



*Araştırma Makalesi / Research Article*

**KENT İÇİ ULAŞIM PROJELERİNDE MİKROSİMÜLASYON  
YÖNTEMİNİN KULLANILMASI:  
ESENYURT AHMET ARİF CADDESİ ÖRNEĞİ\***

**USING MICROSIMULATION METHOD IN URBAN TRANSPORTATION PROJECTS:  
THE CASE OF ESENYURT AHMET ARİF CADDESİ**

**Menekşe ŞEKER MURAT<sup>1</sup>**

**Leyla SURİ<sup>2</sup>**

<https://doi.org/10.55071/ticaretfbid.1150425>

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author*  
[menekseker@gmail.com](mailto:menekseker@gmail.com)

*Geliş Tarihi / Received*  
28.07.2022

*Kabul Tarihi / Accepted*  
17.10.2022

**Öz**

İstanbul metropolünde, nüfus ve yerleşim alanlarının artması, ulaşım sorunlarının da büyümesine neden olmaktadır. Kentin hem günümüzdeki sorunlarının çözümü için hem de gelecekte karşı karşıya kalabileceği tehditlere karşı kapsamlı bir ulaşım planlamasına gereksinimi vardır. Ulaşım planlama sürecinde trafik mühendisliği çalışmaları ile tasarımlar yapılarak planlama kararları öngörülmelidir. Planlama çalışmalarının yürütülmesinde akılcı ve kalıcı kararlar verilebilmesi için bilimsel metodlardan faydalanılması gerekmektedir. Planlama kavramı uzun, orta ve kısa olmak üzere üç farklı şekilde ele alınmaktadır. Kısa vadeli çözüm önerilerinin değerlendirilmesinde ve kısıtlı bir (kavşak, koridor gibi) alanı kapsayan mikro simülasyon bu çalışmanın ana konusunu oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında modelleme yöntemi olan simülasyon ele alınmış ve mikro ölçekli bir simülasyon modeli oluşturulmuştur. Trafik sorunlarına yönelik üretilen bir projenin analizi yapılarak mevcut durumun ve öneri projenin performansı değerlendirilmiştir. Bu sonuçlara göre öneri modelimizin mevcut duruma göre yaklaşık olarak ortalama gecikme süresinde %27, ortalama durma sayısında %43, ortalama hız değerinde %15, toplam gecikme süresinde %10, toplam gecikme süresinde %27 ve toplam seyahat süresinde %5 daha iyi sonuçlar elde ettiği tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda mikro ölçekli model yönteminin ulaşım planlaması süreçlerine dahil edilmesi gerekliliği vurgulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kent içi ulaşım, mikro ölçekli trafik simülasyonu, performans kriterleri, ulaşım projeleri.

**Abstract**

The increase in population and residential areas in the Istanbul metropolis causes transportation problems to grow. The city needs a comprehensive transportation planning both for the solution of its current problems and for the threats it may face in the future. In the transportation planning process, planning decisions should be foreseen by making designs with traffic engineering studies. In order to make rational and permanent decisions in the execution of planning studies, it is necessary to benefit from scientific methods. The concept of planning is handled in three different ways as long, medium and short. Micro-simulation, which covers a limited area (such as intersection, corridor) and evaluates short-term solution proposals, is the main subject of this study. Within the scope of the study, simulation, which is a modeling method, was discussed and a micro-scale simulation model was created. The current situation and the performance of the proposed project were evaluated by analyzing a project produced for traffic problems. According to these results, our recommendation model achieved approximately 27% better results in average delay time, 43% in average number of stops, 15% in average speed, 10% in total delay time, 27% in total delay time and 5% in total travel time compared to the current situation. detected. As a result of the study, it was emphasized that the micro-scale model method should be included in the transportation planning processes.

**Keywords:** Microscopic traffic simulation, performance criteria, transportation projects, urban transportation.

\*Bu yayın Menekşe ŞEKER MURAT isimli öğrencinin İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Programındaki Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

<sup>1</sup>İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Anabilim Dalı, Küçükyalı, İstanbul, Türkiye. [menekseker@gmail.com](mailto:menekseker@gmail.com), [Orcid.org/0000-0001-9420-4546](https://orcid.org/0000-0001-9420-4546).

<sup>2</sup>İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Küçükyalı, İstanbul, Türkiye. [lsuri@ticaret.edu.tr](mailto:lsuri@ticaret.edu.tr), [Orcid.org/0000-0002-3225-1221](https://orcid.org/0000-0002-3225-1221).

## 1. GİRİŞ

Kent içi ulaşım, kentsel yaşamın yaya ve taşıt hareketlerinden, arazi kullanımına kadar ulaşım alt ve üst yapılarına ilişkin kapsamlı planlanması gereken bir sistemdir.

Kentsel ulaşımın planlanması, bir kentin ulaşım ana planından veya imar planının ulaşım ile ilgili kararlarından, bir yaya alanının, bir kavşağın planlanmasına kadar, değişik nitelikli ulaşım araştırmaları ve farklı ölçeklerde proje tasarımlarıyla ilgilidir. Kentsel gelişmeyi belirleyen imar planlarının iskeleti sayılan yol ağını belirleyecek ulaşım planlaması planlama hiyerarşisi içinde vazgeçilmez bir ögedir. Kent içi ulaşım projeleri kapsamında; ana caddeler, imar bölgesini aşan toplayıcı caddeler, imar bölgesi için toplayıcı yollar, dağıtıcı yollar, ara (tali) sokaklar, taşıt ve yayanın birlikte kullandığı ara yollar, yaya caddeleri, konut bölgesi yaya yolları, bisiklet yolları düşünülebilir.

Kentlerde nüfus artış hızına ve aşırı nüfus yığılmalarına bağlı olarak arazinin izin verdiği ölçüde yaşam alanlarının genişlediği görülmektedir. Bu durum mekânsal büyümeyi ortaya çıkarmış mekânsal büyüme ekonomik ve sosyal faaliyetlerin büyümesine sebep olmuştur. Büyüme hızının artışına bağlı olarak kentlerdeki yaya ve araç hareketliliği artmış ve ulaşım sorunları meydana gelmiştir. Bu sorunlar yaşam kalitesini düşürmektedir ve en önemlileri; trafik sıkışıklığı, trafik kazalarının artması, otopark yetersizliği, zaman kaybı hava ve gürültü kirliliği olarak sıralanabilir. Tüm bu sorunların çözümlerine yönelik kentlerde planlama çalışmalarına ihtiyaç artmaktadır. Bu sorunların çözümleri için geliştirilen projelerde farklı disiplinlerle birlikte çalışmaların yapılmaması, sorunun çözümü için geçici düzenlemeler yapıp uzun vadeli planlar içinse gerekli yatırımların yapılamaması kent içi ulaşım sorunlarının daha da artmasına sebep olmaktadır.

Ulaşım ve trafik sorunları ülkemizde tek bir kurum üzerinden ele alınmamakta olup, parçacı bir yaklaşımla ele alınmaktadır. Bu sebeple istenilen sonuçlara ulaşmak güçleşmektedir. Kapsamlı ve bir bütün olarak yapılması gereken planlama çalışmaları yetersiz olup, geleceğe yönelik planlama kararları alınmamaktadır.

Ulaşımında planlama noktasındaki eksiklerin yanı sıra ulaşım ya da trafik düzenleme projeleri uzun vadede etkileri olan ve maliyeti yüksek olan yatırımlardır. Aynı zamanda geri dönüşü olmayan sonuçları meydana getirebilmektedir. Bu yüzden doğru olarak belirlenen öncelikler için en fazla yarar sağlayacak şekilde ekonomik kaynakların kullanılması çok önemlidir. Maliyet ve zaman kayıplarının önüne geçilmesi için ulaşım modellemenin entegre edilmesi ile bilimsel metodlardan faydalanarak mevcut duruma ait değerlendirmeler yapılmalı, trafik problemleri doğru tespit edilmeli ve çözüme yönelik en doğru projenin seçimi gerçekleştirilmelidir.

Çalışma kapsamında kent içi ulaşım kavramı ve projelendirme aşamalarında trafik mühendisliği ve tasarımsal anlamda dikkat edilmesi gereken hususlar anlatılmış olup, mikrosimülasyon yöntemi detaylandırılarak uygulama örneği ile birlikte ulaşımında modellemenin önemi vurgulanmıştır.

Gelişen simülasyon teknolojileri sayesinde ulaşım sistemin mevcut durumu simülasyon ortamına yansıtılarak, sisteme uyacak kavşak çözümleri ve yol ağları hızlı ve kapsamlı bir şekilde üretilebilmektedir. Ayrıca simülasyon programları farklı senaryolarda yol üzerindeki sistemin nasıl davrandığını görmemize, gerekli gördüğümüz değişiklikleri hızlıca değiştirip tekrar gözlem yapabilmemize olanak sağlar.

Karayolu ulaşımının temeli olan kavşaklar bir ulaşım sistemi içinde trafik akımının en fazla kesintiye uğradığı noktalar olup, birçok bilimsel araştırmada ele alınmıştır. Kavşaktaki akım hareketlerinin detaylı olarak incelenebildiği mikrosimülasyon yöntemi bu çalışmanın yöntemi

olup, kent içi ulaşım sorunlarının bilimsel yöntemlerle analiz edildiği birçok çalışmanın da konusu olmuştur.

Oktan (2021) tarafından yapılan çalışmada, Erzurum ilinde bulunan şehrin önemli kavşakları olan İstasyon kavşağı, Gez kavşağı, İstanbulkapı kavşaklarının oluşturduğu koridor, simülasyon yöntemi kullanılarak modellenmiş ve kavşakların seyahat süresi, ortalama gecikmesi, karbon monoksit(CO) ve azot oksitler(NOx) olan sera gazları ile uçucu organik bileşik(VOC) hava kirleticilerinin emisyon salınımı, yakıt tüketimi ve kuyruk uzunluğu gibi parametrelerinin iyileştirilmesi için farklı senaryolar analiz edilmiştir.

Irgat (2019) tarafından yapılan çalışmada önemli trafik sorunlarından olan kazalar ele alınmış ve simülasyon yöntemi olarak Visum Safety kaza analizi programı ile kazalar ile trafik verilerini ilişkilendirerek analizler yapılmıştır. Trafik hacmi, trafik yoğunluğu, hızlar ve araç cinsleri gibi trafik parametrelerinin kazalar ile ilişkilendirilmesi kazaların yorumlanmasında ve önlemlerin alınmasında daha etkili olabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

İncelemeler sonucunda görüldüğü üzere trafik simülasyon programları sayesinde kavşak veya kavşakların oluşturduğu koridorların mevcut veya tasarımlarının simülasyon modeli oluşturularak sistemde meydana gelen seyahat süreleri, durma sayıları ve gecikmeler gibi kavşak performansını belirleyen parametreler analiz edilebilmektedir.

