökten & Ökten, 2018).

AUS pazarında pay sahibi olmak isteyen gelişmiş ülkelerin arasındaki rekabet ortamı ise hızla devam etmektedir. Peki Türkiye bu pazarın neresindedir?

### 3.3. Türkiye’de AUS

Türkiye nüfusu ve arazi yapısı sebebiyle kendi içerisinde yoğun ulaşım yapılaşmalarına sahip olduğu gibi dünya üzerindeki konumundan dolayı da ulaşım açısından uluslararası kilit noktalardan birinde yer almaktadır. Geçmişte önemli ticaret merkezlerinin güzergahında olan ülkemiz günümüzde de hem enerji taşımacılığının merkezi hem de kıtaları birleştiren bir ülke durumundadır. Ticaret ağının genişlemesi Türkiye’nin ulaşım sektörünü ciddi şekilde etkilemiştir. Diğer yandan artan nüfus ile doğru orantılı olan trafik sıkışıklığı beraberinde CO<sub>2</sub> emisyonu, trafik kazaları ve ulaşım süresinin artması gibi problemleri beraberinde getirmiştir. Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de teknolojinin gelişiminden faydalanılmış ve akıllı ulaşım sistemleri kullanılarak bazı problemlerin önüne geçmek hedeflenmiştir. Kısa zamanda uzun yol katedilmiştir. Sadece ulaştırma sektörü değil enerji, sanayi, inşaat, sağlık, eğitim, haberleşme ve bilişim yazılım sektörleri de AUS uygulamalarından etkilenmiştir.

Avrupa Birliği uygulamaları uzun süreler boyunca bölgesel ölçekte birçok başarılı örneği bünyesinde barındırarak sürdürülebilirlik kavramının dünya gündeminde yer almasına ve gelecekteki kentsel bakış açısına yön vermesini sağlamaktadır.

Türkiye’de ise kentleşme kavramı ve uygulamaları genellikle iktidar tarafından popülist politikalar ile şekillenmiştir ve yapılan planlama ve programlamalar yasal düzenlemelere rağmen istenilen sonuçları vermemiştir (Tunçer, 2016). Kalkınma planları Türkiye’deki kentleşme politikalarının ilkelerini ve hedeflerini göstermesi bakımından oldukça önemli bulunmaktadır. Avrupa Birliği sürecinde gerçekleşen

Sürdürülebilir Kentleşme Politikalarının yansımaları birçok ülkede olduğu gibi Türkiye’de de ulusal belgelerde görülmektedir. 1961 yılında yayınlanmaya başlayan ve 2030 yılına kadar uzanan beş yıllık periyodlarla uygulanan Kalkınma Planları, Sürdürülebilir Kentleşme Hedefleri oluşturarak politikalar geliştirilmesine yön vermektedir. Kalkınma Planları kurum ve kuruluşların yanı sıra sivil toplumun katılımı ile sorunların tespit edilerek kısa ve uzun vadeli politikalar ile desteklenmesini sağlamaktadır. Çizelge 2.2’de Türkiye’de kalkınma planlarındaki sürdürülebilir kent hedeflerine yer verilmiştir.

| PLANLAR            | YILLAR    | HEDEFLER                                                                                             |
|--------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Kalkınma Planı  | 1961-1967 | Ulaşımda altyapı sistemlerinin geliştirilmesi                                                        |
| 2. Kalkınma Planı  | 1968-1972 | Gelişme merkezlerinin önerilmesi                                                                     |
| 3. Kalkınma Planı  | 1973-1978 | Doğanın korunması ve çevresel yönetim                                                                |
| 4. Kalkınma Planı  | 1979-1983 | Sağlıklı kentleşme                                                                                   |
| 5. Kalkınma Planı  | 1985-1989 | Bruntland Raporu’nun ele alınması ve “Gelecek Nesiller” için yaşam kalitesinin yükseltici gelişmeler |
| 6. Kalkınma Planı  | 1990-1994 | Gelecek nesillere insana yakışır bir doğa, fiziki ve sosyal çevre bırakmak                           |
| 7. Kalkınma Planı  | 1996-2000 | İnsan odaklı sürdürülebilir gelişme                                                                  |
| 8. Kalkınma Planı  | 2001-2005 | Sürdürülebilir kentleşme yapısı                                                                      |
| 9. Kalkınma Planı  | 2007-2013 | Plansız ve çarpık kentleşmenin sebep olduğu sorunlara karşı çözüm, kentsel dönüşüm                   |
| 10. Kalkınma Planı | 2014-2018 | Aşırı ve plansız büyümeye karşı kentlerin yönetimi                                                   |
| 11. Kalkınma Planı | 2019-2023 | Yaşanabilir şehirler ve sürdürülebilir çevre                                                         |

**Şekil 3. 2:** Türkiye'deki Kalkınma Planlarında sürdürülebilir kent hedefleri (Ökten & Ökten, 2018)

Sürdürülebilir kentleşme kapsamında ulaşım sistemlerinin sürdürülebilir hale getirilmesi için uygulanan politika ve eylemler, motorsuz ulaşım türlerinin (yürüme, bisiklet gibi) desteklenmesi ve otomobil kullanımının caydırılması, yol güvenliğinin sağlanması ve toplu taşıma sistemlerinin tercih edilebilirliğini artırılması amaçlanmaktadır. Uygulanan politikalar itme ve çekme politikaları olarak kategorize edilirse, itme politikaları ile araç kullanımı caydırılmaya çalışılırken çekme politikaları ile de kullanıcıları motorsuz ulaşım türlerine ve toplu taşıma sistemlerine yönelmesini sağlayacak politikalar düzenlenmektedir. Uygulanan politikalarda etkin sonuçlara ulaşabilmek için iki politikanın da dengeli bir şekilde oluşturulması önemlidir.

Çekme politikalarının amacına ulaşabilmesi için;

- Toplu Taşıma Sistemleri (otobüs, metrobüs, metro)
- Motorsuz Ulaşım Türleri (yürüme, bisiklet)

İtme politikalarının amacına ulaşabilmesi için;

- Ekonomik Tedbirler (Vergilendirme uygulamaları, yol ücretlendirme sistemleri)
- Park Yönetimi (Park et – bin uygulamaları)
- Trafik Yavaşlatma (Hız kesici tümsekler, yol daraltma, ada ve dönel kavşaklar) uygulamalarına yer verilerek sürdürülebilir ulaşımın politikalar ile desteklenmesi sağlanabilmektedir (Cirit, 2014).

AUS ile ilk adımlar 1984 yılında İstanbul’da saatlere göre anayollar üzerindeki sinyalize kavşaklarda sinyal sürelerinin düzenlenmesi ile atılmıştır. Daha sonrasında Otoyol Ücret Toplama Sistemi getirilmiştir. Bu sistem ile araçlar otoyollarda araç sınıflarına göre ve gittikleri mesafeye göre değişen ücrete tabii tutulmuştur. Nüfusla birlikte araç sahipliğinin de artması trafik problemlerini arttırmış ve bir çözüm olarak insanları toplu taşımaya yönlendirmek amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda toplu taşıma kartı sistemi olan AKBİL uygulaması aktifleştirilmiştir. İlk Trafik Kontrol Merkezi (TKM) 1995 yılında kurulmuş ve arıza gibi durumlar yaşandığında kavşakların kontrolü yapılmaya başlanmıştır. Belli noktalara kurulan kameralar ile kent içi trafik görüntüleri bu kontrol merkezine iletmeye başlanmıştır. Bu süreçlerde daha önceden uygulanmaya başlayan Otoyol Ücret Toplama Sistemi geliştirilmiş ve önce kartlı sisteme sonrasında HGS yani Hızlı Geçiş Sistemine

geçilmiştir. Böylelikle araçlar aks mesafesi ve dingil sayısına göre sınıflandırılıp geçiş ücretine tabii tutulmuştur.

2000’li yıllar itibariyle kamu kurumları ve özel sektör firmaları iş birliği yapmış, trafik bilgilendirme sistemleri konusunda farklı projeler yapmaya başlamışlardır. Uzaktan kontrol ve veri toplama istasyonları, çeşitli haberleşme sistemleri, video görüntü yakalama ve işleme sistemleri kurulmuştur. Bu sistemler ile WEB ve Mobil cihazlarda trafik bilgi sistemleri entegre edilmiştir. Günümüzde hala kullanılan Elektronik Denetleme Sistemleri (EDS) için ilk çalışmalar 2006 yılında başlamış, gün geçtikçe gelişmiştir. Şu an hız tespiti, trafik kontrolü gibi birçok alanda EDS kullanılmaktadır. Kameraların kullanımından sadece EDS de faydalanılmamıştır. Onun yanı sıra KGM tarafından Araç Sayım ve Sınıflandırma projesi yürütülmüş ve otomatik araç sayım istasyonları kurulmuştur.

TÜİK 2010-2018 verilerine göre şehirlerdeki nüfus artış oranı %35 ve özel otomobil sayısı artış oranı %64,33’tür. 2010 yılı sonrası AUS ülkemizde daha aktif kullanılmaya başlamıştır. Özellikle mobil uygulamalarda çeşitlilik ve kullanım oranı artmıştır. Kullanıcıların anlık olarak otobüs güzergahları, sefer saatleri ve trafik durumu hakkındaki bilgilere ulaşması sağlanmıştır. Sadece mobil uygulamalar değil değişken bilgilendirme ekranlarının kullanımı da kullanıcılar için faydalı olmuştur. Duraklara kurulan ekranlar hangi otobüsün kaç dakikaya geleceğini, herhangi bir aksama olup olmadığını gösterirken aracın içerisine kurulan ekranlar güzergahı, hangi durakta olduğunu ve gelecek durağın ne olduğunu gösterir. Böylelikle AUS sayesinde toplu taşıma kullanımında ciddi kolaylıklar sağlanır. Bu yenilikler ve teknolojinin kullanımı sadece karayolunda değil, aynı zamanda havayolu, demiryolu ve deniz yolunda da kullanılmıştır. Örnek olarak havalimanlarında uçak kapılarını ve genel uçuş bilgilerini veren büyük ekranlar verilebilir. Özellikle yeni açılan İstanbul Havalimanı gibi büyük havalimanlarında bu ekranlar sayesinde uçağınızın rötar, kapı, saat gibi bilgilerini edinebilir, uçuş sonrasında ise rahatlıkla bagajınızın geleceği bandı bulabilirsiniz. Günümüzde genele baktığımızda bu teknolojiler bize çok basit gelebilir ancak geçmişle kıyasladığımızda aradaki fark ve yaşadığımız kolaylıklar gözler önüne seriliyor.

2014 yılında ülkemizde ilk kez Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Geliştirme Belgesi Resmi Gazetede yayınlanmıştır. Daha sonrasında strateji belgesine ek olarak eylem planı yayınlanmış ve bu plan 2014-

2016 yıllarını kapsamıştır. 5 stratejik amaç, 21 hedef ve 38 eylemden oluşan plandaki eylemlerin 9 tanesi sürekli olarak tanımlanmış kalanının ise belirli yıllar içerisinde tamamlanması hedeflenmiştir. Daha sonrasında teknolojinin gelişmesiyle 2014 yılında hazırlanan strateji belgesinin güncellenmesi gerekmiştir. 2020 yılında bu konuya yönelik çalışmalar yapılmış ve yeni bir AUS Strateji Belgesi ekinde ise 2020-2023 yıllarını kapsayan Eylem Planı yayınlanmıştır. Çalışmanın hazırlanmasında Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı gibi kamu kurumlarının; Büyükşehirler başta olmak üzere Yerel Yönetimlerin, Üniversitelerin, Özel Sektörün ve Türkiye AUS Derneği, Türkiye Belediyeler Birliği (TBB) gibi Sivil Toplum Kuruluşların büyük katkıları olmuştur.

Ülkemizin AUS alanında yakın dönem hedeflerini kapsayan ve aşağıda yer alan 5 stratejik amaca ulaşmak için 31 adet eylem belirlenmiştir.

- Stratejik Amaç-1: AUS Altyapısının Geliştirilmesi
- Stratejik Amaç-2: Sürdürülebilir Akıllı Hareketliliğin Sağlanması
- Stratejik Amaç-3: Yol ve Sürüş Güvenliğinin Sağlanması
- Stratejik Amaç-4: Yaşanabilir Çevre ve Bilinçli Toplum Oluşturulması
- Stratejik Amaç-5: Veri Paylaşımı ve Güvenliğinin Sağlanması (UAB, 2020).

Bu çalışma kapsamında AUS çalışma prensipleri ve etkileri kavşak çalışması üzerinden değerlendirilecektir. Karayolları trafiğinin önemli bir parçası olan kavşaklar trafik denetleme sistemlerine göre sinyalizasyon ve sinyalizasyon olmayan kavşaklar olarak ikiye ayrılır.





#### 4.1.Saha Alanı

Bu bölümde çalışma kapsamında incelenen Fehim Şanlı Kavşağı hakkında bilgiler verilmiştir. İstanbul ili, Gaziosmanpaşa ilçesinde bulunan bu kavşak aynı zamanda Eyüp ilçe sınırına da yakın konumdadır. İki ilçe arasındaki trafik akışının önemli bir kısmı bu kavşak üzerinden gerçekleşmektedir. Fehim Şanlı Kavşağı dört kollu sinyalizasyon olmayan dönel kavşaktır. Kavşaktaki trafik akımları Ordu Caddesi, Şehnaz Caddesi, İnkılap Caddesi yönünden gelen araçlardan oluşmaktadır. Kavşak akımının bir kısmı ise Seher Sokak yönünden gelmekte ve kavşağa yakın bir mesafeden Ordu Caddesine katılmaktadır. Kavşağın en yoğun saatleri, geometrik şekli gibi bilgileri Gaziosmanpaşa Belediyesinden alınmıştır. Fehim Şanlı Kavşağına ait uydu görüntüsü Şekil 4.2’ de verilmiştir.



**Şekil 4. 2:** Fehim Şanlı Kavşağına ait uydu görüntüsü.

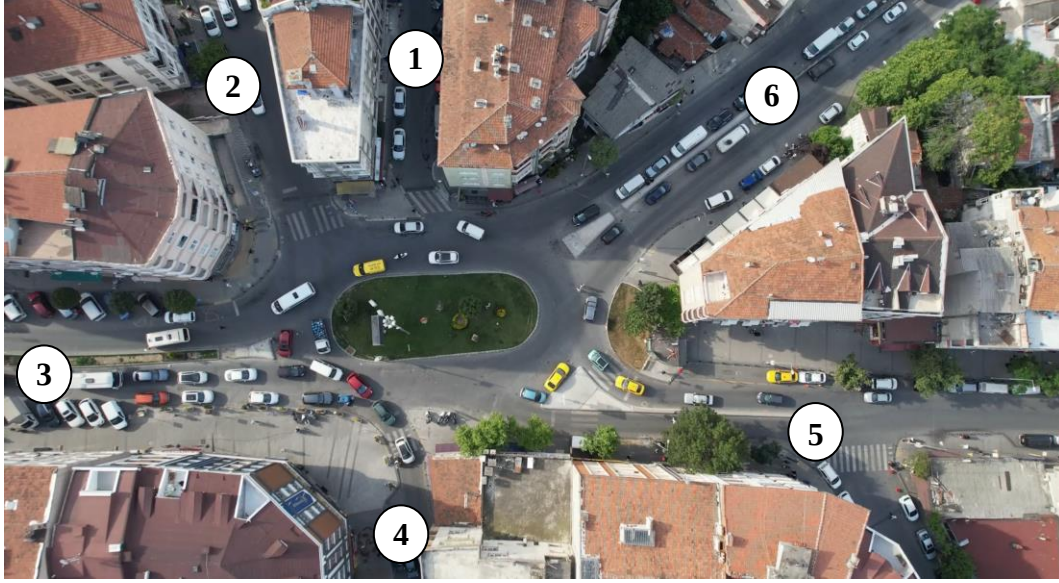
Fehim Şanlı Kavşağına ait şerit sayıları, şerit genişliği, yol güzergahları ve trafik sayımları gibi veriler ilk olarak Gaziosmanpaşa Belediyesinden alınmış ancak daha sonrasında alınan bilgiler ile mevcut kavşak arasında farklılıklar olduğu fark edilmiş ve belediyenin vermiş olduğu raporun 2020 yılına ait olduğu öğrenilmiştir. Yıllar arasında kavşak geometrisinde ufak değişiklikler olmuş ve bazı kolların akım yönü

değişmiştir. 2020-2023 yılları arasında kavşak yapısında değişiklikler olduğundan yeniden saha çalışması yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında arazide inceleme yapılarak güncel güzergahlar, şerit sayıları, şerit genişlikleri kaydedilmiştir. Özellikle hangi kollarda ve hangi sebeplerle kuyruklanmalar olduğu gözlenmiştir. Çalışmanın devamında bu gözlemler doğrultusunda çözümler üretilecektir.

#### **4.2. Sayım Verileri**

Son 3 yıl içerisinde gerek kavşağa olan talebin değişmesinden gerek kavşak yapısındaki değişikliklerden kaynaklı 2020 yılında Gaziosmanpaşa Belediyesi tarafından yapılan trafik sayımlarının doğru sonuç vermeyeceği düşünülerek yeniden trafik sayımı yapılmıştır. Güncel trafik sayımlarının yapılabilmesi için belediye tarafından 2020 yılında yapılmış sayımlardan trafiğin en yoğun olduğu saatler belirlenmiş ve güncel sayımlar bu pik saatlerde yapılmıştır. Trafik sayımının yapılabilmesi için Drone kameralardan yararlanılmıştır. Böylelikle sayım için olarak kuşbakışı video görüntüleri kullanılmıştır.

Gaziosmanpaşa Belediyesinden alınan raporda saat 07.00 ile 19.00 arasında on beşer dakikaya ayırarak trafik sayımı yapılmıştır. Sayım yapmak için gün olarak hafta ortası olan çarşamba günü seçilmiştir. Böylelikle daha ortalama bir sonuç alınacağı düşünülmüştür. Belediye tarafından alınan sayımlar incelendiğinden sabah saat 8.15-8.30 arasında, akşam ise saat 18.00- 18.15 arasında kavşağa talebin pik yaptığı görülmüştür. Bu pik saatler göz önünde bulundurularak çarşamba günü sabah ve akşam olmak üzere 15 dakikalık 2 adet drone videosu çekimi yaptırılmış ve video görüntüsü üzerinden trafik sayımı yapılmıştır. Net sonuçlar almak için drone uçurulmuş tam noktası ayarlandığında kayıt başlatılmış ve kısırdatmadan 15 dakika boyunca sabit kalmıştır. Dakika dolduğunda kayıt durdurulmuş ve drone aşağı indirilmiş. Şekil 4.3'te drone çekiminden alınan ekran görüntüsü gösterilmiştir. Kavşak kollarının numaralandırılmaları ise fotoğraf üzerinde işaretlenmiştir.



**Şekil 4. 3:** Fehim Şanlı Kavşak kolları numaralandırması.

6 adet bağlantı kollarından 2, 3, 5 ve 6 numaralı kollar gidiş-geliş şeklindedir. 1 ve 4 numaralı kollar ise sadece gidiş şeklinde kavşaktan ayrılır. Gözlemler sonucunda kavşağı kullanan araç tiplerinin otomobil, minibüs, otobüs ve kamyon olduğu görülmüştür. Sayımlarda yaya faktörü göz ardı edilmiştir. Yapılan araç sayımı sonrasında işlem kolaylığı için araçlar birim otomobil (BO) cinsine çevrilmiştir. Bu çeviri için Türkiye Standartları TS 6407’de yer alan şekil 4.4’te verilen Birim Otomobil değerleri kullanılmıştır.

| Taşıt Tipi                                                                            | Şehir İçi Yolda | Dönel kavşakta | Sinyalize Kavşakta |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------|--------------------|
| Özel otomobil, taksi, sepetli motosiklet, triportör yüksüz 1500 kg’a kadar olan pikap | 1,00            | 1,00           | 1,00               |
| Minibüs, Dolmuş, Taksi                                                                | 1,15            | 1,30           | 1,27               |
| Yüksüz 1500 kg’dan ağır ticari kamyon, at arabası                                     | 2,00            | 2,80           | 1,75               |
| Kent içi ve dışı yolcu otobüsü (körüklü dâhil) servis otobüsü, trolleybüs, tramvay    | 3,00            | 2,80           | 2,25               |
| Motosiklet, mopet                                                                     | 0,75            | 0,75           | 0,33               |
| Bisiklet                                                                              | 0,33            | 0,50           | 0,20               |

**Şekil 4. 4:** Türkiye Standartları TS 6407’de yer alan Birim Otomobil değerleri.

Elde edilen sayım verileri şekil 4.5’te gösterilen değerlerle çarpılarak birim otomobil değerleri hesaplanmıştır. Çizelge 4.1 ve 4.2 de bu hesaplamalar sonucu elde edilen değerler gösterilmiştir.

**Çizelge 4. 1: Sabah saatleri birim otomobil değerleri.**

| 1 saat BO | 1  | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | Toplam |
|-----------|----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|
| 1         | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0      |
| 2         | 0  | 0   | 28  | 220 | 248 | 64  | 558    |
| 3         | 8  | 44  | 12  | 72  | 208 | 244 | 585    |
| 4         | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0      |
| 5         | 14 | 130 | 40  | 11  | 8   | 50  | 253    |
| 6         | 12 | 76  | 128 | 32  | 36  | 24  | 308    |

**Çizelge 4. 2: Akşam saatleri birim otomobil değerleri.**

| 1 saatlik BO | 1  | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | Toplam |
|--------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|
| 1            | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0      |
| 2            | 0  | 12  | 20  | 132 | 128 | 40  | 332    |
| 3            | 8  | 32  | 16  | 116 | 284 | 216 | 672    |
| 4            | 0  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0      |
| 5            | 20 | 240 | 228 | 16  | 0   | 70  | 574    |
| 6            | 12 | 140 | 320 | 100 | 24  | 8   | 604    |

#### 4.3.Mevcut Durum Analizi

Fehim Şanlı Kavşağı sayım verileri ve saha gözlemlemesi sonrasında 2 farklı problem üzerinde durulmuştur. İlk problem olarak kavşakta düzensiz bir akım olduğu ve sürücülerin kontrolsüzce araç kullanması üzerine düşünülmüştür. Günümüzde trafik problemi olan bir kavşakla karşılaşıldığında ilk olarak akla AUS ile sinyalize kavşak haline getirmek hatta gerekirse adaptif trafik sistemi kullanmak geliyor. Bu yüzden ilk olarak sinyalize olmayan kavşağımızın mevcut halini PTV Vissim programını kullanarak modelleyeceğiz. Daha sonra sinyalize hale getirerek VISVAP ile sinyalizasyon yaptıktan sonra kavşaktaki trafik hizmet seviyesinin, sera gazı emisyonlarının ve kuyruklanmaların nasıl etkilendiğini inceleyeceğiz. Diğer problemin ise kavşak içerisindeki parklanmalar olduğu gözlenmiştir. Yine PTV VISSIM ile yaptığımız modellemelerde parklanmayı kaldıracak ve değerleri karşılaştıracakız. Parklanmayı önlemek için yine AUS yöntemlerinden faydalanacağız. Modellemelerden önce kavşak tipleri, kullanılan sinyalizasyon

teknikleri, otopark problemlerinin çözümü için kullanılan yöntemler ve sistemler araştırılmış; aşağıdaki başlıklar altında açıklamıştır.

#### **4.4. Trafik Denetleme Sistemlerine Göre Kavşak Tipleri**

Kavşaklar, birden fazla yönden gelen farklı trafik akımlarının birleştiği, kesiştiği ve ayrıldığı karayolu kesimleridir. Kavşak tipleri temel olarak 2 farklı alt başlıkta incelenir. İlk olarak kol sayılarına göre üçe ayrılır:

- 1- Üç Kollu Kavşaklar (T-Kavşağı)
- 2- Dört Kollu Kavşaklar
- 3- Çok Kollu Kavşaklar

Kol sayıları dışından kavşakları trafik denetleme sistemlerine göre inceleyebilir. Trafik denetleme sistemlerine göre 2 farklı kavşak tipi vardır.

- 1- Sinyalize Olmayan Kavşaklar
- 2- Sinyalize Kavşaklar

##### **4.4.1. Sinyalize olmayan kavşaklar**

Sinyalize olmayan kavşaklar genellikle trafik düzeyinin yoğun olmadığı yerlerde tercih edilir. Trafik güvenliği açısından bu kavşaklarda “dur”, “yol ver” anlamına gelen trafik levhaları ile taşıt hareketleri düzenlenir. Kavşak kollarından biri trafik hacmi ve geometrik şekli sebebiyle anayol durumundadır ve geçiş üstünlüğüne sahiptir.

##### **4.4.2. Sinyalize kavşaklar**

Sinyalize kavşaklar, trafiğin yoğun olduğu bölgelerde sinyalizasyon sistemi ile geçiş üstünlüğünün ayarlandığı kavşaklardır. Özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin çoğunda kullanılan, en yaygın trafik kontrol yöntemidir. Kavşağa gelen taşıt trafiğinin tali yollarda 125 taşıt/saat'i, şehir içi yollarda şerit başına düşen taşıt sayısının 750 taşıt/saat'i ve şehir dışı yollarda ana arterde 500 taşıt/saat'i geçmesi veya yaya yoğunluğu olarak, günün en kalabalık 8 saati boyunca saatte ortalama 250'den fazla yayanın bir yolu geçmesi ve bu yoldan 600 taşıt/saat'i geçmesi gibi durumlarda kavşağın sinyalize edilmesi gerekebilmektedir.

Kavşağı sinyalizasyon hala getirmek için günümüz teknolojisinde birden fazla yöntem bulunmaktadır. Kullanılacak sistemin cihaz ve gereçleri ihtiyaca uygun olarak özenle seçilmektedir.

#### **4.5. Sinyalizasyon Kontrol Teknikleri**

Kentleşme ve araç talebindeki artışla doğru orantılı olarak kentsel alanlardaki trafik akımı da hızla artmaktadır. Yoğun taleple birlikte araç ve yaya akımlarının geçişlerinin düzenlenmesini ve ışıklı uyarılar ile uyarılmasını sağlayan sistemlere sinyalizasyon sistemleri denmektedir. Yaya ve araç yoğunluğuna, bölgenin topoğrafyasına ve trafik akımına uygun olarak kavşak geometrisi belirlendikten sonra uygun yönetim sistemi planlanır. Bu aşamalardan sonra eğer gerekli ise uygun sinyalizasyon sistemi planlanmaktadır. Sinyalizasyon kontrol teknikleri sinyal süreleri ve faz sayıları olmak üzere 2 ana parametreden oluşmaktadır.

Lokal veya alan bazlı, farklı faz sayılarına hitap eden sinyalizasyon sistemlerinin işletilmesinde kullanılan başlıca yöntemler şunlardır;

- Sabit zamanlı sinyalizasyon sistemleri,
- Yarı trafik uyarmalı sinyalizasyon sistemleri,
- Tam trafik uyarmalı sinyalizasyon sistemleri,
- Adaptif trafik sinyalizasyon kontrolü (ATSK) (Gonca, C., Gülsün, B., 2019).

##### **4.5.1. Sabit zamanlı sinyalizasyon sistemi**

Sabit zamanlı sinyalizasyon sistemlerinde farklı yönlerden kavşağa gelen yaya ve araç trafiğine önceden zamanları saptanan bir programla düzenlenen faz süreleri ile geçiş hakkı verilmektedir. Geçiş hakkı yani yeşil süreleri trafiğin hacmine göre hesaplanmaktadır. Günün farklı saatlerinde farklı yoğunluklar olacağı için bu değişiklikler göz önünde bulundurulmalıdır. Bu yüzden sabit zamanlı sinyalizasyon sistemi için belli gün ve saatlerde değişiklik gösteren farklı programlar hazırlanmalıdır. Bu yöntem trafiği kontrol etmek için kullanılan sistemler arasında en basit olanıdır. Özellikle trafik yoğunluğu düzenli bir şekilde devam etmediğinde varyasyonlara uygun cevap veremeyebilir. Bunun sonucunda trafik koşulları beklenmedik şekilde bozulabilir.