Çalışmamızda proje tasarım süreci tamamlanmış olan bir koridora ait mevcut durum ve proje sonrası durum irdelenerek bu koridordaki kavşak tasarımlarının uygunluğu incelenmiş, proje tasarımının ne denli doğru olduğu sorgulanmıştır. Bu amaçla modeli oluşturan yol ağının çeşitli kriterlere göre performansları değerlendirilerek analiz sonuçları paylaşılmıştır. Uygulama alanı olarak yaşam kalitesini son derece olumsuz etkileyen ulaşım sorunlarının üst seviyede olduğu İstanbul ili Esenyurt ilçesi seçilmiştir.

Yöntemimizin mikrosimülasyon olması sebebi ile detay proje çalışılacağından il genelinde en yoğun nüfusa sahip olan Esenyurt ilçesi kapsamında kentsel hareketliliğin en fazla olduğu Ahmet Arif Caddesi ve etki alanındaki caddeler modellenmiştir. Caddeler üzerinde belirlenen kavşakların oluşturduğu koridorun analizi yapılarak mevcut trafik durumları tespit edilmiştir. Trafik sorunları tespit edilen koridor üzerinde imar durumuna göre önerilen kavşak geometrik düzenleme projesinin de modeli hazırlanarak kavşaklar için problem çözümleri değerlendirilmiştir. Böylece kavşaklarda hazırlanan projenin nasıl bir iyileştirme sağladığı performans değerleri alınarak belirlenmiştir.

## 2. KENT İÇİ ULAŞIM KAVRAMI

Ulaşım, insan, hayvan veya nesnelere yer değişimi ile ilgili bir konudur. Yerleşik hayata geçilmesi ile birlikte ulaşımın önemi artmıştır.

Kent içi ulaşım ise kentte yaşayan nüfusun aktivitelerinden oluşmaktadır. Kent içi ulaşım eski dönemlerde yaya ve hayvan gücüne dayalı araçların hareketini kapsamakta iken, sonralarda çalışanların işyerlerine ve evlerine ulaşma ihtiyacının ortaya çıkması ile birlikte kent içi ulaşım türlerinin bugün ki haline gelmiştir. (Öncü, 1997)

Ülke nüfusunun artmasının yanı sıra, kırdaki yaşayan nüfusun azalması kent nüfusunun ise yüksek oranda artması birtakım sonuçları meydana getirmiştir. Ulaşım bakımından bu artışın sonucu; ekonomik faaliyetlerin artması ile birlikte kişi başı günlük yolculuk oranının yükselmiş olmasıdır. Bu durum tüm kent genelindeki toplam yolculuk sayısını da arttırmaktadır. Yolculuk sayılarında

artış ve yolculuk tiplerindeki farklılar sebebi ile ulaşım sektörünün kapsamı da genişlemektedir. Günümüzde kentsel mekânlardaki yolculuk sayıları ile birlikte yolculuk uzunlukları da artmakta ve yolculuk tipi ise motorlu araç yolculuğuna dönüşmektedir.

Kent içi ulaşım sistemleri, otobüsler, minibüsler, raylı sistemler, taksiler, taksi-dolmuşlar, servis araçları ve binek taşıtlardan oluşmaktadır. Kent büyüklüğüne bağlı olarak seyahat süresi ve ulaşım türü seçimi değişmektedir (Tiwari, 2006).

Kent içi ulaşımın kapsamında genel olarak karayolu, demiryolu ve denizyolu yer almaktadır.

Kent içi ulaşım türlerini karayolu, demiryolu ve denizyolu başlıkları altında sınıflandırmak mümkün olup, bu türler Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Kent içi Ulaşım Türleri

### 3. PROJE TASARIM İLKELERİ

Tasarım anlamına gelen dizayn (design) sözcüğü Latince designare sözcüğünden gelmekte olup, Rönesans’tan sonra ‘tasarım’ sözcüğü Fransızca dessiner, İtalyanca disegno’dan İngilizce’ye girmiştir. Sözcük, bugün çizim, eskiz ve aynı zamanda planlama ve tasarlama anlamlarına gelen şeyleri içermektedir (Barnard, 2002).

Tasarım; kentin dönüşümü ve yeniden kurgulanmasıdır. Ama tasarım, kenti var eden bütün detayların, mesela köprülerin, yolların, kaldırımların, park ve bahçelerin dizayn edilerek ortaya çıkma meselesidir (Gezgin, 2007).

Tüm alanlarda tasarım yapılmakta olup, her alanda tasarıma ait belli temel tasarım ilkeleri bulunmaktadır. Başarılı bir tasarım oluşması için konu özelinde tasarım ilkeleri belirlenerek, yaratıcılık ile birleştirilmeli ve uygulanmalıdır. Ulaşım projeleri içinde tasarım ilkeleri sorun tespiti ve çözüm yöntemlerine yönelik olarak belirlenmekte ve genelleşmektedir.

#### 3.1. Kent İçi Ulaşım Tasarımı

Kent içi ulaşım, kentli nüfusun artarak devam eden yolcu ve mal hareketlerini içermektedir. Kentlerin yayılarak büyümeleri ve otomobil sahipliği yolculuk mesafelerinin ve taleplerinin artmasına sebep olmaktadır. Ulaşım sistemleri bu büyümeyle birlikte meydana gelen yolculuk taleplerine cevap veremediğinden, kentlerde ulaşım ve trafik problemleri ortaya çıkmaktadır. Kentli nüfus, zamanla artan motorlu araç kullanımından kötü yönde etkilenmiştir. Ulaşım

yaşanan sorunlar, trafik sıkışıkları, trafikte oluşan zaman kayıpları, maliyetler ve bu sorunlara bağlı bedensel ve psikolojik etkiler kişilerin yaşam kalitesini olumsuz etkilemektedir. Yolculuk mesafelerinin artması ile trafikte geçirilen sürede de artış ortaya çıkmaktadır. Bu durum maliyetleri de arttırmakta ve bu maliyetler tüm ülke ekonomisi için kayıplara yol açmaktadır.

Ortaya çıkan olumsuz sonuçlar en fazla, birden çok yolun kesiştiği noktalar olan kavşaklarda meydana gelmektedir. Yapılan araştırmalar sonucu kent içi ulaşım ağında meydana gelen gecikmelerin %70'den fazlasının kavşaklardaki zaman kayıplarından kaynaklandığı, kazaların da %40-60'ının kavşaklarda gerçekleştiği görülmektedir (Yayla 2004).

Kent içi ulaşım problemlerinin çözümü kentsel yaşam kalitesinin artırılması için çok önemli olup, sağlıklı ve kalıcı çözümlere ihtiyaç vardır. Bu çözümler kapsamında üretilen tüm ulaşım projelerinin en iyi hizmeti vermek amacıyla belli ilkelere dayandırılması gerekmektedir. Ulaşım sorunlarının en sık görüldüğü birimin kavşak noktaları olması sorunu temelde ele almamız gerektiğini ortaya koymakta olup bu çalışma kapsamında kavşak tasarım ilkeleri araştırılmıştır.

Mevcut durumda faaliyette olan kavşaklarda iyileştirme ve yeni yapılacak kavşakların sürdürülebilir faaliyet göstermesi için en iyi çözümü üretme amacı ile bazı ilkeler kavşakların temel tasarım ilkeleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunlar güvenlik, yeterli hizmet düzeyi, ekonomi ve çevreye duyarlılıktır (Camcı 2019).

Kavşakların düzenlenmesinde; trafik devamlılığının sağlanması, güvenliğin artırılması, hızın uygun seviyede tutulması, gecikmelerin azaltılması, yeterli hizmet seviyesinin sağlanması, kullanıcı işletme maliyetlerinin düşürülmesi amacı güdülmelidir.

Bu nedenle kavşak planlamasının güvenlik, konfor, kapasite faktörleri göz önünde bulundurularak belirlenen temel ilkeleri aşağıdaki şekildedir (Murat, Y.Şazi Kavşakların Planlaması Ders Notları).

- Sürücüyü şaşırtacak karışık düzenlemelere gidilmemelidir.
- Trafik akımlarındaki kesişme ihtimalleri en az seviyede tutulmalıdır.
- Kavşak yaklaşım kollarında güvenlik faktörüne dikkat edilmelidir.
- Kavşaktan geçen ana trafik akımı en az sapan akım olmalıdır.
- Kavşak geçiş hızlarında kontrol fiziki yapılar ile sağlanmalıdır.

#### 4. PERFORMANS KRİTERLERİ

Performans, belirli amaçlara yönelik planlı etkinlikler sonucu nicel ya da nitel olarak değer kazanmış bir kavramdır (Eraslan ve Algün, 2005).

Projelerde performans ölçümü ile konu özelinde belirli kriterlere bağlı olarak projenin hedefleri doğrultusunda işleyiş seviyesi ve ne kadar başarılı ilerleme olduğu ortaya koyulmaktadır.

Kavşak performanslarında çeşitli kriterler değerlendirmekte olup, bu kriterlerden öne çıkanlar, seyahat süresi, taşıt gecikmesi, kuyruk uzunluğu ve hız değerleridir.

Gecikme, kuyruk uzunluğu ve hız parametreleri seyahat süresine doğrudan etki eden parametrelerdir. Diğer taraftan literatür araştırmalarında emisyon salınımı ve yakıt tüketimi gibi trafiğin olumsuz çevresel etkilerinin değerlendirilebileceği parametreler de öne çıkmaktadır.

Seyahat süresi, bir taşıt için kavşak yada koridor boyunca başlangıç noktası ile bitiş noktası arasındaki mesafeyi aldığı süredir.

Gecikme, taşıtların, kavşaktaki diğer taşıtlar, kavşak geometrisi ve sinyalizasyon sistemleri nedeniyle, kavşakta kaybettiği zaman olarak tanımlanmaktadır. Gecikme parametresi, yavaşlama-durma ve hızlanma gecikmesi olmak üzere üç bileşenden oluşmaktadır (Çakıcı, 2020).

Kuyruk uzunluğu, kavşak yaklaşım kollarında yer alan taşıtların hareket etmeden durduğu durumlarda oluşturdukları mesafedir.

Kavşaklar için işleyiş seviyesini gösteren husus kavşağın yol hizmet düzeyidir. Yol hizmet düzeyleri (Level of Service, LOS) A ile F arasında bir ölçeklendirme ile belirlenir (Traffic Engineering Handbook; TEH, 2010). A hizmet düzeyi en iyi düzeydeki kullanım koşullarını temsil ederken, F hizmet düzeyi (LOS F) en kötü düzeydeki kullanım koşullarını temsil eder. Bu koşullar yolculuk süresi, manevra yapabilme kabiliyeti, gecikme değerleri ve sürücüler için sağlanan konforu içermektedir.