#### **4.5.2. Yarı zamanlı sinyalizasyon sistemi**

Yarı zamanlı sinyalizasyon sistemi kollardan en az birinin talebe bağılı olarak sinyalizasyon çalışmasıdır. Bu tip sistemlerde ana yol üzerinde sürekli olarak yeşil ışık verilirken, tali yola koyulan dedektörler sayesinde tali yol üzerinden araç veya yaya geldiğı durumlarda anayola kırmızı ışık verilir. Bu sayede ana yol trafik akışından minimum gecikme ile yol kullanılabilir.

#### **4.5.3. Tam zamanlı sinyalizasyon sistemi**

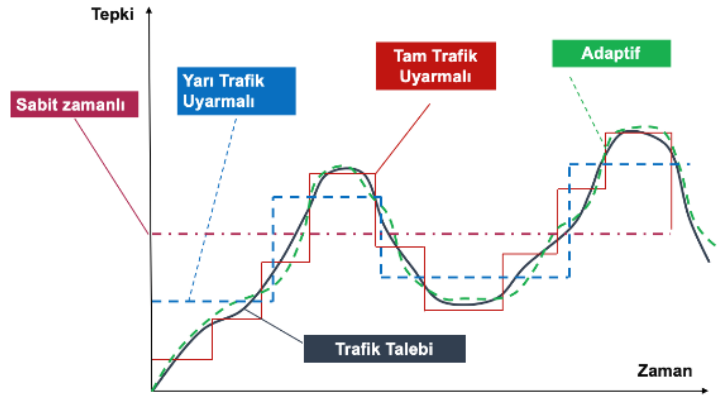
Bu sistemde ise kavşağın bütün kolları talebe göre çalıştırılmaktadır. Devre ve faz süreleri, geçiş hakkı bütün bağlantılardaki trafik yoğunluğuna göre otomatik olarak değişmektedir. Gecikme sürelerini minimuma indiren ideal sistemlerden biridir. Neredeyse gerçek trafik yoğunluğu verilerine göre geçiş hakkı sağlamaktadır.

#### **4.5.4. Adaptif trafik sinyalizasyon kontrolü**

Adaptif trafik sinyalizasyon kontrolü (ATSK) trafik yoğunluğunu anında değerlendirme, trafik modeli oluşturma ve gerçek zamanlı sinyal optimizasyonu oluşturma özellikleri ile dinamik (gerçek zamanlı) sistemlerin en ileri aşamasında yer almaktadır. Gerçek zamanlı optimizasyon modülü gecikme ve ortalama durma sayılarını tüm yaklaşım kolları veya tüm arter için minimize edecek şekilde ideal sinyal süreleri oluşturur (Gonca, C., Gülsün, B., 2019). Sistemin başlıca avantajları olarak; trafik akışındaki değişimlere anında cevap verebilmesi, trafik kuyruk mesafesinin algılanarak oluşabilecek gecikme sürelerinin en alt düzeye çekilmesine olanak tanınması ve vasıta hızına bağılı olarak gecikme sürelerinin program algoritmasında otomatik olarak ayarlanabilmesine imkân tanınmasıdır (Aavani, Sawant, Sawant, & Deshmukh, 2017).

Bu sistem, kavşaklardaki uzun kuyrukları ve trafik sıkışıklığını azaltma potansiyeline sahiptir. Sistemin avantajları olduğu gibi bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Başlıca dezavantajlardan bahsetmemiz gerekirse; ATSK, araç dedektörün üstünden geçerken sadece anlık araç bilgisi vermekte ve araç durumlarını ölçmemektedir. Bunlar dışında hem kurulum hem de bakım maliyetleri yüksektir. Eğer dedektörlerden herhangi biri çalışmazsa, ATSK performansı önemli ölçüde düşmektedir.

Günümüzde kullanılan sinyalizasyon tekniklerinin zaman-tepki açısından trafik talepleri Şekil 4.5'te verilen grafik ile karşılaştırılmıştır.



**Şekil 4. 5:** Sinyalizasyon Kontrol Tekniklerinin Karşılaştırması.

#### 4.6. Park Yönetimi

Park etme gereksinimi kentsel yaşamın kaçınılmaz bir ögesidir. Park etme yönetimi ise bu ögenin merkezidir. Kentleşmenin fazla olduğu bölgelerde park kapasitesi sorunu ve yanlış park etmeler trafiği ciddi etkilemektedir. Problem ve problemin kökeni incelendiğinde AUS ile çözüm bulmak mümkün. Ancak AUS'dan verimli bir sonuç elde edebilmek için sistemin kent geneline yaygınlaştırılmış bir ağ olarak tasarlanıp uygulanması en önemli maddedir. Günümüzde kullanılan AUS tabanlı park yönetimi uygulamaları şu şekilde sınıflandırılabilir:

- 1- Yol kenarı parkta park eden ve park görevlisince kişisel cihazların kullanılması
- 2- Bilgilendirme hizmetleri
- 3- Ödeme hizmetleri
- 4- Denetim hizmetleri

Tez çalışması kapsamında incelediğimiz Fehim Şanlı Kavşağında bu yöntemler arasından yol üzerindeki parklanmayı önlemek için denetim hizmetleri kullanılacaktır.

##### 4.6.1. Park denetim hizmetleri

Günümüz teknolojisinde çeşitli kamera sistemleriyle, uzaktan algılama cihazlarıyla, sensörlerle ve mobil sistemlerle park denetimleri yapılabilmektedir. Yol üstü parklanma için kullanılan 2 yaygın yöntem vardır:

1- Sabit elektronik denetleme sistemi (EDS)

2- Mobil EDS

İki yöntemde de sistem aynıdır ancak sabit EDS için sabit kameralar kullanılırken mobil EDS üzerinde kamera olan araçlar ile kullanılmaktadır. Şekil 4.6'da ve 4.7' de iki farklı EDS yöntemi gösterilmektedir.



Şekil 4. 6: Sabit kameralı EDS.



Şekil 4. 7: Mobil EDS

Elektronik denetleme sistemleri şehir içinde parklanma kurallarına uymayarak trafik akışını olumsuz etkileyen araçların tespit edilmesi kanıtlanması amacı ile geliştirilmiştir.

İBB tarafından kurulan İstanbul Bilişim ve Teknolojileri A.Ş (İSBAK) İstanbul'da park EDS'ni birçok yerde kullanmaktadır ve bununla ilgili teknik rapor yayınlamıştır. Elektronik denetleme sistemlerinin genel özellikleri aşağıdaki gibidir:

- 1- Otomatik plaka tanıma sisteminde %95 başarı oranına sahiptir.
- 2- Her ihlal için 2 adet dar, 2 adet geniş açıda olmak üzere yüksek çözünürlüklü ve ihlale ait tüm detayları (ilçe, tarih ve saat, araç plakası, araç yönü, kavşak ID'si ve adı, cihaz seri numarası, kanıt numarası, vb.) içeren akıllı fotoğraf çekmektedir.
- 3- 7/24 yüksek çözünürlüklü kamera kaydı almaktadır.
- 4- -25°C ile 50°C arasındaki sıcaklıklarda çalışabilmektedir.
- 5- 300 metreye kadar ihlal tespit alanı bulunmaktadır.
- 6- Otomatik ceza tutanağı oluşturabilmektedir.
- 7- Her ışık ve hava koşulunda 7/24 plakayı algılayabilmektedir.
- 8- Modüler yazılım desteği mevcuttur.
- 9- Modüler ve hafif gövde yapısıyla kurulumu ve nakliyesi oldukça kolaydır.



## 5. MODELLEME ÇALIŞMASI

### 5.1. Mevcut Model Çalışması

Fehim Şanlı kavşağına ait Google Earth görüntüsü PTV Vissim programında altlık olarak kullanıldı. Kavşağına ait şerit sayıları, şerit genişlikleri ve geometrik özellikleri (ada, sağa ve sola dönüş cepleri vs.) modellenerek kavşak oluşturuldu. Drone çekimi ile elde edilen sayım bilgileri PTV Vissim programında her bir akım kolu için girilerek taşıt hacimleri oluşturuldu. Sabah ve akşam için ayrı dosyalar oluşturularak, Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2 'de verilen taşıtların birim otomobil değerleri her bir akım için taşıt kompozisyonları menüsünde girildi. Kavşağın şehir içinde olması ve taşıt tiplerinin birim otomobile çevrilmesinden kaynaklı otomobil için 40 km/sa hız sınırı değeri seçildi. Yine Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'de verilen akım hareketleri yardımıyla program üzerinde araç güzergahları oluşturuldu. Kavşağına girişlerde hız azaltma işlemleri uygulandı. Kavşağına giriş ve çıkışlarda sürücülerin kararsız kalmaması adına kesişen bölgelerdeki geçiş öncelikleri sahada yapılan gözlemler sonucu programda belirtildi. İstanbul'daki yol kullanımının agresifliğinden kaynaklı olarak sürücü davranışı olarak otoyol seçeneği tercih edildi ve minimum yaklaşma seviyesi 0.80'e düşürüldü. Bunun sebebi PTV Vissim programında araçlar şerit değiştirmeye meğilli olduğu halde yapılan modellemede araçlar yol olmasına rağmen şerit değiştirmiyordu ve daha gerçekçi sonuç almak adına sürücülerin davranışı ve yaklaşma mesafeleri değiştirildi ki ivmelenme ve agresiflik artsın. Bunun sebebini biraz daha detaylı açıklamamız gerekirse:

PTV Vissim iki tür modelleme aracı kullanır: Wiedemann 74 ve Wiedemann 99:

- Wiedemann 74 şehir içi trafik ve kavşak alanları için uygundur.
- Wiedemann 99, kavşak alanları olmayan otoyol trafiğine uygundur.

Doğru sonucu elde etmek için bağlantıların bir kısmının veya tamamının "LinkBehavType"ını değiştirmek gerekebilir. PTV Vissim, R. Wiedemann (1974) tarafından geliştirilen ve sürücülerin fiziksel ve zihinsel davranışlarından yararlanan bir trafik akış modelini kullanır. PTV Vissim, araç modelini sürücünün algılama

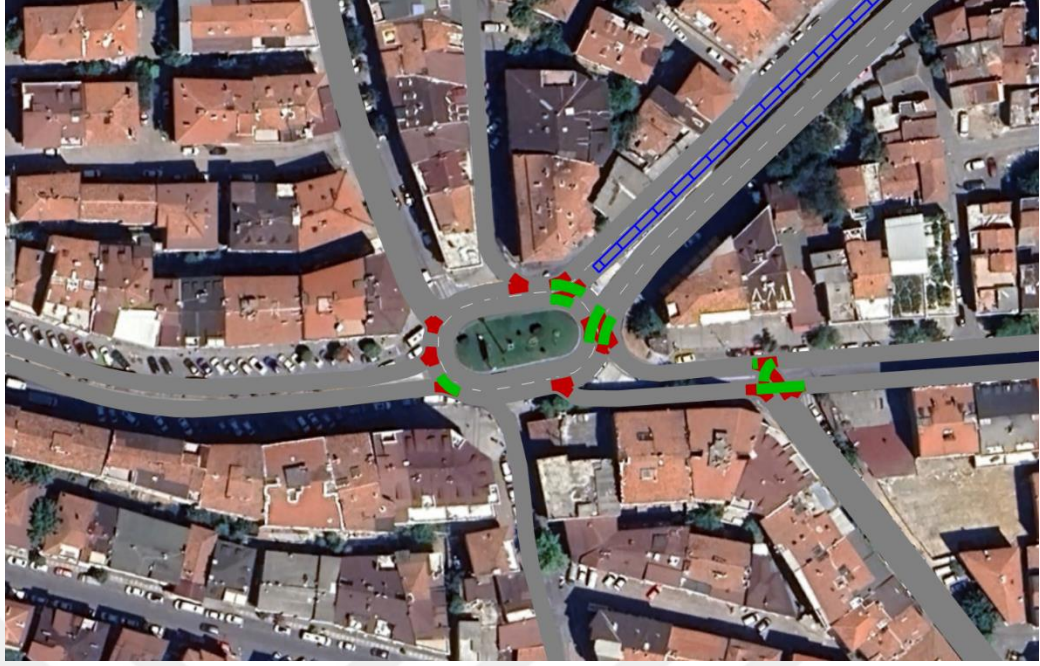
modeliyle birleştirir. Benzersiz davranışı olan her şürücüye belirli bir araç verilir. Dolayısıyla şürücünün davranışı aracın teknik özelliklerine bağlıdır. Seçilen hız ve mesafelere verilen tepkiler sınıflandırılarak şürücünün davranışsal bir modeli oluşturulur. şürücü gerektiğinde şerit değiştirmeye veya hızlanmaya karar verebilir. Vissim’de dört sürüş modu tanınmıştır; Serbest Sürüş, Yaklaşma, Takip, Fren. Her modelde şürücü takip ettiği mesafeye göre tepki vermek ya da önceden belirlenmiş bir hedef hıza ulaşmaya çalışmak gibi farklı eylemlerde bulunmaktadır. Bu yüzden mevcut modellememizde bu değerler İstanbul trafiğine göre düzenlenmiştir.

Kavşağın 6 numaralı kolunda kurallara uyulmadığı ve sürekli olarak yol üstü parklanma yapıldığı için 2 şerit olan yolun tek şeridinde parklanma gösterilmiştir. Ayrıca sürekli olarak yol üzerinde park olduğu için programda araçların parklanma süreleri 24 saat olacak şekilde girilmiştir. Tamamlanan kavşak modeli şekil 5.1’de gösterildi. şekil 5.1’de mavi çizgi şeklinde gösterilen kısım parklanma olan bölgeyi temsil etmektedir.