A düzey, trafik akımında, sürücüler yol koşullarından neredeyse hiç etkilenmezler, trafik akımı içinde hız bakımından hareket serbestliği vardır.

B düzey, A seviye gibi serbest akım hızında ya da çok yakın hızlarda yolculuğa imkan tanır; ancak sürüş esnasında diğer kullanıcıların varlığı hissedilmeye başlanır. Hızı belirleme özgürlüğü vardır ancak, yolda manevra yapma kabiliyeti A düzeyine göre azalmaktadır. A ve B düzeylerinde, meydana gelecek trafik kazası gibi faktörlerin trafik akımına etkisi çok azdır.

C düzey yolculuk serbest akım hızında ya da yakın hızda devam edilirken, şerit değiştirme gibi manevralar sınırlanır bu yüzden sürücüler tarafından şerit değiştirme manevraları oldukça dikkatli yapılmaktadır. C düzeyinde konfor genel olarak anlamlı bir düzeyde azalmaktadır. Trafik kazası gibi bir olay meydana geldiğinde, kuyruklar oluşmakta ve gecikmeler yaşanmaktadır.

D düzeyinde trafik sorunlarının karşımıza çıktığı görülmekte olup, hızlar, trafik yoğunluğuna bağlı olarak biraz düşmekte ve manevra yapma özgürlüğü sınırlandırılmıştır. Trafik kazaları gibi olaylar neticesinde yol üzerinde uzun kuyruklar oluşmaktadır.

E düzeyi trafik talebinin karşılanamadığı akımın neredeyse durma seviyesine yaklaştığı düzeyi ifade eder. Genel olarak, manevra hareketi yüksek oranda sınırlı ve sürücüler için konforsuz bir yolculuk, fiziksel ve psikolojik rahatsızlıklar meydana gelmektedir.

F düzeyi, trafik akımında aksaklık olduğu anlamına gelen hizmet düzeyini ifade eder. Taşıtların trafik hızı oldukça düşük hızlara iner ve genellikle de tamamen durma noktasına gelirler. Bu durma noktası F düzeyin en belirgin özelliğidir.

## 5. MİKROSİMÜLASYON YÖNTEMİ

### 5.1. Mikro-Simülasyon Kavramı

Ulaşım modellemede, İstanbul Ana Ulaşım Planı, İstanbul Geneli Toplu Taşıma Optimizasyonu Modeli, Talep Yönetimi Modelleri makro ölçek, geometrik düzenleme tasarımlarını kapsayan Ön Proje, Uygulama Projesi gibi detay içeren planlar mikro ölçek simülasyon kapsamlarına girmektedir.

Simülasyon, özde deneysel nitelikli matematiksel modelleştirme tekniği olarak, sistemin davranışını inceleme ve tanımlama, sistemdeki değişmelerin etkilerini belirleme ve böylece gelecekteki davranışları tahmin etme amacı taşıyan deneysel ve uygulamalı bir metodolojidir (Kavcar, 2004). Simülasyon; bir sistemin neden sonuç ilişkilerine bağlı olarak sistem davranışlarının izlenmesini sağlayan bir modelleme tekniğidir. Simülasyonun amacı taşıtların sistem içindeki davranışlarını elde ederek kıyaslamak ve görsel olarak da ortaya sunmaktır.

Mikro-simülasyon ise; otoyol veya kent içi ulaşım sistemlerinde; mevcut trafik ve öneri projelerin performansını değerlendirmek için, mikro zaman aralıklarıyla taşıt hareketlerinin modellenmesidir. Mikro-simülasyon da modelci, ulaşım plancısı tarafından belirlenen seyahat modelini işletir. Yolcu ve araçların hareketlerini, kesişimleri ile oluşan kavşakları modelleyerek, trafik dinamiklerine ait birçok bilgiyi elde edebilmektedir.

Mikrosimülasyon yazılımları ile;

- Kavşağın geometrik düzenlemesi
- Trafik hacim artışı, Ağır taşıt sayısı
- Parklanma
- Toplu taşıma güzergahı ve durak yerleri, Varsa toplu taşıma önceliği,
- Kavşak sinyalli ise sinyal süreleri,
- Arterin ortalama hızı,

gibi veriler kullanılarak kavşağın mevcut çalışma şekli ve yeni bir tasarımı varsa; bu tasarımın bugün ve gelecekteki durumunun tespiti ve gözlemi yapılır.

Simülasyon programları ile kazanılacak avantajları aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür.

- Karar vericilerin mevcut trafik durumunun yorumlanmasını sağlamak
- Trafik sorunlarının çözümü için farklı senaryoların modellenmesini sağlamak,
- Senaryoları uygulamadan önce proje seçimini yapacak kurum ve kişilere değerlendirme imkanı sunmak,
- En iyi işleyiş sonucunu sunan senaryonun tespit edilmesini sağlayarak seçim kolaylığını sağlamak,
- Kavşak iyileştirmesini artırmaya yönelik projeler için maliyetleri en aza indirebilmeyi sağlamak,
- Zaman tasarrufu.

Mikro-simülasyon analizi karar vericilerin en doğru proje alternatifini seçmesi için bir araçtır. Herhangi bir trafik düzenleme projesi için, geri dönüşü olmayan ya da çok büyük maliyetli olacak hataların sahada yapılmasını engellemektir. Mikro-simülasyonun kapsamında aşağıdaki konular yer almaktadır.

- Kavşak Geometrileri Karşılaştırılması
- Ağ Ve Hareket Modelleri
- Kapasite Analizi
- Sinyal Sistemleri
- Anayol / Otoyol Simülasyonu
- Ulaşım Geliştirme Planlaması
- Trafik Yönetimi
- Toplu Taşıma Simülasyonu
- Yaya Simülasyonu

## 5.2. Modelin Hazırlanması

Mikrosimülasyon, ile aldığımız sonuçları düşünecek olursak, zengin bilgi içeriğinin yanı sıra, fazlaca zaman ve detaylı kaynak gerektiren bir çalışmadır. Mikro-simulasyon 4 aşamadan oluşmaktadır. Modeli oluştururken veri toplama, simülasyon yazılımına aktarma, animasyonları oluşturma analiz ve değerlendirme aşamaları tamamlanmalıdır.


Bir mikro-simülasyon modeli uzman ve tecrübeli trafik mühendisleri tarafından, yeterli zaman ve kaynak kullanımı ile uygun yazılım programları kullanılarak ve yerel duruma göre modelin kalibresi yapılarak hazırlanmalıdır.

### 5.2.1. Veri toplama

Proje aşamasında mevcut durumun analizine yönelik yapılması gereken en temel iş doğru ve yeterli veriyi temin etmek olmalıdır. Mevcut durum bilgilerinin derlenmesi ve değerlendirilmesi amacı ile arazi bilgileri, ulaşım sistemi verileri, trafik verileri, geometrik veriler gibi bilgilerin eksiksiz olarak temin edilmesi gerekmektedir.

Trafik verileri yollardaki taşıt miktarları, zirve saat değerleri, taşıt hızları, yaya hareketliliği, kavşaktaki kaza raporları gibi verilerdir.

Veri merkezli karar alabilmek, veriye dayalı problem çözebilmek, performans ölçebilmek gibi amaçlar doğrultusunda trafik mühendisliği çalışmalarında trafik sayımı yapılmaktadır. Şekil 2’de trafik akımlarındaki trafik verilerinin taşıt tiplerine ve akım yönlerine göre gösterildiği örnek bir sayım föyü yer almaktadır.

AKIM HAREKETLERİ				1. AKIM MODAL SPLİT - TÜREL DAĞILIM							
	SABAH	ÖĞLEN	AKŞAM	ZAMAN	OTOMOBİL	KAMYONET	TAKSİ	T. MİNÜBÜS	SERVİS MİN.	İ.E.T.T	AĞIR TAŞIT
1-2	2403	0	2476	SABAH	1171	294	193	77	632	6	30
1-3	0	0	0	ÖĞLEN	0	0	0	0	0	0	0
				AKŞAM	1515	349	164	50	353	4	41
				<b>TOPLAN</b>	<b>2686</b>	<b>643</b>	<b>357</b>	<b>127</b>	<b>985</b>	<b>10</b>	<b>71</b>
2-1	0	0	0	2. AKIM MODAL SPLİT - TÜREL DAĞILIM							
2-3	0	0	0	ZAMAN	OTOMOBİL	KAMYONET	TAKSİ	T. MİNÜBÜS	SERVİS MİN.	İ.E.T.T	AĞIR TAŞIT
				SABAH	0	0	0	0	0	0	0
				ÖĞLEN	0	0	0	0	0	0	0
				AKŞAM	0	0	0	0	0	0	0
				<b>TOPLAN</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
3-1	2467	0	2721	3. AKIM MODAL SPLİT - TÜREL DAĞILIM							
3-2	2380	0	2673	ZAMAN	OTOMOBİL	KAMYONET	TAKSİ	T. MİNÜBÜS	SERVİS MİN.	İ.E.T.T	AĞIR TAŞIT
				SABAH	2555	463	463	145	1132	26	63
				ÖĞLEN	0	0	0	0	0	0	0
				AKŞAM	3098	701	604	131	791	25	44
				<b>TOPLAN</b>	<b>5653</b>	<b>1164</b>	<b>1067</b>	<b>276</b>	<b>1923</b>	<b>51</b>	<b>107</b>
U-1	0	0	0	KAVŞAK BİLGİLERİ							
U-2	0	0	0	İLÇE:	ESENYURT						
U-3	0	0	0	GRUP:	0						
				KAV. NO:	0						
				KAV. ADI:	ESENYURT - 38055						
				TARİH:	21.01.2020						
				ÖZET TABLOYA AİT KAVŞAK							
											

Şekil 2. Sayım Föyü Örneği, (İSBAK, 2020)

Veri toplama aşamasında elde edilen verilerle simülasyon kalibre edilmelidir.



### 5.2.2. Model kalibrasyonu

Modellemeye teşkil edecek verilerin toplanmasından sonra modelleme, simülasyon hazırlama ve kalibrasyon aşamasına geçilmektedir. Bu aşamada mikro-simülasyon yazılım programları kullanılmaktadır. Birçok simülasyon yazılımı mevcut olup, yaygın olarak kullanılan VISSIM programı çalışmamızda kullanılan mikrosimülasyon yazılımıdır.

VISSIM, R. Wiedemann (1974) tarafından geliştirilmiş, sürücülerin fiziksel ve psikolojik davranışlarını kullanan simülasyon yazılımıdır. VISSIM, her bir sürücüye ait sürücü davranışları araçlarının teknik kapasitelerine bağlı olarak modellenir. Sürücüler için davranış modelleri, seçilen hız ile mesafeye cevabın sınıflandırılması ile oluşturulur. Sürücüler, gereksinimler doğrultusunda veya daha hızlı ilerlemek amacıyla şerit değiştirmeye karar verirler. VISSIM’de dört sürüş modeli belirlenmiştir; serbest sürüş, yaklaşma, takip etme, frene basma. Her bir modelde, sürücüler takip mesafelerine göre tepki verme veya önceden belirlenmiş hedef hıza ulaşmaya çalışma gibi farklı davranışlarda bulunurlar (Gomes vd., 2003; PTV, 2005).