**şekil 5. 1:** Fehim şanlı kavşağı PTV Vissim programındaki çizimi.

Yapılan çizimde kavşak girişlerinde ve yolların kesiştiği yerlerde verilen geçiş öncelikleri şekil 5.2’de gösterilmiştir. Yeşil olarak gösterilen rotalar geçiş üstünlüğü olduğu anlamına gelmektedir.



**Şekil 5. 2:** Fehim Şanlı kavşağı geçiş üstünlükleri.

Fehim Şanlı Kavşağına ait mevcut veriler girilerek PTV Vissim programında oluşturulan 3 boyutlu simülasyon işlemi yardımıyla kavşağın trafik yoğunluğu modellenerek Şekil 5.3'te gösterilmiştir.



**Şekil 5. 3:** Fehim Şanlı Kavşağı PTV Vissim Programı 3D görüntüsü.

#### **5.1.1. Mevcut model sonuçları**

Yapılan modelleme kaydedilip çalıştırıldığında ortaya gerçeğe yakın sonuçlar çıkmıştır. Elde edilen sonuçlar ilk olarak taşıtların gecikmesi ve kavşağın hizmet seviyesi açısından değerlendirilmiştir.

Bir trafik akımının yoğunluk, hız ve seyahat süresi, konfor ve uygunluk açısından koşullarını tanımlayan kalite ölçüsü olarak hizmet seviyeleri bulunmaktadır. Karayollarında A, B, C, D, E, F olmak üzere 6 adet hizmet düzeyi tanımlanmıştır.

A hizmet düzeyi; serbest akımın ve gecikmenin olmadığı durumlardır.

F hizmet düzeyi ise; en kötü işletme düzeyini tanımlar. Talep fazladır ve uzun kuyruklar, gecikmeler oluşur. Hizmet düzeylerinin değerleri çizelge 5.1’de gösterilmektedir.

**Çizelge 5. 1:** Hizmet düzeyi çizelgesi.

| Hizmet Düzeyi | Her Araç İçin Duruş Gecikmesi (sn) |
|---------------|------------------------------------|
| A             | -10,0                              |
| B             | 10,1-20,0                          |
| C             | 20,1-35,0                          |
| D             | 35,1-55,0                          |
| E             | 55,1-80,0                          |
| F             | >80,0                              |



**Şekil 5. 4:** Hizmet seviyelerinin taşıt görselleri ile açıklanması.

Bu bilgiler doğrultusunda sabah ve akşam saatleri için elde edilen program çıktıları şekil 5.5 ve şekil 5.6’da gösterilmiştir.

| Node Results |        |           |                              |       |         |           |           |          |             |               |                |                |            |
|--------------|--------|-----------|------------------------------|-------|---------|-----------|-----------|----------|-------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| Count        | SimRun | TimeInt   | Movement                     | QLen  | QLenMax | Vehs(All) | Pers(All) | LOS(All) | LOSVal(All) | VehDelay(All) | PersDelay(All) | StopDelay(All) | Stops(All) |
| 18           | 1      | 1800-3... | 1: node - 8@621.9 - 12@80.2  | 0.01  | 11.22   | 18        | 18        | LOS_A    | 1           | 2.39          | 2.39           | 0.04           | 0.17       |
| 19           | 1      | 1800-3... | 1: node - 10@832.5 - 1@122.1 | 3.43  | 75.54   | 6         | 6         | LOS_A    | 1           | 9.58          | 9.58           | 5.47           | 3.83       |
| 20           | 1      | 1800-3... | 1: node - 10@832.5 - 2@125.6 | 3.43  | 75.54   | 29        | 29        | LOS_C    | 3           | 18.06         | 18.06          | 8.00           | 10.62      |
| 21           | 1      | 1800-3... | 1: node - 10@832.5 - 6@99.6  | 3.43  | 75.54   | 16        | 16        | LOS_C    | 3           | 23.29         | 23.29          | 13.99          | 17.44      |
| 22           | 1      | 1800-3... | 1: node - 10@832.5 - 7@140.4 | 3.43  | 75.54   | 9         | 9         | LOS_A    | 1           | 2.12          | 2.12           | 0.00           | 0.00       |
| 23           | 1      | 1800-3... | 1: node - 10@832.5 - 9@150.2 | 3.43  | 75.54   | 14        | 14        | LOS_A    | 1           | 6.95          | 6.95           | 1.15           | 1.64       |
| 24           | 1      | 1800-3... | 1: node - 10@832.5 - 12@80.2 | 3.43  | 75.54   | 5         | 5         | LOS_A    | 1           | 0.92          | 0.92           | 0.00           | 0.00       |
| 25           | 1      | 1800-3... | 1: node - 13@43.4 - 1@122.1  | 0.00  | 0.00    | 0         | 0         | LOS_A    |             |               |                |                |            |
| 26           | 1      | 1800-3... | 1: node - 13@43.4 - 2@125.6  | 0.00  | 0.00    | 0         | 0         | LOS_A    |             |               |                |                |            |
| 27           | 1      | 1800-3... | 1: node - 13@43.4 - 6@99.6   | 0.00  | 0.00    | 0         | 0         | LOS_A    |             |               |                |                |            |
| 28           | 1      | 1800-3... | 1: node - 13@43.4 - 7@140.4  | 0.01  | 6.11    | 75        | 75        | LOS_A    | 1           | 1.17          | 1.17           | 0.00           | 0.00       |
| 29           | 1      | 1800-3... | 1: node - 13@43.4 - 9@150.2  | 0.00  | 0.00    | 0         | 0         | LOS_A    |             |               |                |                |            |
| 30           | 1      | 1800-3... | 1: node - 13@43.4 - 12@80.2  | 0.00  | 0.00    | 0         | 0         | LOS_A    |             |               |                |                |            |
| 31           | 1      | 1800-3... | 1: node                      | 14.35 | 370.76  | 793       | 793       | LOS_C    | 3           | 24.91         | 24.91          | 9.92           | 7.91       |

Şekil 5. 5: Sabah saatleri mevcut durum sonuçları.

| Node Results |        |           |                              |       |         |           |           |          |             |               |                |                |            |
|--------------|--------|-----------|------------------------------|-------|---------|-----------|-----------|----------|-------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| Count        | SimRun | TimeInt   | Movement                     | QLen  | QLenMax | Vehs(All) | Pers(All) | LOS(All) | LOSVal(All) | VehDelay(All) | PersDelay(All) | StopDelay(All) | Stops(All) |
| 16           | 1      | 1800-3... | 1: node - 8@621.9 - 7@140.4  | 1.35  | 34.39   | 0         | 0         | LOS_A    |             |               |                |                |            |
| 17           | 1      | 1800-3... | 1: node - 8@621.9 - 9@150.2  | 1.35  | 34.39   | 180       | 180       | LOS_A    | 1           | 6.01          | 6.01           | 0.94           | 0.96       |
| 18           | 1      | 1800-3... | 1: node - 8@621.9 - 12@80.2  | 0.69  | 34.39   | 13        | 13        | LOS_A    | 1           | 2.37          | 2.37           | 0.00           | 0.00       |
| 19           | 1      | 1800-3... | 1: node - 10@832.5 - 1@122.1 | 3.58  | 107.48  | 6         | 6         | LOS_B    | 2           | 10.12         | 10.12          | 0.07           | 0.50       |
| 20           | 1      | 1800-3... | 1: node - 10@832.5 - 2@125.6 | 3.58  | 107.48  | 86        | 86        | LOS_A    | 1           | 8.61          | 8.61           | 1.88           | 1.15       |
| 21           | 1      | 1800-3... | 1: node - 10@832.5 - 6@99.6  | 3.58  | 107.48  | 59        | 59        | LOS_A    | 1           | 9.92          | 9.92           | 2.08           | 0.95       |
| 22           | 1      | 1800-3... | 1: node - 10@832.5 - 7@140.4 | 3.58  | 107.48  | 2         | 2         | LOS_A    | 1           | 4.72          | 4.72           | 0.00           | 0.00       |
| 23           | 1      | 1800-3... | 1: node - 10@832.5 - 9@150.2 | 3.58  | 107.48  | 4         | 4         | LOS_A    | 1           | 8.67          | 8.67           | 0.10           | 0.25       |
| 24           | 1      | 1800-3... | 1: node - 10@832.5 - 12@80.2 | 3.58  | 107.48  | 10        | 10        | LOS_C    | 3           | 17.43         | 17.43          | 6.56           | 4.20       |
| 25           | 1      | 1800-3... | 1: node - 13@43.4 - 1@122.1  | 0.00  | 0.00    | 0         | 0         | LOS_A    |             |               |                |                |            |
| 26           | 1      | 1800-3... | 1: node - 13@43.4 - 2@125.6  | 0.00  | 0.00    | 0         | 0         | LOS_A    |             |               |                |                |            |
| 27           | 1      | 1800-3... | 1: node - 13@43.4 - 6@99.6   | 0.00  | 0.00    | 0         | 0         | LOS_A    |             |               |                |                |            |
| 28           | 1      | 1800-3... | 1: node - 13@43.4 - 7@140.4  | 0.01  | 5.95    | 130       | 130       | LOS_A    | 1           | 1.11          | 1.11           | 0.01           | 0.02       |
| 29           | 1      | 1800-3... | 1: node - 13@43.4 - 9@150.2  | 0.00  | 0.00    | 0         | 0         | LOS_A    |             |               |                |                |            |
| 30           | 1      | 1800-3... | 1: node - 13@43.4 - 12@80.2  | 0.00  | 0.00    | 0         | 0         | LOS_A    |             |               |                |                |            |
| 31           | 1      | 1800-3... | 1: node                      | 51.65 | 485.30  | 1043      | 1043      | LOS_F    | 6           | 61.25         | 61.25          | 11.58          | 13.29      |

Şekil 5. 6: Akşam saatleri mevcut durum sonuçları.

Mevcut durum sonuçları incelendiğinde sabah saatlerinin çok kötü olmadığı hizmet seviyesinin orta düzeyde, yani C değerinde olduğunu ve 24,91 saniye gecikme olduğu gözlemlenmiştir.

Akşam saatlerinde ise hizmet seviyesinin F değerinde olduğunu ve 61,25 saniye gecikme olduğunu görüyoruz. Bu değerler özellikle akşam saatlerinde Fehim Şaanlı Kavşağının hizmet seviyesinin düşük olduğunu ve sürücülere konforlu bir sürüş sağlamadığını göstermektedir. Kavşağın konfor ve zaman etkileri dışında bir de çevreye olan etkisi vardır. Kavşak yoğunluğuna ve akışın düzenine göre açığa çıkan sera gazı emisyonları havayı kirletmektedir.

PTV Vissim programının çıktıları doğrultusunda kavşaktaki trafik akımının açığa çıkardığı CO, NO<sub>x</sub> ve VOC gazlarının çevreye etkisini değerlendireceğiz. Şekil 5.7'de mevcut durumdaki kavşağın sabah ve akşam saatlerinde CO, NO<sub>x</sub> ve VOC sera gazı emisyon değerleri ve yakıt tüketimi gösterilmektedir.

| SABAH       |              |              |                 |
|-------------|--------------|--------------|-----------------|
| EmissionsCO | EmissionsNOx | EmissionsVOC | FuelConsumption |
| 10.577      | 2.058        | 2.451        | 0.151           |
| 19.292      | 3.753        | 4.471        | 0.276           |
| 222.317     | 43.255       | 51.524       | 3.181           |
| 197.995     | 38.523       | 45.887       | 2.833           |
| 7.011       | 1.364        | 1.625        | 0.100           |
| 27.744      | 5.398        | 6.430        | 0.397           |
| 3.714       | 0.723        | 0.861        | 0.053           |
|             |              |              |                 |
|             |              |              |                 |
| 26.054      | 5.069        | 6.038        | 0.373           |
|             |              |              |                 |
| 4882.104    | 949.880      | 1131.475     | 69.844          |

| AKŞAM       |              |              |                 |
|-------------|--------------|--------------|-----------------|
| EmissionsCO | EmissionsNOx | EmissionsVOC | FuelConsumption |
| 240.871     | 46.865       | 55.824       | 3.446           |
| 6.236       | 1.213        | 1.445        | 0.089           |
| 6.484       | 1.262        | 1.503        | 0.093           |
| 131.679     | 25.620       | 30.518       | 1.884           |
| 84.520      | 16.444       | 19.588       | 1.209           |
| 1.612       | 0.314        | 0.374        | 0.023           |
| 4.319       | 0.840        | 1.001        | 0.062           |
| 36.738      | 7.148        | 8.514        | 0.526           |
|             |              |              |                 |
|             |              |              |                 |
| 46.342      | 9.016        | 10.740       | 0.663           |
|             |              |              |                 |
| 10635.999   | 2069.379     | 2464.996     | 152.160         |

**Şekil 5. 7:** Mevcut durum emisyon değerleri.

Yapılan modellemede bütün araç tipleri birim otomobile çevrildiği için hafif taşıtlar için sera gazı emisyon değerleri Avrupa Standartlarına (AB) göre çizelge 5.2.'de verilmektedir.