Mikro modelde mevcut durumun anlaşılabilmesi için öncelikli olarak veriler toplanarak sisteme aktarılır. Ardından mevcut durum ile benzetim modelimizin aynı olması için model kalibrasyonu yapılır. Mevcut durum kalibrasyonu için birçok yöntemden faydalanılmaktadır. Bu yöntemlerden Geoffrey E. Havers istatistiği (GEH) ile benzetim modeli ile sahada gözlenen taşıt hacim değerleri kullanılarak GEH değeri hesaplanmaktadır (CRC, 2006).

$$GEH = \sqrt{(M - C)^2 / (0,5 * (M + C))}$$

M: Gözlemlenen değer

C: Simülasyondaki değer

Elde edilen GEH değeri 5’in altında bir değere sahip olması benzetim modelinin kalibre edildiği anlamına gelmektedir (Bayata ve Bayrak 2018).

Mikroskobik simülasyon modellerini kalibre etmek için GEH analizi ile birlikte, taşıt takip ve şerit değiştirme teorileri ulaşım iyileştirmelerinin doğru değerlendirilmesinde etkilidir.

Taşıt takibi, sürücülerin takip mesafelerindeki kararlarını, güvenli boşlukları korumak için hız değişikliklerini kapsar.

Bir sürücü aşağıdakileri değerlendirerek başka bir aracı takip eder (Al- Hameedawi, 2017):

- Uzaklık
- Hız farkı
- Tepkime süresi
- Araç performansı

Şerit değiştirme, bir aracın bir şeritten bitişik şeride geçmesidir. Şerit değiştirme mikroskobik trafik simülasyonunda önemli bir bileşendir.

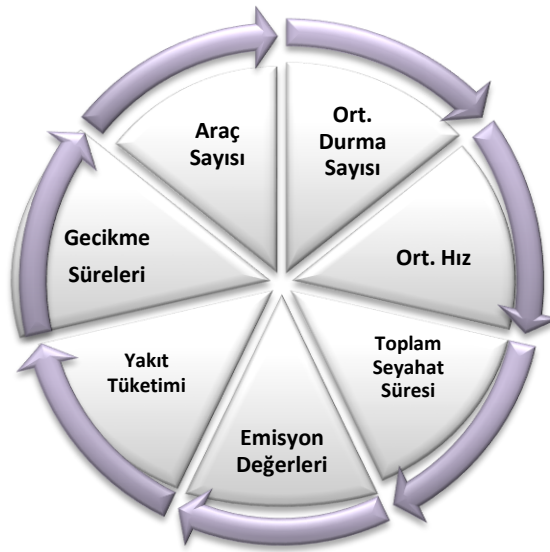
Benzetim modellerinin bir diğer önemli aşaması ise doğrulama (validation) aşamasıdır. Modelin doğrulanması oluşturulan model ile modellenen sistemin doğruluğunun araştırılmasıdır. Modelden elde edilen sonuçlar ile gerçek verilerin tutarlılığı incelenir.

### 5.2.3. Analiz ve değerlendirme

Mevcut durumun simülasyon ile irdelenmesi, yetersizliklerin ortaya konulmasını sağlarken, öneri projenin simülasyon üzerinde test edilmesi, öneri projedeki olumsuzlukların tespit edilip gerekli düzenlemelerin yeniden yapılmasını sağlamaktadır.

Simülasyonda test edilecek tüm alternatifler için; Ortalama Durma Sayısı (adet/taşıt), Ortalama Hız (km/saat), Ortalama Gecikme (sn), Sistemi Terk Eden Taşıt Sayısı (adet/saat), Seyahat Süresi (saat), CO\* Emisyonu (kg), NOx\* Emisyonu (kg), Yakıt Tüketimi (kg), Toplam Gecikmeler (saat) gibi performans kriterleri analiz edilerek raporlanıp, kıyaslanabilmektedir.

Modelleri hazırlanan kavşakların ya da ulaşım ağının performans analizini yapmak için Şekil 3'te gösterilen kriterler simülasyon yazılımlarının sonuç raporları üzerinden elde edilmektedir.



Şekil 3. Performans Kriterleri

İzlenen simülasyon modellerine göre;

- Koridor ve kavşaklardaki eksiklikler tespit edilerek, yeni geometrik düzenlemeler,
- Sinyal gereksinimleri,
- Öneri alternatiflerin kıyası kontrollü bir şekilde sürdürülebilmektedir.

Mevcut durum ve öneri durum simülasyon modelleri kalibrasyonu aşağıdaki kontrol kriterlerinden geçirilerek deneyimli personeller tarafından gerçekleştirilmelidir.

- Trafik Verilerinin Kontrolü
- Geometrik Verilerin Kontrolü
- Sinyalizasyon Verilerinin Kontrolü
- Hacim-Hız Kontrolü
- Model Parametrelerinin Kontrolü

### 5.2.4. 2 ve 3 boyutlu animasyonlar

Mevcut yolağı bilgilerinin, toplu taşıma verilerinin ve trafik sayım verilerinin mikro simülasyon programında modellenmesi ile proje görselleri proses çıktısı olarak elde edilmektedir. Bu modeller 2 ve 3 boyutlu olarak elde edilmekte olup, Şekil 4'de hazırlanmış örnek bir mikro-simülasyon görseli yer almaktadır.



Şekil 4. Mikro-simülasyon Görseli- Altgeçit Projesi, (İSBAK, 2020)

## 6. UYGULAMA ÖRNEĞİ: ESENYURT İLÇESİ AHMET ARİF CADDESİ

Günümüzde nüfus ve nüfus yoğunluğunun artmaya devam ettiği gözlenen kentlerde ulaşım ihtiyacı da giderek artmakta ve karmaşık hale gelmektedir (Yiğit ve Suri, 2020).

İstanbul ilinin 2021 ilçelere göre nüfus verileri incelendiğinde Esenyurt ilçesi en yüksek orana sahip olduğundan çalışma yapılan kavşaklar son yıllarda yüksek nüfus artışının ve yapılaşmanın meydana geldiği Esenyurt ilçesinden seçilmiştir. Esenyurt ilçesinin nüfus artış hızı ve yoğunluğu incelenmiş ve İstanbul il genelindeki ortalamalardan yüksek değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Tablo 1’de İstanbul ve Esenyurt için nüfus bilgileri verilmiştir.

Tablo 1. Nüfus ve Yüzölçümü Verileri, TÜİK

	Nüfus Bilgileri		Yüz Ölçümü
	2011	2021	(Km2)
<b>İstanbul</b>	13.624.240	15.840.900	5313,0
<b>Esenyurt</b>	500.027	977.489	42,9

Esenyurt ilçesindeki sanayi aktivitelerinin yüksek oranda olması nüfusun gelişimini ve dağılımını etkileyen en önemli faktördür. İlçede İstanbul Sanayi Odasının verilerine göre 990 adet fabrika, atölye ve üretim tesisi faaliyet göstermektedir (Ayhan, 2019). Esenyurt sahip olduğu sanayi tesisi bakımından İstanbul’daki ilçeler içerisinde Başakşehir’den sonra 2. ilçe konumundadır (Ayhan, 2019).

Tüm bu gelişmelerin beraberinde ticari ve sosyal hareketliliğin yoğun olması neticesinde araç hareketliliğinin de üst seviyelerde olması kaçınılmazdır. Bu doğrultuda trafik yönünden gözlem yapılarak ilçe merkezindeki araç hareketliliğinin yoğun olduğu arterlerden olan Ahmet Arif Caddesi, 19 Mayıs Bulvarı, Nazım Hikmet Bulvarı, Gazi Caddesi ve Cumhuriyet Caddesi ile bağlantılı olan cadde ve sokakların oluşturduğu yol ağı çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışma kapsamında simülasyon yöntemi ile kavşakların analizi bu bölümde anlatılmakta olup, simülasyon modeli öncesinde alanla ilgili detaylı bilgiler 6.1 başlık numaralı “Çalışma Alanındaki Mevcut Durum Bilgileri” bölümünde derlenmiştir.

## 6.1. Çalışma Alanındaki Mevcut Durum Bilgileri

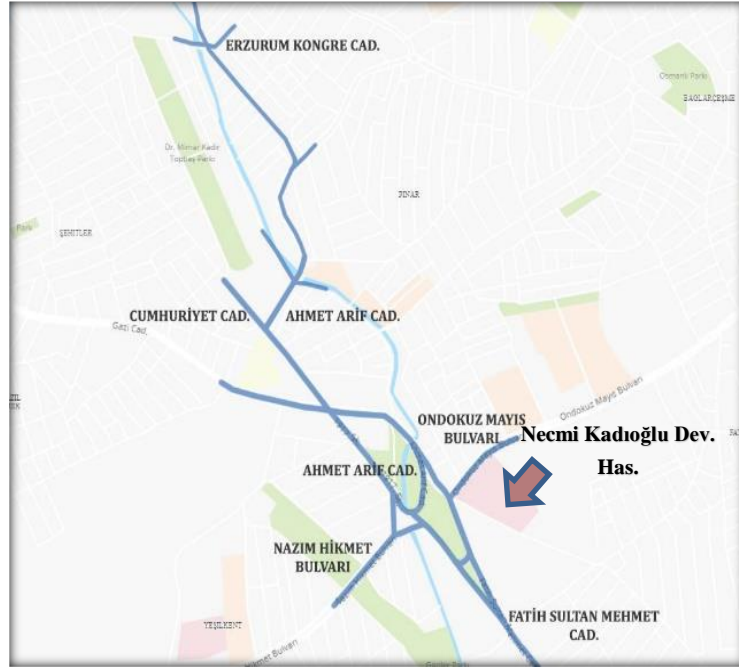
### 6.1.1. Konum bilgileri

İstanbul ilinin Avrupa yakasında güneybatı kesiminde bulunan Esenyurt ilçesinin güneyinde Beylikdüzü ilçesi, doğusunda Büyükçekmece, kuzeyinde Başakşehir ve doğusunda Avcılar ilçeleri bulunmaktadır. Şekil 5'te Esenyurt ilçesinin İstanbul üzerindeki konumu gösterilmiştir. Esenyurt ilçesi İstanbul Havalimanına kuş uçuşu yaklaşık 23 km, 15 Temmuz Şehitler Köprüsüne 30 km, Fatih Sultan Mehmet Köprüsüne 32 km mesafede yer almaktadır.



Şekil 5. Esenyurt İlçesinin Konumu

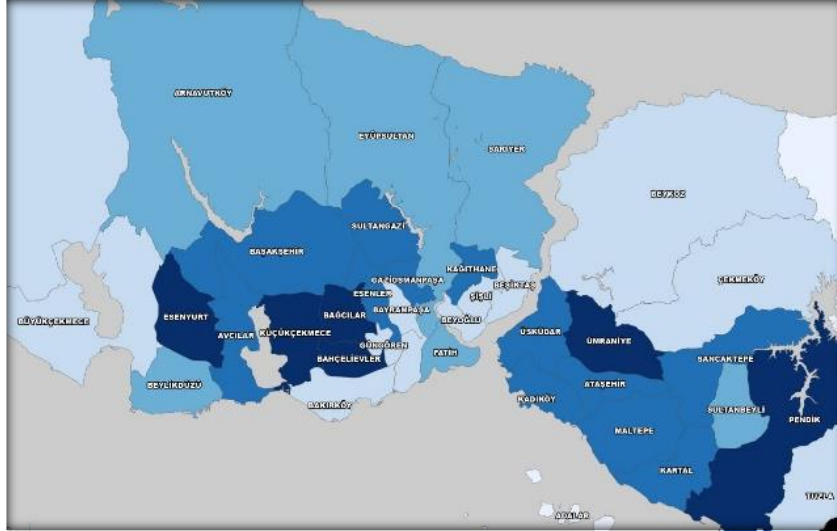
Çalışma alanının kapsamında bulunan arterler ise Yeşilkent Mahallesi sınırları içerisinde bulunmaktadır. Esenyurt ilçesi İstanbul'un en kalabalık ilçesi, Yeşilkent mahallesi ise ilçenin merkezi olarak değerlendirilebilecek konumda ve işlevde olduğundan yüksek nüfusa sahiptir. Çalışma alanı güzergahında Esenyurt Necmi Kadioğlu Devlet Hastanesi gibi önemli kamusal alan ile ağırlıklı olarak özel tıp merkezleri, düğün salonları, ticari fonksiyonu olan çeşitli dükkân ve işyerleri bulunmaktadır. Şekil 6'da yer alan haritada çalışma alanı kapsamındaki yol güzergahı ve cazibe merkezi olan Esenyurt Necmi Kadioğlu Devlet Hastanesi gösterilmiştir.



Şekil 6. Çalışma Alanı Kapsamındaki Yol Güzergâhı

### 6.1.2. Nüfus verileri

İstanbul ilinin 2021 ilçelere göre nüfus verileri incelendiğinde Esenyurt ilçesi en yüksek, Adalar ilçesi ise en düşük değerlere sahiptir. Şekil 7’de yer alan haritada İstanbul’daki ilçelerin nüfus büyüklükleri renk bazında sınıflandırılarak açıktan koyuya doğru nüfus artışları gösterilmiştir. Haritadan da algılanacağı gibi yoğun nüfusa sahip Esenyurt ilçesi koyu mavi renk ile gösterilmiştir.



Şekil 7. İstanbul İli İlçelere Göre Nüfus Gösterimi, İBB Cbs Veri Sistemi

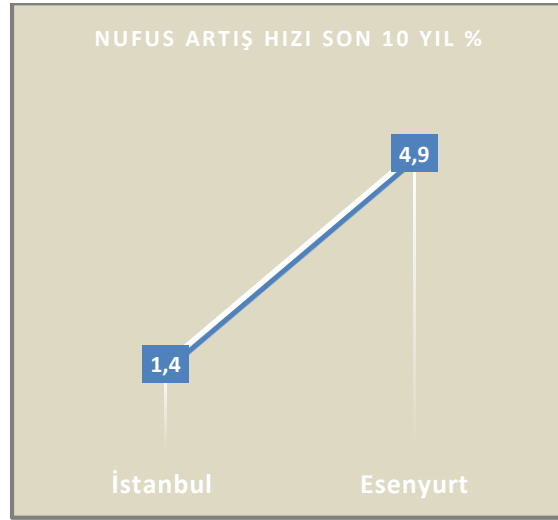
TÜİK rakamlarına göre İstanbul’un nüfusu 2021 yılında 15 milyon 840 bin 900 kişi, İstanbul’un en kalabalık ilçeleri sırasıyla; 977 bin 489 kişi ile Esenyurt, 805 bin 930 kişi ile Küçükçekmece ve 744 bin 351 kişi ile Bağcılar’dır.



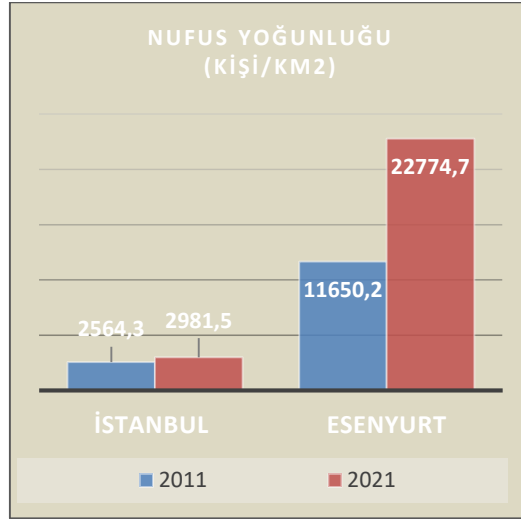
Şekil 8. Esenyurt İlçesi ve Yakın Çevresi Nüfus Verileri, İBB Cbs Veri Sistemi

Esenyurt ilçesine komşu ve yakın çevresinde olan ilçelerin yoğun nüfusa sahip olduğu bilgisi elde edilmiş olup Şekil 8’de yer alan haritada bu bilgi görsel olarak gösterilmiştir.

Esenyurt ilçesindeki nüfus bilgileri elde edilmiş olup, 2011 ve 2021 yılı nüfus artış hızı ve yoğunluğu incelenmiştir. Bu bilgilere göre Şekil 9’da da gösterildiği gibi İstanbul için son 10 yıldaki ortalama yıllık artış hızı %1,4 iken Esenyurtta bu değer 4,9’dur.



Şekil 9. Nüfus Artış Hızı (Son 10 Yıl Yıllık Ortalama), TÜİK



Şekil 10. Nüfus Yoğunluğu, TÜİK

Şekil 10’da gösterildiği gibi İstanbul için 2021 yılında nüfus yoğunluğu 2981,50 kişi/km<sup>2</sup> iken Esenyurtta bu değer 22774,70 kişi/km<sup>2</sup>’dir.

### 6.1.3. İmar durumu verileri

Esenyurt İlçesi plan çalışmaları 2013 yılında yapılmış olup, çalışma alanının kapsamında olan imar planı “İstanbul İli Esenyurt İlçesi Tem Güneyi 3. Etap 1/1000 Ölçekli Uygulama İmar Planı Değişikliği” planı olup, 12.07.2013 yılında onaylanmıştır.



Şekil 11. Çalışma Alanının İmar Durumu Görseli -1/1000 Uygulama İmar Planı, İBB Cbs Veri Sistemi

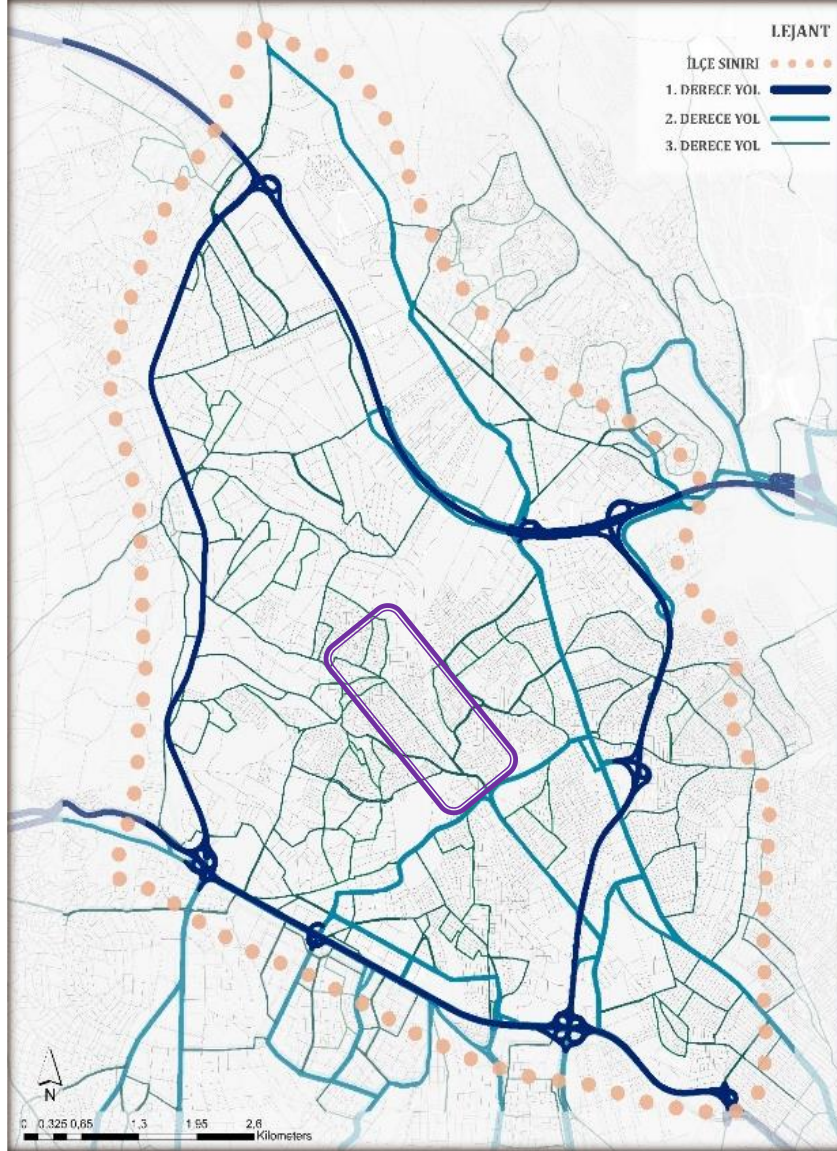
Şekil 11’de gösterilen plan koşullarına göre mevcut yol güzergahına dere boyunca koruma kuşağı ve yol güzergahı eklenmiş olup, proje tasarımlarında bu koşullar göz önünde bulundurulmuştur.

### 6.1.4. Ulaşım verileri

Esenyurt Kaymakamlığı verilerine göre Esenyurt yaklaşık olarak 4800 Hektar bir alanda yer almaktadır. İlçenin doğusunda Küçükçekmece ilçesi batısında TEM – D.100 Bağlantı yolu,

Büyüçekmece ilçesi, kuzeyinde Hoşdere-Kınalı-Trakya Otoyolu (E-6-TEM), güneyinde D-100 (E-5) Karayolu bulunmaktadır. E-5 karayolu ve TEM (E-6) otoyolunu bağlayan bağlantı yolu ilçeyi ikiye ayırmaktadır.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından hazırlanan Esenyurt ilçesi ulaşım kademelenmesi verilerine bakıldığında çalışma alanının kapsamında olan akslar 3. Derece yol kademesinde bulunmaktadır. Ana aksların ve yol kademelenmesinin bulunduğu harita Şekil 12’de gösterilmiştir.