**Çizelge 5. 2:** Hafif taşıtlar için AB standartları.

|       | Zaman | CO    |        | HC    |        | NOx   |        | HC+NOx |        | PM    |        |
|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|
|       |       | Dizel | Benzin | Dizel | Benzin | Dizel | Benzin | Dizel  | Benzin | Dizel | Benzin |
| Euro1 | 1994  | 5.17  | 5.17   | -     | -      | -     | -      | 1.40   | 1.40   | 0.19  | -      |
| Euro2 | 1998  | 1.25  | 4.00   | -     | -      | -     | -      | 1.00   | 0.65   | 0.12  | -      |
| Euro3 | 2001  | 0.80  | 4.17   | -     | 0.25   | 0.650 | 0.180  | 0.720  | -      | 0.07  | -      |
| Euro4 | 2006  | 0.63  | 1.81   | -     | 0.13   | 0.330 | 0.100  | 0.390  | -      | 0.04  | -      |
| Euro5 | 2010  | 0.63  | 1.81   | -     | 0.13   | 0.235 | 0.075  | 0.295  | -      | 0.005 | 0.005  |
| Euro6 | 2015  | 0.63  | 1.81   | -     | 0.13   | 0.105 | 0.075  | 0.195  | -      | 0.005 | 0.005  |

Elde edilen değerler araç başına bölündüğünde hem sabah hem akşam için AB standartlarının üstünde kalmaktadır. Bu da normalden daha çok çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Diğer yandan mevcut durumda yakıt tüketimi çok fazladır. Bu problemi çözmek ve çevre kirliliğini azaltmak için AUS'dan yararlanılarak 2 farklı öneri sunulacaktır. Daha sonra önerilerde aynı mevcut durum girip PTV Vissim üzerinde modellenip sonuçları karşılaştırılacaktır.

## 5.2. Öneri 1 Modelleme

İlk öneri olarak sinyalizasyon olmayan kavşağımızı sinyalizasyon hale getirerek, adaptif trafik kontrol sistemleri kullanacağız ve akıllı kavşak elde edeceğiz. Sonrasında kullanılan AUS yönteminin etkilerini değerlendireceğiz. Yapılan mevcut modelleme üzerine sinyalizasyon eklemek için VISVAP özelliğinden yararlanıldı.

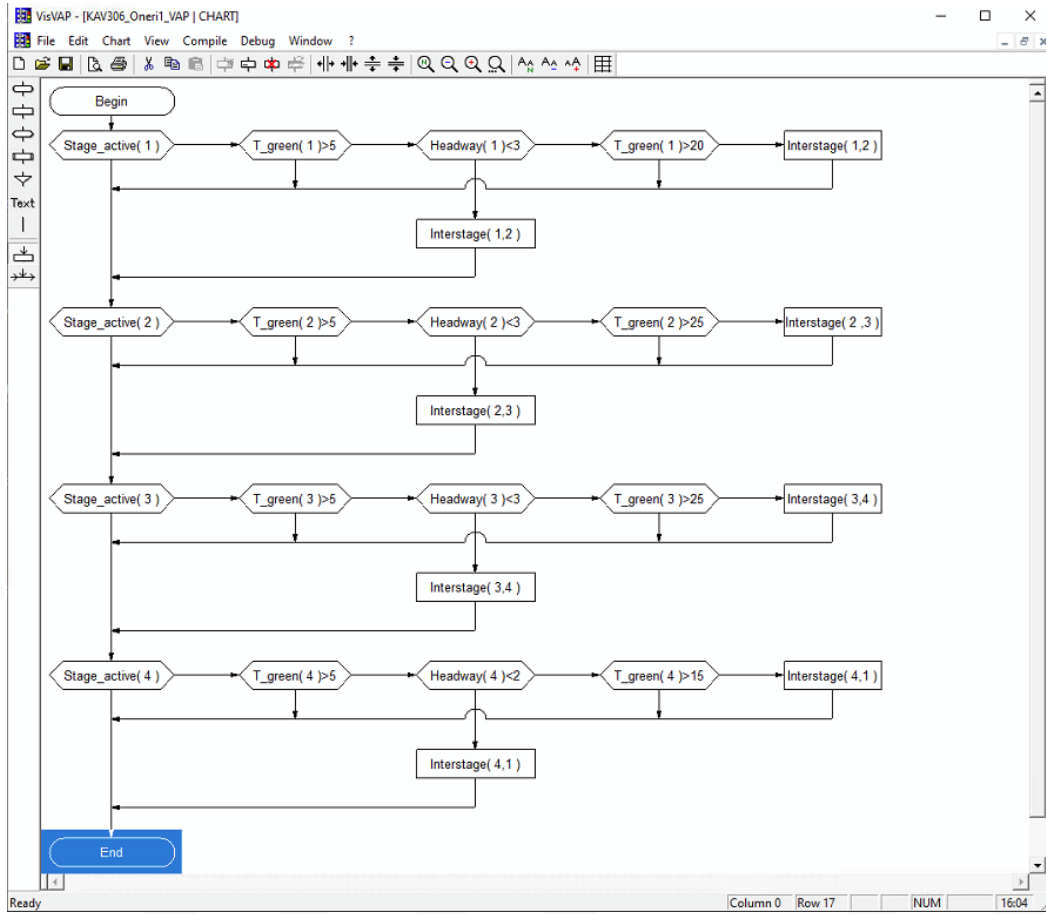
Sinyalize hale getirdiğimiz kavşakta gereksiz yeşil ışık yanmasının önüne geçebilmek ve bekleme süresini azaltmak için adaptif trafik kontrol sistemi olan LOOP tabanlı sistem kullanılacaktır. Bu sistem ile kavşak kollarına dedektörler yerleştirilmektedir. Bu dedektörler sayesinde eğer kola araç gelmiyorsa yeşil ışık verilmiyor ve diğer kolların bekleme süresi kısaltılıyor. Aynı şekilde eğer kırmızı ışık yanarken araç gelir ve kuyruklanma olursa o koldaki sinyal yeşil ışığa, diğer kollardaki ışık kırmızı ışığa dönmektedir.

PTV Vissim programındaki mevcut durumun modellemesinin üzerine ilk olarak kollara dedektörler eklenmiştir. Sonrasında dedektörlerin bulunduğu kollara gelmeden önce kavşak içerisinde azaltılmış hız bölgeleri oluşturulmuştur. Bunun sebebi kavşağın katılım kolunda yeşil ışık yandığında dönel kavşak üzerinde seyir halinde olan aracın yavaşlamasını sağlamaktır. Yerleştirilen dedektörler ve azaltılmış hız alanları şekil 5.8’ de gösterilmektedir. Sarı ile gösterilen bölgeler azaltılmış hız alanları, mavi olarak gösterilen yerler ise dedektörlerdir. Dedektörler yerleştirildikten sonra sıra sinyal programı oluşturmaya gelmektedir.



**Şekil 5. 8:** PTV Vissim Öneri 1 modellemesi dedektör yerleşimi.

İlk olarak mevcut sinyal programı kopyalanır ve yedek olarak saklanır. İlk programın içeriğine girdikten sonra sinyal programı yerine VAP komutu seçilir ve önceden VISVAP içerisinde yazılmış dosya ilgili kısma eklenir. Buna ek olarakta mevcut sinyal programından bir dosya dışa aktarılır. Dosyalar eklendikten sonra kaydedilir. VISVAP içerisinde hazırlanan yazılım dosyası şekil 5.9’da gösterilmektedir.



**Şekil 5. 9:** VISVAP içerisinde hazırlanan sinyalizasyon yazılımı.

Bu yazılım içeriğinde Stage\_active olarak gösterilen kısımlar faz sayısını ve davranışını göstermektedir. Kavşak içerisinde 4 adet fazımız bulunmaktadır. Yazılan sinyalizasyon programının kısaca içeriğine girmem gerekirse:

1,2,3 numaralı fazlar için yeşil ışık verme kuralları aynıdır. Eğer 5 saniye yeşil ışık verildikten sonra 3 saniye boyunca dedektörün önünden araç geçmiyorsa yeşil ışık kapanacak kırmızı ışık verilecektir. Eğer 3 saniye içinde tekrar araç geliyorsa yeşil ışık süresine +1 saniye eklenecektir. 4 numaralı faz için ise yoğunluk daha az olduğundan dolayı 5 saniye sonrasında bekleme süresi 2 saniyedir. Eğer 2 saniye içerisinde yeni araç gelmezse ise yeşil ışık kapanır ve kırmızı ışık verilir. Yeni araç gelirse de diğer fazlarda olduğu gibi yeşil süresine +1 saniye eklenir.

Fazların kırmızı ışık sürelerine baktığımızda ise 1. faz için koldaki kuyruklanma 20 metreyi geçer ise kırmızı ışık kesilecek yeşil ışık verilecektir. Kuyruklanma mesafeleri 2. ve 3. fazlar için 25 m iken 4.faz için 15 metredir. Modelleme

sonrasında akıllı kavşak haline getirilen Fehim Şanlı Kavşağının trafik akımı şekil 5.10’da gösterilmiştir.



**Şekil 5. 10:** Sinyalize Fehim Şanlı Kavşağı PTV Vissim Programı 3D görüntüsü.

Sadece görüntüden de anlaşıldığı üzere Fehim Şanlı Kavşağı için AUS yöntemlerinden biri olan LOOP tabanlı adaptif trafik kontrol sistemi kullanıldığında mevcut duruma göre daha uzun kuyruklanma sonuçları alınmıştır. Mevcut kavşak akımında kuyruklanma olmayan kolların sinyalizasyon sonrası dur kalk yapması sebebiyle kavşaktaki kuyruklanma ve gecikme süreleri artmıştır. Kuş bakışı görüntü dışında program çıktılarına baktığımızda da hizmet seviyesinin ve gecikmelerin arttığını gözlemledik. Şekil 5.11 ve şekil 5.12’de gecikme ve hizmet değerleri verilmiştir.

Node Results



| Count | 31 | Si        | TimeInt | Mo... | QLen   | QLenMax | Vehs(All) | Pers(All) | LOS(All) | LOSVal(All) | VehDelay(All) | PersDelay(All) | StopDelay(All) | Stops(All) |
|-------|----|-----------|---------|-------|--------|---------|-----------|-----------|----------|-------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| 23    | 1  | 1800-3... | 1:...   | 12.83 | 48.24  | 13      | 13        | LOS_C     |          | 3           | 31.79         | 31.79          | 24.62          | 0.69       |
| 24    | 1  | 1800-3... | 1:...   | 12.83 | 48.24  | 9       | 9         | LOS_C     |          | 3           | 28.09         | 28.09          | 19.26          | 0.78       |
| 25    | 1  | 1800-3... | 1:...   | 0.03  | 12.59  | 0       | 0         | LOS_A     |          |             |               |                |                |            |
| 26    | 1  | 1800-3... | 1:...   | 0.03  | 12.59  | 0       | 0         | LOS_A     |          |             |               |                |                |            |
| 27    | 1  | 1800-3... | 1:...   | 0.03  | 12.59  | 0       | 0         | LOS_A     |          |             |               |                |                |            |
| 28    | 1  | 1800-3... | 1:...   | 0.05  | 12.60  | 75      | 75        | LOS_A     |          | 1           | 1.47          | 1.47           | 0.09           | 0.05       |
| 29    | 1  | 1800-3... | 1:...   | 0.03  | 12.59  | 0       | 0         | LOS_A     |          |             |               |                |                |            |
| 30    | 1  | 1800-3... | 1:...   | 0.03  | 12.59  | 0       | 0         | LOS_A     |          |             |               |                |                |            |
| 31    | 1  | 1800-3... | 1:...   | 77.58 | 504.70 | 747     | 747       | LOS_F     |          | 6           | 92.64         | 92.64          | 68.91          | 4.46       |

**Şekil 5. 11:** Sabah saatleri öneri 1 sonuçları.

| Count      | 31 | S | T | M... | QLen   | QLenMax | Vehs(All) | Pers(All) | LOS(All) | LOSVal(All) | VehDelay(All) | PersDelay(All) | StopDelay(All) | Stops(All) |
|------------|----|---|---|------|--------|---------|-----------|-----------|----------|-------------|---------------|----------------|----------------|------------|
| Number: 31 |    |   |   |      | 192.48 | 264.67  | 57        | 57        | LOS_F    | 6           | 277.62        | 277.62         | 228.60         | 8.89       |
| 7          | 1  | 1 | 1 | 1... | 171.55 | 293.14  | 2         | 2         | LOS_F    | 6           | 139.52        | 139.52         | 108.14         | 6.50       |
| 9          | 1  | 1 | 1 | 1... | 171.55 | 293.14  | 18        | 18        | LOS_F    | 6           | 142.72        | 142.72         | 112.17         | 3.11       |
| 9          | 1  | 1 | 1 | 1... | 171.55 | 293.14  | 56        | 56        | LOS_F    | 6           | 143.38        | 143.38         | 112.66         | 3.21       |
| 11         | 1  | 1 | 1 | 1... | 171.55 | 293.14  | 15        | 15        | LOS_F    | 6           | 130.32        | 130.32         | 101.55         | 4.00       |
| 12         | 1  | 1 | 1 | 1... | 171.55 | 293.14  | 102       | 102       | LOS_F    | 6           | 139.11        | 139.11         | 108.53         | 3.47       |
| 12         | 1  | 1 | 1 | 1... | 171.55 | 293.14  | 94        | 94        | LOS_F    | 6           | 134.84        | 134.84         | 104.75         | 3.46       |
| 14         | 1  | 1 | 1 | 1... | 43.62  | 135.16  | 208       | 208       | LOS_D    | 4           | 41.79         | 41.79          | 30.49          | 1.00       |
| 15         | 1  | 1 | 1 | 1... | 43.62  | 135.16  | 0         | 0         | LOS_A    |             |               |                |                |            |
| 16         | 1  | 1 | 1 | 1... | 43.62  | 135.16  | 2         | 2         | LOS_E    | 5           | 64.03         | 64.03          | 51.53          | 1.00       |
| 17         | 1  | 1 | 1 | 1... | 43.62  | 135.16  | 0         | 0         | LOS_A    |             |               |                |                |            |
| 18         | 1  | 1 | 1 | 1... | 43.62  | 135.16  | 36        | 36        | LOS_E    | 5           | 68.34         | 68.34          | 55.29          | 1.19       |
| 19         | 1  | 1 | 1 | 1... | 33.36  | 135.16  | 16        | 16        | LOS_C    | 3           | 34.94         | 34.94          | 26.69          | 0.69       |
| 20         | 1  | 1 | 1 | 1... | 147.97 | 214.74  | 8         | 8         | LOS_F    | 6           | 242.30        | 242.30         | 184.64         | 11.50      |
| 21         | 1  | 1 | 1 | 1... | 147.97 | 214.74  | 55        | 55        | LOS_F    | 6           | 257.60        | 257.60         | 199.76         | 11.00      |
| 22         | 1  | 1 | 1 | 1... | 147.97 | 214.74  | 42        | 42        | LOS_F    | 6           | 248.56        | 248.56         | 188.94         | 10.93      |
| 23         | 1  | 1 | 1 | 1... | 147.97 | 214.74  | 1         | 1         | LOS_F    | 6           | 342.54        | 342.54         | 250.84         | 12.00      |
| 24         | 1  | 1 | 1 | 1... | 147.97 | 214.74  | 4         | 4         | LOS_F    | 6           | 246.04        | 246.04         | 192.47         | 12.25      |
| 25         | 1  | 1 | 1 | 1... | 147.97 | 214.74  | 5         | 5         | LOS_F    | 6           | 235.19        | 235.19         | 185.19         | 9.80       |
| 26         | 1  | 1 | 1 | 1... | 0.07   | 18.05   | 0         | 0         | LOS_A    |             |               |                |                |            |
| 27         | 1  | 1 | 1 | 1... | 0.07   | 18.05   | 0         | 0         | LOS_A    |             |               |                |                |            |
| 28         | 1  | 1 | 1 | 1... | 0.07   | 18.05   | 0         | 0         | LOS_A    |             |               |                |                |            |
| 29         | 1  | 1 | 1 | 1... | 0.10   | 18.06   | 118       | 118       | LOS_A    | 1           | 1.22          | 1.22           | 0.13           | 0.04       |
| 30         | 1  | 1 | 1 | 1... | 0.07   | 18.05   | 0         | 0         | LOS_A    |             |               |                |                |            |
| 31         | 1  | 1 | 1 | 1... | 0.07   | 18.05   | 0         | 0         | LOS_A    |             |               |                |                |            |
| 1          | 1  | 1 | 1 | 1... | 82.70  | 293.14  | 931       | 931       | LOS_F    | 6           | 133.42        | 133.42         | 105.29         | 4.30       |