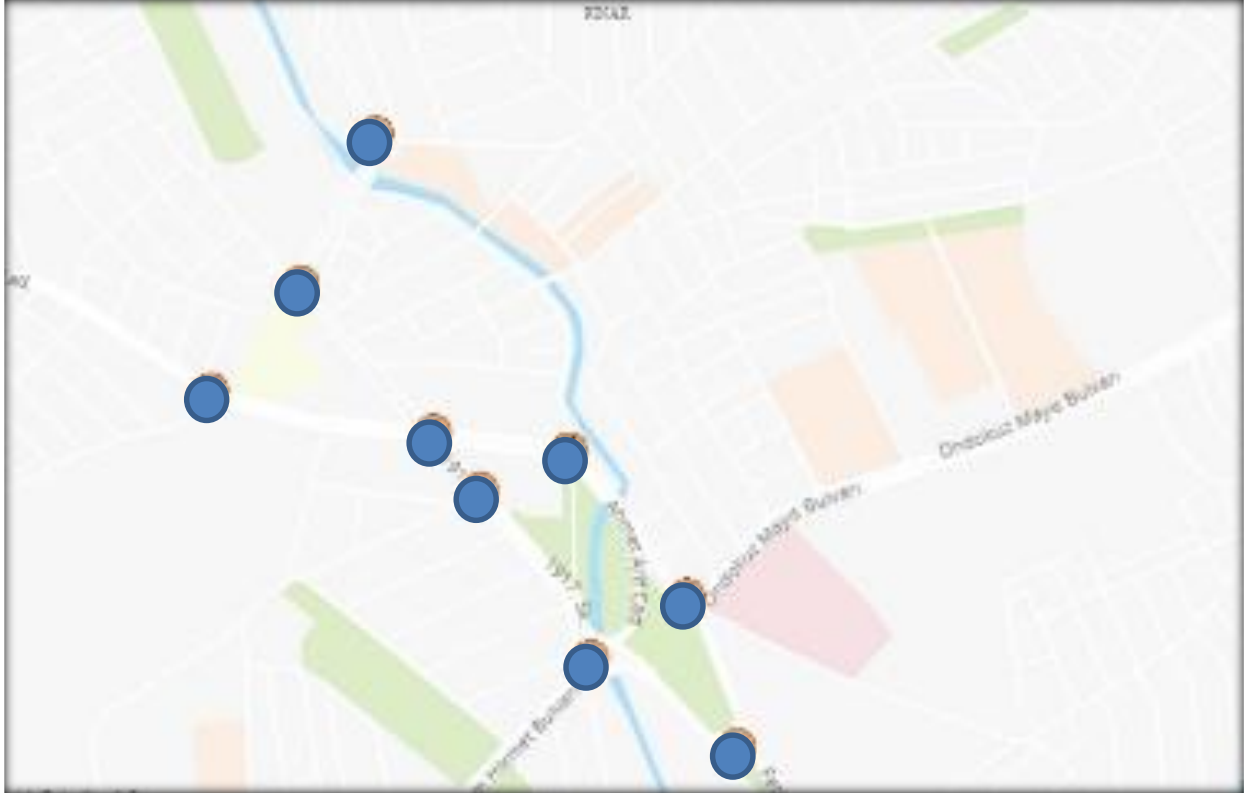


Şekil 12. Yol Kademelenmesi (1.2.3. Derece Yollar)

Çalışma alanı; Esenyurt Devlet Hastanesi Lokasyonu, Ondokuz Mayıs Bulvarı (2x2), Fatih Sultan Mehmet Caddesi (2x2), Ahmet Arif Caddesi (2x2), Erzurum Kongre Caddesi (2x2)’nde yer almaktadır.

Çalışma aksı boyunca 9 kavşak noktasında trafik sayım verileri İSBAK A.Ş’den temin edilerek bu veriler mevcut ve öneri durum modellerine aktarılmıştır. Sayım noktalarının konumları Şekil 13’te gösterilmiştir.





Şekil 13. Trafik Verisi Alınan Sayım Noktaları

### 6.1.5. Çalışma alanındaki ulaşım sorunları

Çalışma alanı Esenyurt ilçesi Fatih Mahallesinde konumlu Esenyurt Devlet Hastanesine açılan ana caddeleri kapsamaktadır. On Dokuz Mayıs Bulvarı ve Fatih Sultan Mehmet Caddesi kesişiminde oluşan kavşakla birlikte bölge trafiğini incelemek üzere Ahmet Arif Caddeleri ve Erzurum Kongre Caddesi bu proje kapsamında değerlendirilmiştir. Bölgede yer yer tek yön sirkülasyonu hakim olsa da yoğun araç talebi sebebiyle uzun kuyruklanmalar görülmektedir. Hastane bölgesinde toplu taşıma durakları mevcuttur. Bu noktalardaki disiplinsizlikler de bölge trafiği açısından sorun gündeme getirmektedir. Ayrıca sinyallerin verimsiz işlediği tespit edilmiştir.

Çalışma alanındaki trafik sorunlarını özetleyecek olursak;

- **Zirve Saatte Karşılaşılan Sorunlar**
  - Trafik Yoğunluğu
  - Sinyallerin verimsiz çalışması
  - Yaya Yoğunluğu
  - Kuyruklanma Sorunu
  - Toplu Taşıma Araçlarının Düzensiz Hareketi
- **Otopark Sorunları**
  - Düzensiz Parklanma
  - Yoğun Parklanma
- **Yaya Sorunları**
  - Araç Yolunda Hareket
  - Kontrolsüz Yaya Geçişleri

## 6.2. Mevcut Durumun Modellenmesi

Tasarımı yapılan proje alanındaki öngörü ana yüklenici kavşaklar olan, Şekil 14'deki haritada gösterilen 3 kavşağa ait geometrik düzenleme yapılarak geliştirilmiş olup, kavşakların kavşak tipleri değiştirilmiştir. Bu nedenle bu kavşaklara ait mevcut durum değerleri değerlendirilerek kalibrasyon çalışmaları yapılmıştır.

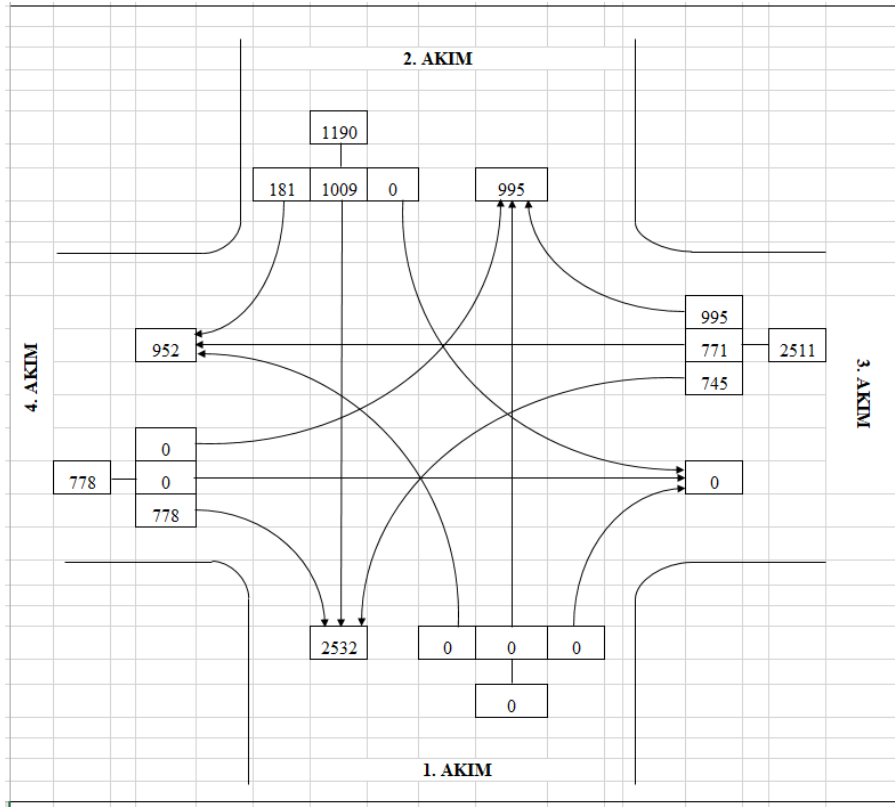
1 nolu kavşak Ahmet Arif Caddesi, Gazi Caddesi ve 1917 Sokak kesişiminde bulunan kontrollü bir kavşak olup, sinyalize olarak işletilmektedir. Bu kavşağa ait faz planları İSBAK A.Ş'den temin edilmiş olup, modele aktarılmıştır. 2 nolu kavşak Ahmet Arif Caddesi, Cumhuriyet Caddesi ve Tomruk Sokak kesişiminde bulunan kavşağın geometrisi dönel kavşak formundadır. 3 nolu kavşak Gazi Caddesi, Şehit Hüseyin Demiroğlu Sokak ve 2073. Cadde kesişiminde bulunan 4 kollu kontrolsüz kavşak formundadır.