**Şekil 5. 12:** Akşam saatleri öneri 1 sonuçları.

Yukarıdaki sonuçları incelediğimizde LOS (Level of Service) yani hizmet düzeylerinin mevcut duruma göre daha da kötüleştiğini görüyoruz. Sabah saatleri akşam saatlerine göre daha iyi olsa da ikisi de F seviyesinde yani en düşük düzeyde hizmet seviyelerine sahipler. Sabah saatlerindeki araçların gecikme süresi 92,64 saniyeye yükselirken akşam saatlerindeki gecikme süresi 61,25 saniyeden 133,42 saniyeye yükselmiştir. Yani sinyalizasyon olmayan Fehim Şanlı Kavşağı'nda AUS olarak adaptif trafik sinyalizasyonu kullanıldığında konfor açısından kötü sonuçlar elde edildi. Aynı şekilde öneri 1 sonrası kavşaktaki trafik akımının çevresel etkilerini incelemek adına sabah ve akşam saatlerindeki sera gazı emisyon değerleri şekil 5.13'te gösterilmektedir.

**SABAH**

| EmissionsCO | EmissionsNOx | EmissionsVOC | FuelConsumption |
|-------------|--------------|--------------|-----------------|
| 22.159      | 4.311        | 5.136        | 0.317           |
| 14.646      | 2.849        | 3.394        | 0.210           |
| 28.992      | 5.641        | 6.719        | 0.415           |
| 3625.610    | 705.412      | 840.270      | 51.869          |

**AKŞAM**

| EmissionsCO | EmissionsNOx | EmissionsVOC | FuelConsumption |
|-------------|--------------|--------------|-----------------|
| 590.566     | 114.903      | 136.869      | 8.449           |
| 13.307      | 2.589        | 3.084        | 0.190           |
| 87.350      | 16.995       | 20.244       | 1.250           |
| 265.618     | 51.680       | 61.560       | 3.800           |
| 74.978      | 14.588       | 17.377       | 1.073           |
| 507.843     | 98.808       | 117.698      | 7.265           |
| 456.147     | 88.750       | 105.716      | 6.526           |
| 387.399     | 75.374       | 89.783       | 5.542           |
| 4.537       | 0.883        | 1.052        | 0.065           |
| 85.532      | 16.641       | 19.823       | 1.224           |
| 22.084      | 4.297        | 5.118        | 0.316           |
| 91.485      | 17.800       | 21.202       | 1.309           |
| 628.476     | 122.279      | 145.655      | 8.991           |
| 482.810     | 93.937       | 111.896      | 6.907           |
| 14.002      | 2.724        | 3.245        | 0.200           |
| 47.861      | 9.312        | 11.092       | 0.685           |
| 51.966      | 10.111       | 12.044       | 0.743           |
| 44.335      | 8.626        | 10.275       | 0.634           |
| 4951.062    | 963.297      | 1147.456     | 70.831          |

**Şekil 5. 13:** Öneri 1 emisyon değerleri.

Sonuçlar doğrultusunda hizmet seviyesi ve bekleme süreleri kötüleşirken kavşağın çevreye olan olumsuz etkileri azalmıştır. Hem sabah hem akşam da CO, NO<sub>x</sub> ve VOC salınım değerlerinde ciddi düşüşler gözlenmiştir. Aynı zamanda yakıt tüketimi de özellikle akşam saatlerinde neredeyse yarı yarıya düşmüştür. Ancak bir kavşağı çözümlmek için sadece salınımın azalması bizim için yeterli olmadığından daha güzel sonuçlar elde etmek için 2. öneri geliştirilmiştir.

### 5.3. Öneri 2 Modelleme

Sahada yapılan gözlemler sonucunda belirlenen 2. problem parklanma sorunuydu. Özellikle 6 numaralı kolda sürekli olarak yol üstünde parklanmalar olduğu ve gün boyu 2 şeritten birinin kullanılmadığı tespit edilmiştir. Bu yüzden 2. öneri olarak AUS sayesinde parklanmayı önleme fikri sunulmuştur. Parklanmanın önüne geçmek için güzergahta yapılacak denetimler dışında ilk olarak park yasak tabelası koyulacak ve güzergâh üzerinde sabit park EDS kameralarının olduğu varsayılacaktır. Mevcut modelleme üzerinden sadece parklanma yapan araçlar kaldırıldı ve parkın yasak olduğunu belli etmesi için bir adet tabela eklendi. EDS ile denetim yapıldığı varsayıldı. PTV Vissim üzerinde parklanmanın kaldırıldığı modelleme şekil 5. 14'te gösterilmektedir.



Şekil 5. 14: Öneri 2 PTV Vissim modellemesi.

Öneri 2 modellendiğinde ise şekil 5.15'te olduğu gibi trafik akımı gözlenmiştir.



Şekil 5. 15: Öneri 2 PTV Vissim 3D görüntüsü.

Bunun dışında parklanma yapamayan sürücülerin mağduriyetini gidermek adına mevcutta kavşak ortasında bulunan büyük ekranda civardaki otoparkların boş kapasitelerinin yansıtılması önerilmektedir. Mevcutta bulunan ekran şekil 5.16'da gösterilmektedir.



Şekil 5. 16: Mevcutta bulunan led ekran.

PTV Vissim üzerinden modellemelerin videoları izlendiğinde trafiğin en rahat öneri 2 de olduğu gözlenmektedir. Alınan sayısal değerler ise aşağıda verilmektedir. İlk olarak şekil 5.17 ve şekil 5.18’de öneri 2 sonucu sabah-akşam saatlerinde kavşağın hizmet seviyesini ve gecikme sürelerini görebiliriz.

| Node Results                                      |        |           |                                    |              |                     |           |           |              |                |               |                                               |                |            |
|---------------------------------------------------|--------|-----------|------------------------------------|--------------|---------------------|-----------|-----------|--------------|----------------|---------------|-----------------------------------------------|----------------|------------|
|                                                   |        |           |                                    |              |                     |           |           |              |                |               |                                               |                |            |
| Count: 31                                         | SimRun | TimeInt   | Movement                           | QLen         | QLenMax             | Vehs(All) | Pers(All) | LOS(All)     | LOSVal(All)    | VehDelay(All) | PersDelay(All)                                | StopDelay(All) | Stops(All) |
| 15                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 8@621.9 - 6@99.6         | 0.04         | 9.20                | 0         | 0         | LOS_A        |                |               |                                               |                |            |
| 16                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 8@621.9 - 7@140.4        | 0.04         | 9.20                | 0         | 0         | LOS_A        |                |               |                                               |                |            |
| 17                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 8@621.9 - 9@150.2        | 0.04         | 9.20                | 41        | 41        | LOS_A        | 1              | 3.30          | 3.30                                          | 0.12           | 0.20       |
| 18                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 8@621.9 - 12@80.2        | 0.03         | 11.20               | 18        | 18        | LOS_A        | 1              | 2.40          | 2.40                                          | 0.00           | 0.00       |
| 19                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 10@832.5 - 1@122.1       | 0.00         | 0.00                | 6         | 6         | LOS_A        | 1              | 0.85          | 0.85                                          | 0.00           | 0.00       |
| 20                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 10@832.5 - 2@125.6       | 0.00         | 0.00                | 29        | 29        | LOS_A        | 1              | 1.69          | 1.69                                          | 0.00           | 0.00       |
| 21                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 10@832.5 - 6@99.6        | 0.00         | 0.00                | 16        | 16        | LOS_A        | 1              | 3.07          | 3.07                                          | 0.30           | 0.38       |
| 22                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 10@832.5 - 7@140.4       | 0.00         | 0.00                | 6         | 6         | LOS_A        | 1              | 3.71          | 3.71                                          | 0.62           | 0.67       |
| 23                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 10@832.5 - 9@150.2       | 0.00         | 0.00                | 14        | 14        | LOS_A        | 1              | 1.18          | 1.18                                          | 0.00           | 0.00       |
| 24                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 10@832.5 - 12@80.2       | 0.00         | 0.00                | 8         | 8         | LOS_A        | 1              | 3.01          | 3.01                                          | 0.39           | 0.25       |
| 25                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 13@43.4 - 1@122.1        | 0.01         | 11.31               | 0         | 0         | LOS_A        |                |               |                                               |                |            |
| 26                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 13@43.4 - 2@125.6        | 0.01         | 11.31               | 0         | 0         | LOS_A        |                |               |                                               |                |            |
| 27                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 13@43.4 - 6@99.6         | 0.01         | 11.31               | 0         | 0         | LOS_A        |                |               |                                               |                |            |
| 28                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 13@43.4 - 7@140.4        | 0.02         | 11.33               | 75        | 75        | LOS_A        | 1              | 1.24          | 1.24                                          | 0.00           | 0.01       |
| 29                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 13@43.4 - 9@150.2        | 0.01         | 11.31               | 0         | 0         | LOS_A        |                |               |                                               |                |            |
| 30                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 13@43.4 - 12@80.2        | 0.01         | 11.31               | 0         | 0         | LOS_A        |                |               |                                               |                |            |
| 31                                                | 1      | 1800-3... | 1: node                            | 4.89         | 155.37              | 826       | 826       | LOS_B        | 2              | 13.17         | 13.17                                         | 3.44           | 1.40       |
| Vehicle Inputs / Vehicle volumes by time interval |        |           | Signal Controllers / Signal groups | Signal Heads | Vehicles in Network |           | Detectors | Node Results | Conflict Areas |               | Static Vehicle Routing Decisions / Static veh |                |            |

Şekil 5. 17: Sabah saatleri öneri 2 sonuçları.

Node Results

| Count                                             | SimRun | TimeInt   | Movement                     | QLen                               | QLenMax | Vehs(All)    | Pers(All) | LOS(All)            | LOSVal(All) | VehDelay(All) | PersDelay(All) | StopDelay(All) | Stops(All) |                |  |                                               |  |
|---------------------------------------------------|--------|-----------|------------------------------|------------------------------------|---------|--------------|-----------|---------------------|-------------|---------------|----------------|----------------|------------|----------------|--|-----------------------------------------------|--|
| 15                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 8@621.9 - 6@99.6   | 1.10                               | 42.20   | 3            | 3         | LOS_A               | 1           | 6.69          | 6.69           | 0.00           | 0.00       |                |  |                                               |  |
| 16                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 8@621.9 - 7@140.4  | 1.10                               | 42.20   | 0            | 0         | LOS_A               |             |               |                |                |            |                |  |                                               |  |
| 17                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 8@621.9 - 9@150.2  | 1.10                               | 42.20   | 164          | 164       | LOS_A               | 1           | 4.95          | 4.95           | 0.34           | 0.51       |                |  |                                               |  |
| 18                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 8@621.9 - 12@80.2  | 0.57                               | 42.20   | 14           | 14        | LOS_A               | 1           | 2.06          | 2.06           | 0.00           | 0.00       |                |  |                                               |  |
| 19                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 10@832.5 - 1@122.1 | 0.49                               | 28.44   | 5            | 5         | LOS_A               | 1           | 1.91          | 1.91           | 0.00           | 0.00       |                |  |                                               |  |
| 20                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 10@832.5 - 2@125.6 | 0.49                               | 28.44   | 68           | 68        | LOS_A               | 1           | 3.78          | 3.78           | 0.05           | 0.09       |                |  |                                               |  |
| 21                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 10@832.5 - 6@99.6  | 0.49                               | 28.44   | 46           | 46        | LOS_A               | 1           | 4.21          | 4.21           | 0.24           | 0.13       |                |  |                                               |  |
| 22                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 10@832.5 - 7@140.4 | 0.49                               | 28.44   | 1            | 1         | LOS_A               | 1           | 1.06          | 1.06           | 0.00           | 0.00       |                |  |                                               |  |
| 23                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 10@832.5 - 9@150.2 | 0.49                               | 28.44   | 5            | 5         | LOS_A               | 1           | 6.12          | 6.12           | 0.70           | 0.20       |                |  |                                               |  |
| 24                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 10@832.5 - 12@80.2 | 0.49                               | 28.44   | 10           | 10        | LOS_A               | 1           | 7.13          | 7.13           | 1.27           | 0.60       |                |  |                                               |  |
| 25                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 13@43.4 - 1@122.1  | 0.01                               | 11.80   | 0            | 0         | LOS_A               |             |               |                |                |            |                |  |                                               |  |
| 26                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 13@43.4 - 2@125.6  | 0.01                               | 11.80   | 0            | 0         | LOS_A               |             |               |                |                |            |                |  |                                               |  |
| 27                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 13@43.4 - 6@99.6   | 0.01                               | 11.80   | 0            | 0         | LOS_A               |             |               |                |                |            |                |  |                                               |  |
| 28                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 13@43.4 - 7@140.4  | 0.02                               | 11.81   | 130          | 130       | LOS_A               | 1           | 1.15          | 1.15           | 0.00           | 0.00       |                |  |                                               |  |
| 29                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 13@43.4 - 9@150.2  | 0.01                               | 11.80   | 0            | 0         | LOS_A               |             |               |                |                |            |                |  |                                               |  |
| 30                                                | 1      | 1800-3... | 1: node - 13@43.4 - 12@80.2  | 0.01                               | 11.80   | 0            | 0         | LOS_A               |             |               |                |                |            |                |  |                                               |  |
| 31                                                | 1      | 1800-3... | 1: node                      | 18.66                              | 306.55  | 1043         | 1043      | LOS_D               | 4           | 33.00         | 33.00          | 4.20           | 4.60       |                |  |                                               |  |
| Vehicle Inputs / Vehicle volumes by time interval |        |           |                              | Signal Controllers / Signal groups |         | Signal Heads |           | Vehicles In Network |             | Detectors     |                | Node Results   |            | Conflict Areas |  | Static Vehicle Routing Decisions / Static veh |  |

Şekil 5. 18: Akşam saatleri öneri 2 sonuçları.