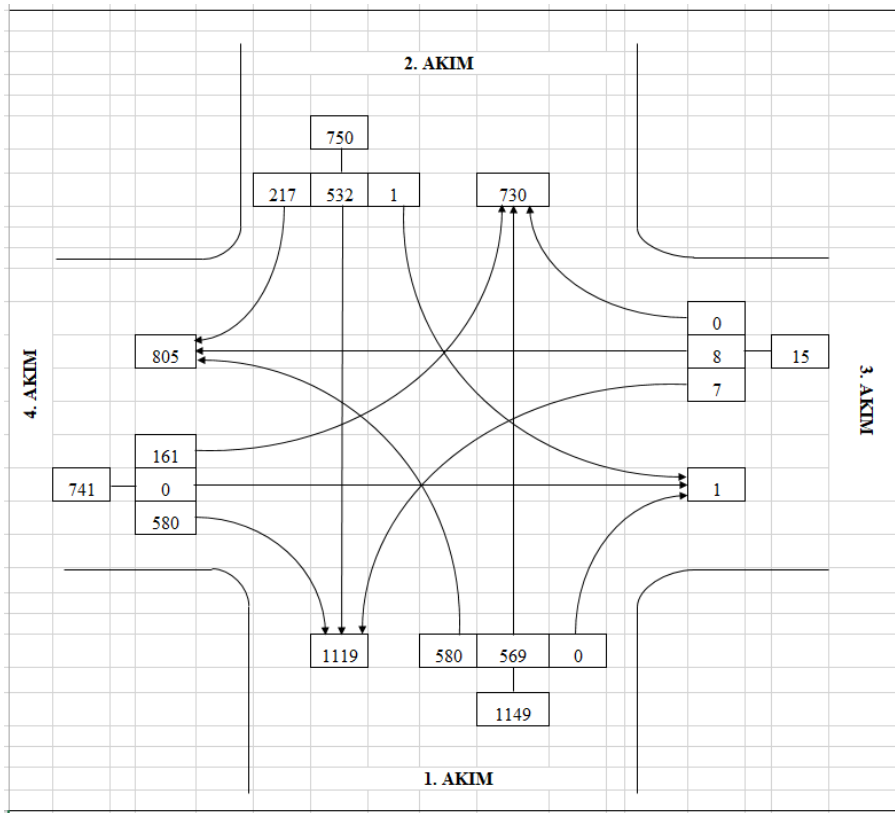
Şekil 14. Modeli Yapılan Ulaşım Ağında Yer Alan 3 Ana Kavşağın Konumu

Mikrosimülasyon yazılımına çalışma alanındaki kavşaklara ait bir takım veriler tanımlanmıştır. Bu veriler; saha gözlemleri, hâlihazır haritalar ve video görüntülerinden elde edilen kavşak yapısı, şerit disiplinleri gibi alanının yol özellikleridir. Bu veriler ile birlikte, kavşaktaki sürücü davranışları ve şerit kullanımları özellikle göz önünde bulundurulmuş ve kavşak sayımları, zirve saatlerdeki sinyal planları yazılıma tanımlanarak model oluşturulmuştur.

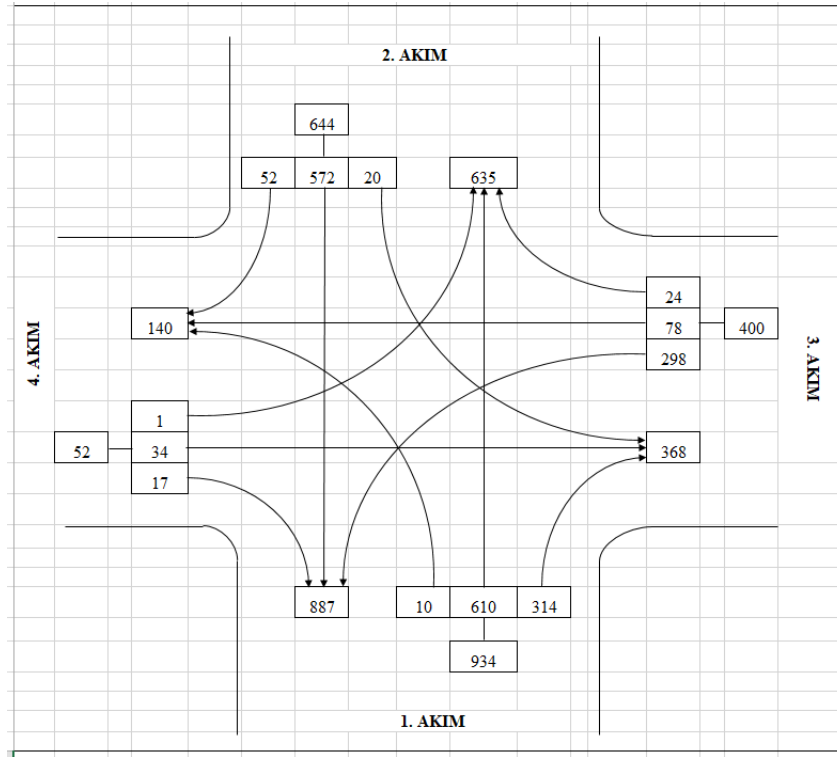
2020 yılına ait İSBAK A.Ş. tarafından elde edilen trafik sayımları model verisi olarak kullanılmış olup, bu sayımlarda tüm akım kollarındaki araç tiplerine göre dağılımları da modele aktarılmıştır. Çalışmanın kapsamında yer alan lokasyonda yoğun yaya geçişleri de bulunmakta olup, yaya sayımları temin edilememiştir. Ancak gerek saha gözlemlerinden gerekse bölgedeki yaya sinyalli kavşakların yaya yeşil sürelerinden elde edilen veriye göre yaya hareketleri modele dahil edilmiştir. Şekil 15, 16 ve 17'de sistem içerisinde öneri geometrisi değiştirilen kavşaklara ait sayım değerleri yer almaktadır. Bu veriler model kalibrasyonu için GEH değerlerinin tespit edilmesi için değerlendirilmiştir.



Şekil 15. 1 No'lu Kavşağa Ait Sayım Değerleri (taşıt/saat) (İSBAK, 2020)

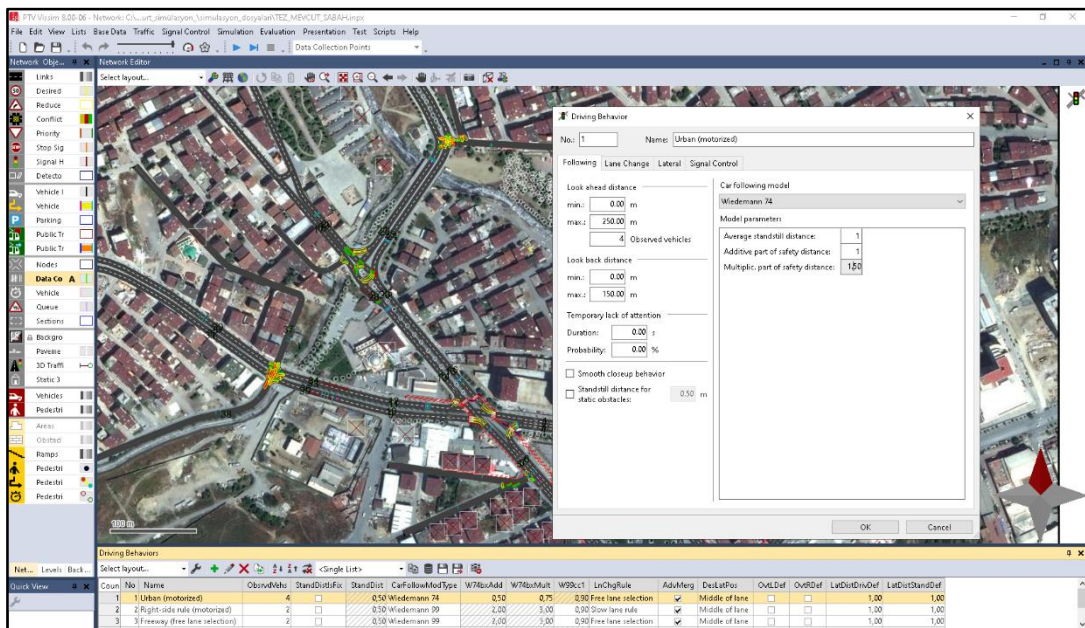


Şekil 16. 2 No'lu Kavşağa Ait Sayım Değerleri (taşıt/saat) (İSBAK, 2020)



Şekil 17. 3 No'lu Kavşağa Ait Sayım Değerleri (taşıt/saat) (İSBAK, 2020)

Ayrıca araç hızları trafik sayım videolarından ve saha deneyimlerine göre yaklaşık olarak tahmin edilerek modele girilmiştir. Taşıtlar için kabul edilen hızlar şehir içi hız olarak araç türlerine göre 40 ile 50 km/s arasında farklı değerler verilmiştir. Simülasyon modelinin veri girişlerinden sonraki adımı modelimizden emin olmak için yapılan kalibrasyon adımıdır. Model kalibrasyonu için iki ana parametre düzenlenerek gerekli kalibrasyonlar yapılarak GEH değerleri tespit edilmiştir (Tablo 2). Bu parametrelerden ilki takip mesafesi değeri ise şerit değiştirme parametreleridir (Şekil 18). Şehir içinde takip mesafesi 20m - 30m gibi değerler alabilirken, modelde bu değer İstanbul trafiği dikkate alınarak 5m olarak varsayılmıştır.



Şekil 18. Model kalibrasyonu için parametrelerin belirlendiği vissim arayüzü

Tablo 2 Hesaplanan GEH Değerleri

Kavşak Adı	Akım Kolları	Sayım Hacim (araç/saat)	Model Hacim (araç/saat)	Fark	GEH Değeri
1 Nolu Kavşak	1	2532	2344	188	3,818
	2	2385	2533	-148	2,985
	3	2511	2496	15	0,300
	4	1730	1818	-88	2,089
2 Nolu Kavşak	1	2268	2339	-71	1,479
	2	1480	1501	-21	0,531
	3	1546	1525	21	0,549
	4	16	13	3	0,788
3 Nolu Kavşak	1	1821	1820	1	0,035
	2	1134	1256	-122	3,515
	3	52	51	1	0,139
	4	400	390	10	0,503

GEH değerlerinin 5'in altında çıkması ile model kalibrasyonu tamamlanmış, olup parametre değerleri öneri durum içinde aynı alınmıştır. Kavşaklara ait benzetim modelleri, PTV VISSIM 8.0 trafik mikrosimülasyon yazılımı aracılığıyla oluşturulmuş olup, Şekil 19'da kavşaklardaki kuyruklanmaların gösterildiği model görseli yer almaktadır.