Ortaya çıkan değerler incelendiğinde sabah saatleri için gecikme süresinin 13,17 saniyeye düştüğü ve hizmet seviyesinin B ye yükseldiği tespit edilmiştir.

Akşam saatlerini incelediğimizde ise gecikme süresinin 61 saniyelerden 33 saniyeye düştüğü, hizmet seviyesinin ise F’den D seviyesine yükseldiği tespit edilmiştir. Konfor açısından güzel sonuçlar elde edilmiş olsa da aynı zamanda çevresel etkilerini de incelememiz gerekmektedir. Şekil 5.19’da öneri 2 için emisyon değerleri gösterilmektedir.

| SABAH       |              |              |                 |
|-------------|--------------|--------------|-----------------|
| EmissionsCO | EmissionsNOx | EmissionsVOC | FuelConsumption |
|             |              |              |                 |
| 32.567      | 6.336        | 7.548        | 0.466           |
| 8.587       | 1.671        | 1.990        | 0.123           |
| 3.816       | 0.743        | 0.884        | 0.055           |
| 19.792      | 3.851        | 4.587        | 0.283           |
| 15.080      | 2.934        | 3.495        | 0.216           |
| 7.398       | 1.439        | 1.715        | 0.106           |
| 7.398       | 1.439        | 1.715        | 0.106           |
| 7.398       | 1.439        | 1.715        | 0.106           |
|             |              |              |                 |
|             |              |              |                 |
| 26.785      | 5.211        | 6.208        | 0.383           |
|             |              |              |                 |
| 1420.744    | 276.425      | 329.271      | 20.325          |

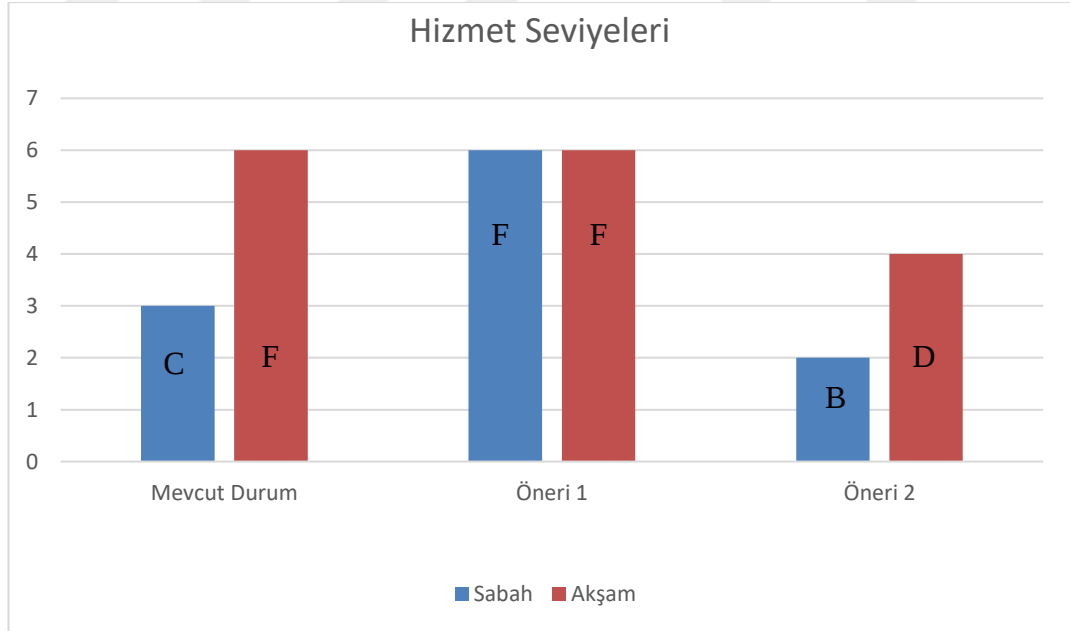
| AKŞAM       |              |              |                 |
|-------------|--------------|--------------|-----------------|
| EmissionsCO | EmissionsNOx | EmissionsVOC | FuelConsumption |
| 2.173       | 0.423        | 0.504        | 0.031           |
|             |              |              |                 |
| 168.117     | 32.709       | 38.963       | 2.405           |
| 6.643       | 1.293        | 1.540        | 0.095           |
| 3.265       | 0.635        | 0.757        | 0.047           |
| 52.051      | 10.127       | 12.063       | 0.745           |
| 36.679      | 7.136        | 8.501        | 0.525           |
| 0.767       | 0.149        | 0.178        | 0.011           |
| 5.062       | 0.985        | 1.173        | 0.072           |
| 12.137      | 2.361        | 2.813        | 0.174           |
|             |              |              |                 |
|             |              |              |                 |
| 45.100      | 8.775        | 10.452       | 0.645           |
|             |              |              |                 |
| 4259.142    | 828.674      | 987.097      | 60.932          |

**Şekil 5. 19:** Öneri 2 emisyon değerleri.

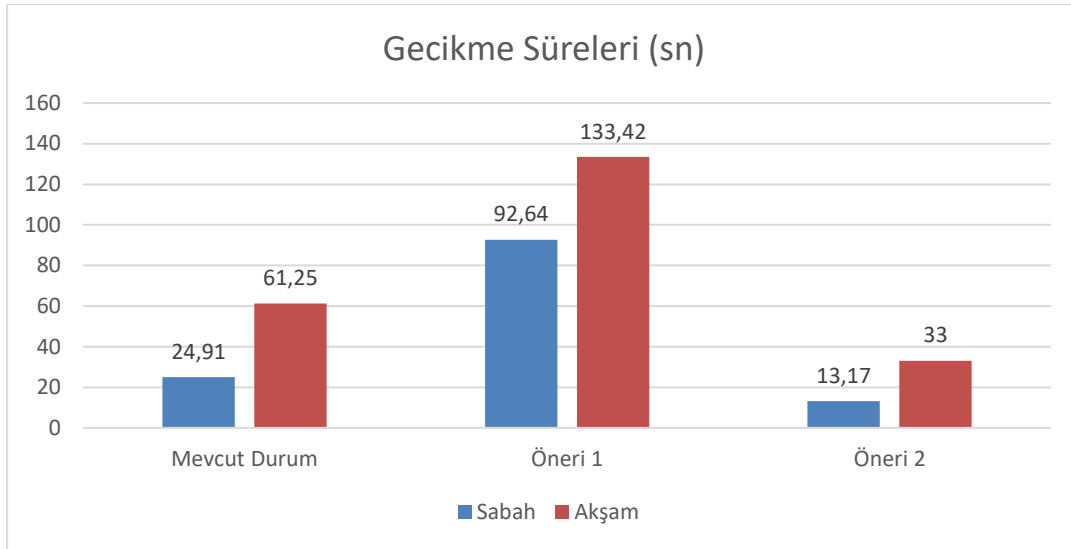
Öneri 2 sonucunda sera gazı emisyonlarında da düşüş olduğu gözlenmiştir. Yakıt tüketimi ise özellikle sabah saatlerinde ciddi düşüş yaşamıştır. Diğer modellemelerle kıyaslamaları sonuç kısmında yapılacaktır.

## 6. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Yapılan çalışmanın performansını ölçmek açısından PTV Vissim ile analiz edilerek değerlendirme alınmıştır. Değerlendirmede ele alınan hizmet seviyesi, ortalama gecikme (s), CO emisyon (gram), NO<sub>x</sub> emisyon (gram), VOC emisyonu uçucu organik madde (gram) ve yakıt tüketimi (galon) kriterleri dikkate alınmıştır. Proje kapsamında mevcut durum, öneri 1 ve öneri 2 için 3 farklı modelleme yapılmıştır. Öneri 1 de mevcut durumdan farklı olarak sinyalizasyon olmayan Fehim Şanlı Kavşağı akıllı kavşak haline getirilmiş ve 4 fazlı bir adaptif sinyal programı oluşturulmuştur. Öneri 2 de ise mevcut kavşaktaki parklanma sorunu EDS ile önlenerek ve gerekli denetimler yapılarak kaldırılmıştır. Daha önce çizelge 5.1’de verilen hizmet seviye aralıkları doğrultusunda 3 farklı durum sabah ve akşam olmak üzere 2 farklı zaman için hizmet seviyeleri Şekil 6.1’de, gecikme süreleri ise Şekil 6.2’de gösterilmektedir.



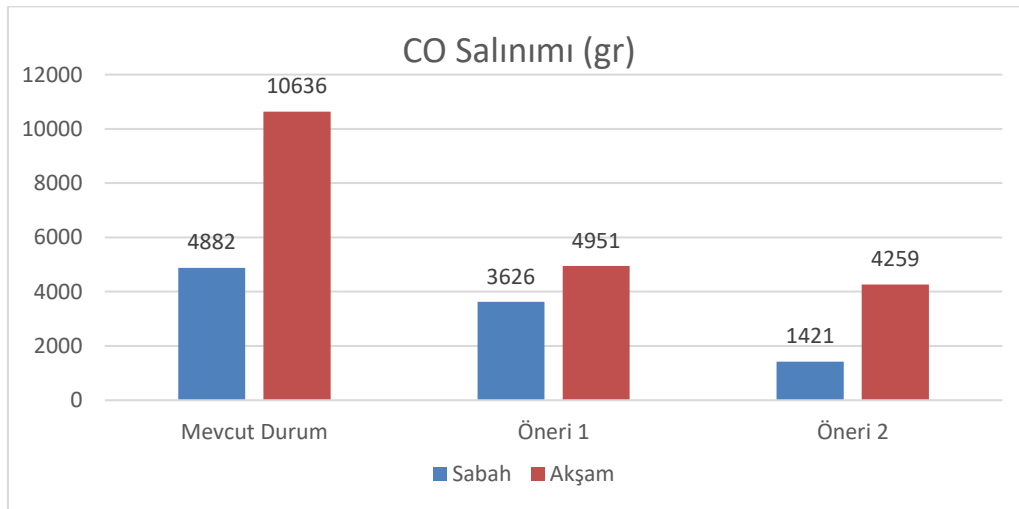
Şekil 6. 1: Hizmet seviyeleri karşılaştırması.



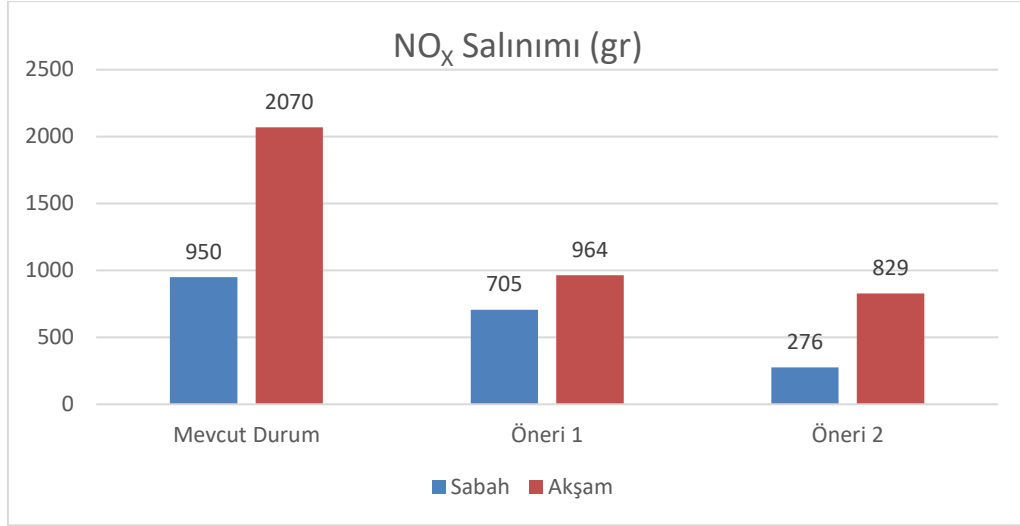
**Şekil 6. 2:** Gecikme süreleri karşılaştırması.

Şekillerde de görüldüğü üzere öneri 1 ile yapılan modellemelerde durum daha da kötüye gitmiştir. Hizmet seviyeleri düşmüş, gecikme süreleri artmıştır. Fehim Şanlı Kavşağı akıllı kavşak haline getirildiğinde konfor seviyesi düşmüştür. Hiçbir sinyalizasyon işlemi yapmadan yine AUS'dan yararlanılarak parklanmanın kaldırılmasıyla hizmet seviyeleri yükselmiş ve gecikme süreleri neredeyse yarı yarıya azalmıştır. Böylelikle kavşağın konfor seviyesi yükselmiştir. İyileşen hizmet seviyeleri ile kavşakta meydana gelebilecek trafik kazaları da azalacaktır.

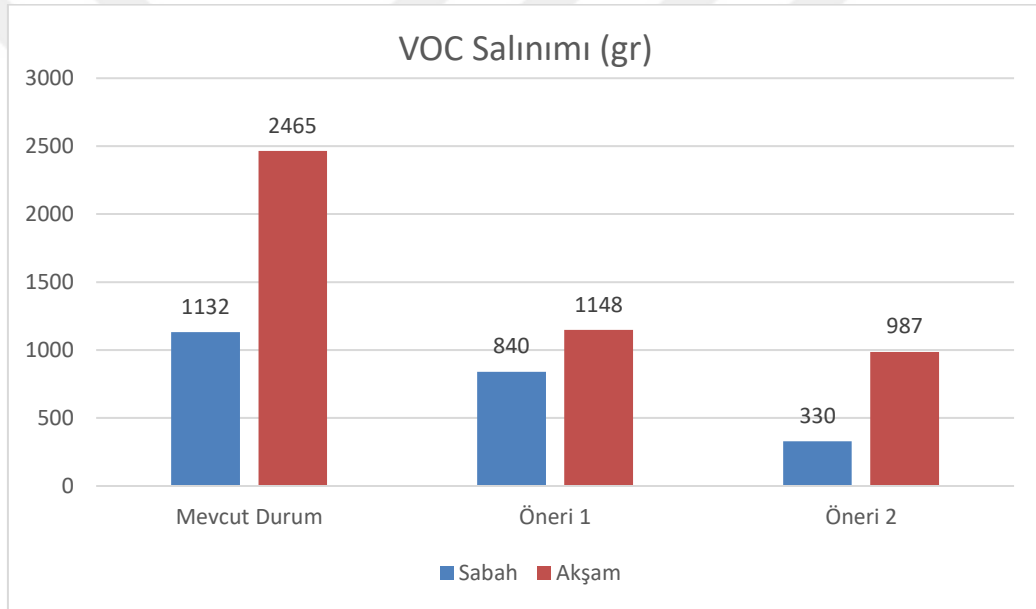
Yaptığımız çalışma kapsamında projeler sadece konfor açısından değil çevreye olan etkileri açısından da değerlendirilmiştir. Şekil 6.3, şekil 6.4 ve şekil 6.5'de 3 farklı modelleme ile kavşaktaki trafik akımının sebep olduğu CO, NP<sub>x</sub> ve VOC salınımları karşılaştırılmıştır.



**Şekil 6. 3:** CO salınımı karşılaştırması.



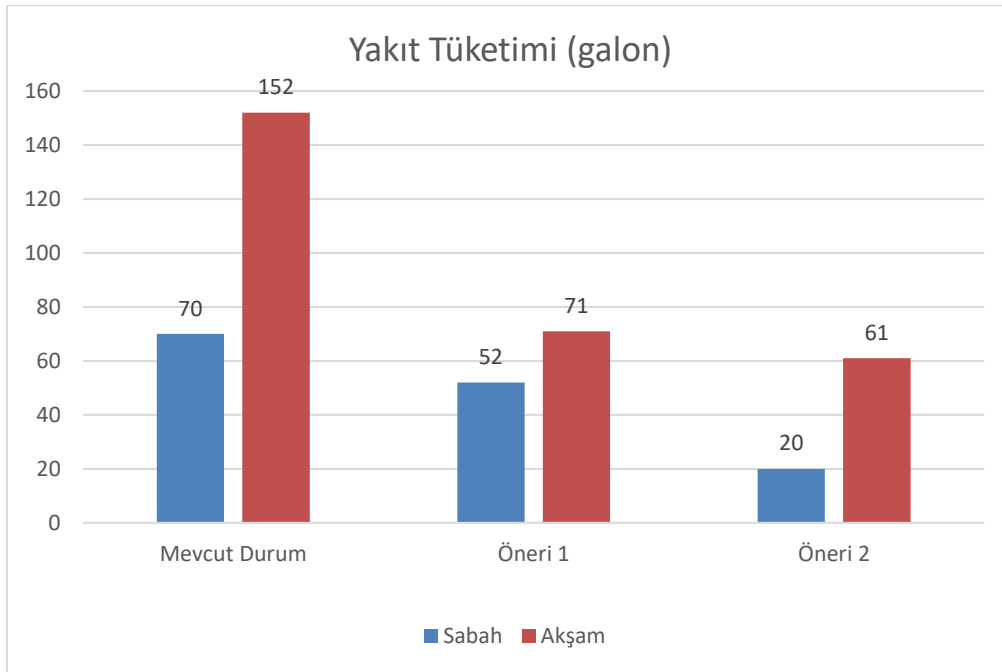
**Şekil 6. 4:** NO<sub>x</sub> salınım karşılaştırması.



**Şekil 6. 5:** VOC salınımı karşılaştırması.

Gaz emisyonları açısından mevcut durumu ve önerileri karşılaştırdığımızda öneri 1 ve 2 arasında çok aşırı fark olmadığı ama mevcut durumla öneriler arasında yarısından daha fazla düşüş olduğu tespit edilmiştir. Her 2 seçenekte de AUS'un gaz emisyonu açısından çevreye olumlu etkileri olduğu gözlenmiştir. Mevcut durum ile öneri 1 arasında sera gazı salınım oranları ortalama %50 azalmıştır. Mevcut durum ile öneri 2 arasında %60 azalma olduğu hesaplanmıştır. Görüldüğü üzere iki öneri arasındaki sera gazı emisyon değerlerinde çok fark olmamakla beraber iki öneri de açığa çıkan sera gazı salınımını azaltmıştır.

Son olarak değerlendirdiğimiz parametre ise yakıt tüketimeidir. Emisyon değerleri aracın yakıt sarfiyatı ile doğru orantılı şekilde değişmektedir. Araçlar en fazla emisyonu sabit hızda giderken değil, durma ve kalkma esnasında harcamaktadır. Dolayısıyla buradaki durma ve gecikme sayılarına bağlı olarak yakıt sarfiyatı değişmekte ve buna bağlı olarak da emisyon değerleri değişmektedir. Hem çevreye hem ülke ekonomide büyük etkisi olan fosil yakıtların kullanımının azalması gerekmektedir. Fosil yakıtların azaltılması için tüm dünyada birçok strateji geliştirilmiş, kurallar koyulmuş hatta yasalar çıkartılmıştır. AUS ile de bu konuda basit çözümler geliştirilebilmektedir. şekil 6.6'da mevcut durum, öneri 1 ve öneri 2'ye ait modellemeler arasındaki yakıt tüketimi farkları gösterilmiştir.



**şekil 6. 6:** Yakıt tüketimi karşılaştırması.

Aynı sera gazı emisyonlarında olduğu gibi yakıt tüketiminde de en çok azalma öneri 2 de olmaktadır. Mevcut duruma göre öneri 2'de sabah %70 den fazla yakıt tüketiminde azalma olmuştur. Akşam saatlerinde ise yakıt tüketimindeki azalma %60'a ulaşmıştır. Bu bize AUS ile çevresel etkileri %50'den fazla oranda azaltabileceğimizin göstergesidir.

Sonuç olarak; çalışma kapsamında mevcut bir kavşak ele alınmış ve 2 farklı AUS önerisi ile üzerinde çalışılmıştır. PTV Vissim programı ara yüzüyle her biri ayrı ayrı modellenmiş, video kayıtları izlenmiş ve bazı sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda ortaya çıkan nihai sonuç her AUS yönteminin her yere

uygulanamadığı ve her zaman mükemmel sonuçlar vermediğidir. Birçok saha çalışmasında adaptif trafik kontrol sistemleri bizlere en iyi sonucu verirken Fehim Şanlı Kavşağı için istediğimiz sonucu vermemiştir. Çevreye etkisi açısından bakarsak kesinlikle olumlu etkileri olmuştur ancak hizmet açısından olumsuz etkilemiştir.



## KAYNAKLAR

- Aavani P., Mithun K Sawant, Sneha Sawant, Rohit S Deshmukh,** (2017). A Review on Adaptive Traffic Controls Systems
- Akbulut, F.** (2016). Kentsel Ulaşım Hizmetlerinin Planlanması ve Yönetiminde Sürdürülebilir Politika Önerileri. Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi.
- Anonim.** (2008). Ulaştırma Sektöründe Enerji Verimliliği. Mühendis ve Makina, 30-32.
- Buldurur, P. D.** (2018). Sürdürülebilir Kentsel Ulaşım. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Cirit, F.** (2014). Sürdürülebilir Kent İçi Ulaşım Politikaları ve Toplu Taşıma Sistemlerinin Karşılaştırılması. Kalkınma Bakanlığı.
- Cowie, J.** (2009). “The Economics of Transport A theoretical and applied perspective”.
- Dündar S.** (2018), *İstanbul'daki Işıklı Kavşaklarda Doygun Akım Değerini Etkileyen Geometrik Değişkenlerin İncelenmesi* (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Erdoğan, H. T.** (2016). Ulaşım Hizmetlerinin Ekonomik Kalkınma Üzerine Etkisi. *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 195.
- European Environment Agency.** (2018). The first and last mile — the key to sustainable urban transport. Denmark: European Environment Agency.
- Gaziosmanpaşa Belediyesi.** (2020). Gaziosmanpaşa İlçesi Kavşak Sayım Raporu
- Gonca, C., Gülsün, B.,** (2019). Adaptif Trafik Yönetim Sistemleri, OHS Academy İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi.
- İSBAK.** (2014). *Tam Adaptif Trafik Yönetim Sistemi (ATAK)*. İSBAK İnternet Sitesi: <http://www.isbak.com.tr/sites/default/files/dokumanlar/02-atak-trrevize.pdf> (21.05.2014)
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi.** (n.d). Elektronik Denetleme Sistemleri Teknik Dökümanı
- Kılıç, M., Dönmez, T., Adalı, S.,** (2020). Karayolu Ulaşımında Yakıt Tüketimine Bağlı Karbon Ayak İzi Değişimi: Çanakkale Örneği
- Kılınç, E. C., & Işık, N.** (2014). Ulaştırma Sektöründe CO2 Emisyonu ve Enerji Ar-Ge Harcamaları İlişkisi.
- Ökten, S., & Ökten, A. Ö.** (2018). Avrupa Birliği Politikaları Perspektifinde Sürdürülebilir Kent. *Akademia Sosyal Bilimler Dergisi*, 419.

- Pekin M.A.** (2006), *Ulaştırma Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Rodrigue, J. P.** (2020). *The Geography of Transport Systems*. New York.
- Sat, A., Gürel Üçer, A., Varol, Ç., & Yenigül, B.** (2017). Sürdürülebilir Kentler İçin Çok Merkezli Gelişme: Ankara Metropolitan Kenti İçin Bir Değerlendirme. *Ankara Araştırmaları Dergisi*, 98-107.
- Şimşek, A. V.** (2014). Sürdürülebilir Ulaşım Politikaları Çerçevesinde Özel Araç Sahiplerinin Toplu Taşımaya Yönlendirilmesinde Park Et Devam Et Yöntemi; İstanbul Örneği. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı,** (2021). Akıllı Kavşak Uygulamaları Teknoloji İnceleme Raporu, Ankara
- T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı,** (2020). Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı, Ankara
- Tozam, İ., & Bulut Karaca, Ü.** (2018). Kentsel Isı Adası Etkisi ve Serin Çatılar. 9. Ulusal Çatı & Cephe Konferansı.
- Tunçer, P.** (2016, 3 28). Sürdürülebilir Kentleşme Politikaları ve Türkiye. Makale. Ankara.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK).** 2021. Trafiğe Kayıtlı Motorlu Kara Taşıt Sayısı.
- Uluslararası Enerji Derneği.** (2014). Politika Yapıcılar için IEA ve IPCC (Özet).
- Url-1** <[https://en.wikipedia.org/wiki/Intelligent\\_transportation\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Intelligent_transportation_system) >, erişim tarihi 13.08.2023
- Url-2** < <https://tr.wikipedia.org/wiki/Gaziosmanpa%C5%9Fa> >, erişim tarihi 15.08.2023
- Url-3** < <https://kavsak.net/caddelerimizi-ve-sokaklarimizi-yayalar-icin-daha-guvenli-halegetirecek-6-yontem/> >, erişim tarihi 05.01.2020
- Url-4** < <https://teyit.org/ulasim-kisisel-tercihler-ve-planlama-sera-gazi-emisyonlarında-ne-kadaretkili> >, erişim tarihi 01.12.2020
- Url-5** < <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/ulastirma-turune-gore-seragazi-emisyonu-i-85790> >, erişim tarihi 2022

## ÖZGEÇMİŞ

**Ad-Soyad** : Dilara USTA

**Doğum Tarihi ve Yeri** :

**E-posta** :

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2020, İstanbul Bilgi Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisi

### MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

2022'den Beri / Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı 1. Bölge Müdürlüğü – Teknik Hizmetler Birimi

2021 - 2022 / Kuzey Marmara Otoyolu Müşavirlik İşİ, Apco-Altaş İş Ortaklığı – İnşaat Mühendisi

2019 – Stajyer – Emay Mühendislik – Ofis Stajı

2018 – Stajyer – İga – İstanbul Yeni Havalimanı Şantiyesi

2017 – Deneyim – Taş Yapı – Sultan Ahmed Camii Restorasyonu

2017 – Deneyim – Himtek Mühendislik – Kentsel Dönüşüm Projesi

### DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

IGRS'23 - Intelligent Transportation Systems for a Green World