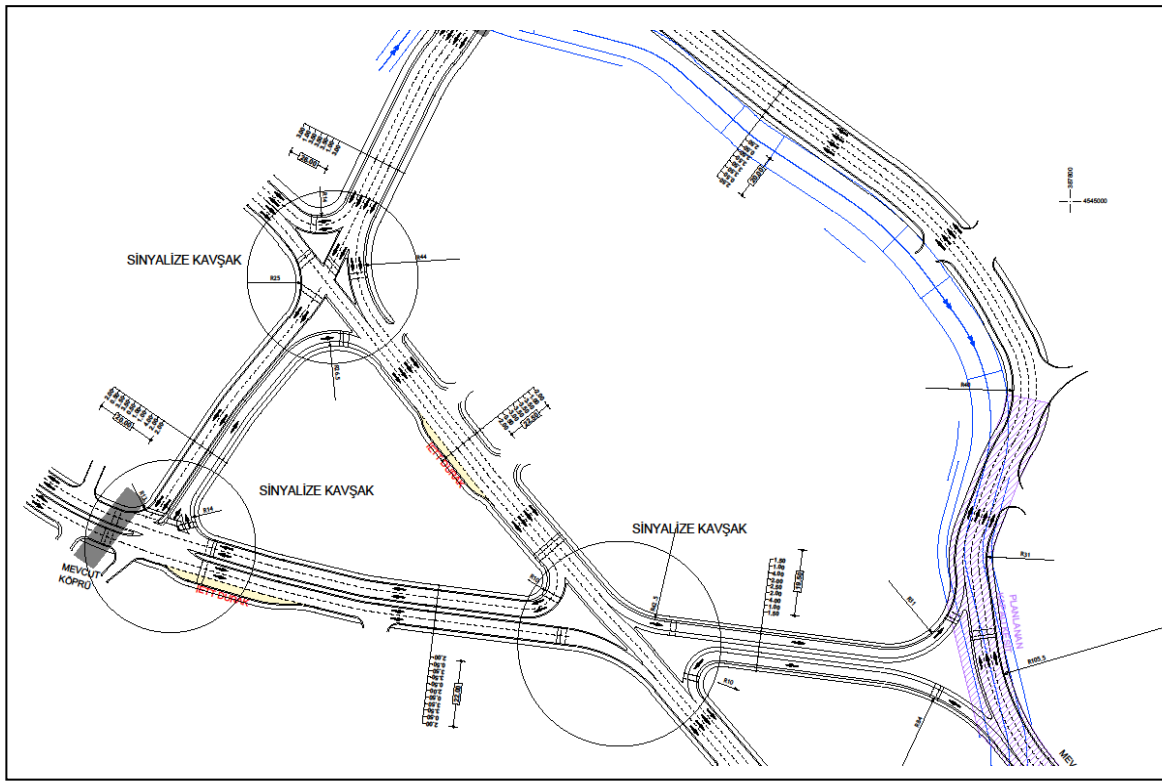
Şekil 19. Simülasyon Görüntüleri-Mevcut Kuyruklanmalar

### 6.3. Tasarlanmış Ulaşım Projesinin Modellenmesi

Çalışma alanının genel sorunlarına yönelik çözümler için bölgenin imar planları değerlendirilmiş ve planlanan yollarda projeye dahil edilerek olası sirkülasyon değerlendirilmiştir. Bu çalışmalar simülasyon yöntemi ile analiz edilmiştir.

Geliştirilen öneri proje çalışmasında Hastane önündeki kavşağın devam olan Ahmet Arif Caddesi ile Erzurum Kongre Caddesi arasında yeni bir yol planlanmıştır. Aynı şekilde Ahmet Arif Caddesi üzerinde 4\*1 şerit disiplini tek yön yeni bir yol da tasarlanmıştır. Yeni açılan yollara bağlı olarak sirkülasyonlar değerlendirilmiş ve kavşak düzenlemeleri tamamlanmıştır.

1 nolu kavşak mevcut durumda 2\*2 sinyalizasyonlu iken proje öngörüsünde araç sinyalleri kaldırılarak kesişimler azaltılmıştır. Kavşakta sadece yaya kullanımı için sinyal önerilmiştir. 2 nolu kavşak mevcut durumda dönel kavşak formunda olup, öneri durumunda araç kesişimlerine bağlı olarak 2 fazlı sinyalizasyonlu kavşak olarak planlanmıştır. 3 nolu kavşak mevcut durumda kontrolsüz kavşak formunda olup öneri durumunda sola dönüş talepleri de dikkate alınarak 3 fazlı sinyalizasyonlu kavşak olarak önerilmiştir. Önerilen projede 2 ile 3 nolu kavşak arasında yeni bir yol açılarak bu kavşaklar birbirine bağlanmıştır. Kavşaklara ait değişen geometrilerin gösterildiği öneri durum projesi Şekil 20’de gösterilmiştir. Şekil 21’de ise proje alanındaki tüm düzenlemelerin yer aldığı projenin mevcut konum haritasına çakıştırılmış hali yer almaktadır.



Şekil 20. Ahmet Arif Caddesi- Gazi Caddesi Kesişimi Proje Alanı, İBB



Şekil 21. Öneri Projenin Arazi Üzerinde Gösterimi

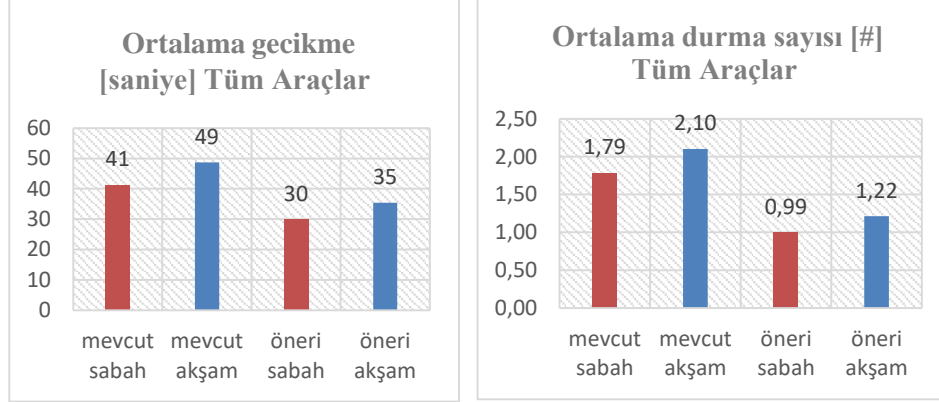


Şekil 22. Simülasyon Görüntüleri-Öneri

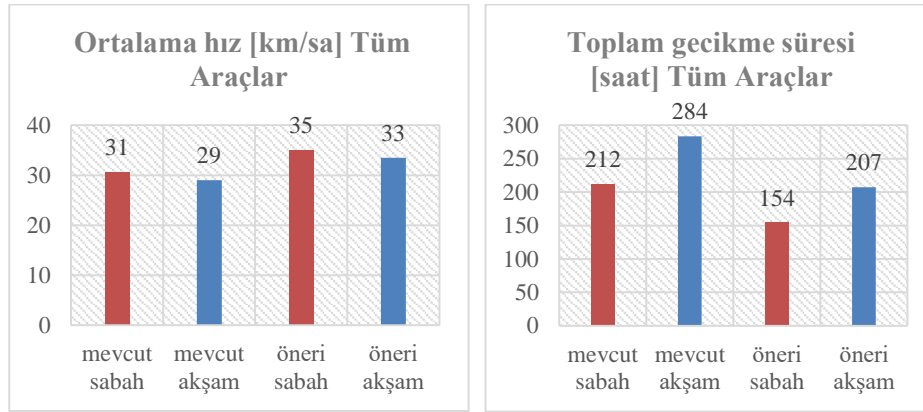
Şekil 22’de görüldüğü gibi mevcut durum modeline yansıyan kavşaklardaki kuyruklanmalar proje modelinde meydana gelmemektedir.

#### 6.4. Mevcut Durum Ve Projenin Model Sonuçlarının Değerlendirmesi

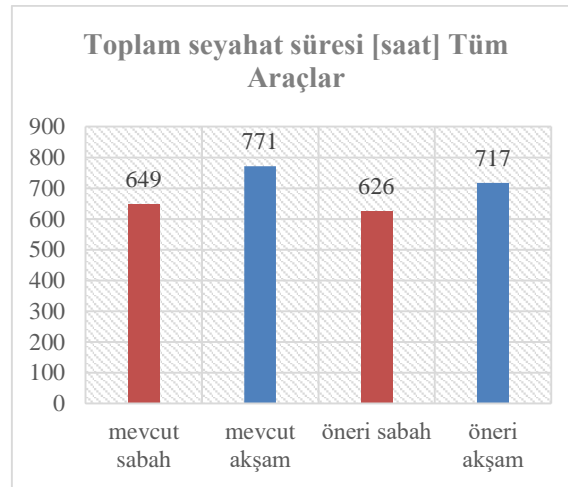
Şekil 23, 24 ve 25’de yer alan grafiklerde çalışma kapsamındaki güzergahın tüm yaklaşım kolları dahil oluşturulan ulaşım modeli için; mevcut ve öneri durumun sabah ve akşam değerlerinin performans ölçüm kriterlerine göre karşılaştırması verilmiştir.



Şekil 23. Mevcut – Öneri Karşılaştırılması (Ortalama Gecikme ve Ortalama Durma Sayısı)



Şekil 24. Mevcut – Öneri Karşılaştırılması (Ortalama Hız ve Toplam Gecikme Süresi)



Şekil 25. Mevcut – Öneri Karşılaştırılması (Toplam Seyahat Süresi)



Yapılan analizlere bakıldığında öneri durum değerlerinin ortalama gecikme, ortalama durma, toplam gecikme ve toplam seyahat sürelerinde mevcut durum değerlerine göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Mevcut güzergahın değiştirilerek, sirkülasyon değişikliğinin yapılması ve ağ genelindeki kesişimlerin azaltılması sonuçlara olumlu yansımıştır. Kesişimlerin azaltıldığı noktalarda taleplerin karşılanması için yeni yollar açılarak kavşak noktaları tasarlanmış ve uygun geometrik düzenlemeler yapılmıştır. Bu düzenlemeler kavşaklarda bekleme sürelerini olumlu yönde etkilemiş olup, ağ genelinde trafiğin akıcılığı sağlanmıştır. Böylece mevcut durumdaki trafik sorunlarının giderilmesine yönelik çözümlerin, değiştirilen geometrik düzenlerin ne derece fayda ürettiği görülmüştür.

## 7. SONUÇ

Kentlerin karşı karşıya kaldığı problemlere karşı sürdürülebilir planlama anlayışına ihtiyaç duyulmaktadır. Ulaşım planlaması kentsel planlamanın ayrılmaz bir parçası olup, çalışmanın kapsamı ulaşım planlamasına yöneliktir.

Ulaşım planlama sürecinde doğru kararlar alınabilmesi için proje çalışmaları trafik mühendisliği yönünden ele alınmalı ve tasarımlar analiz edilerek değerlendirilmelidir.

Çalışmanın uygulama kısmında öneri modelimizin trafik mühendisliği etütlerine göre sabah ve akşam performans değerleri kıyaslanmıştır. Bu sonuçlara göre öneri modelimizin mevcut duruma göre yaklaşık olarak ortalama gecikme süresinde %27, ortalama durma sayısında %43, ortalama hız değerinde %15, toplam gecikme süresinde %10, toplam gecikme süresinde %27 ve toplam seyahat süresinde %5 daha iyi sonuçlar elde ettiği tespit edilmiştir. Böylece tasarımı yapılan projenin saha da uygulanması halinde trafik mühendisliği yönünden değerlendirilmesi sahaya uygulanmadan yapılarak elde edeceğimiz faydaları gözlemlenmiştir. Projenin uygulanabilirliği için karar vericilere projeyi değerlendirme imkânı sunulmuştur.

Modelleme yöntemi sayesinde projemizden elde edeceğimiz kazanımlar ortaya konularak ulaşım planlarına doğru öngörülebilir bulunmamız sağlanacak ve böylece ekonomik ve sosyal fayda elde etmemiz mümkün olacaktır.

Çalışmada ulaşımda modellemenin önemi vurgulanmıştır. Herhangi bir trafik düzenleme projesi için; dönüşü olmayan ya da çok büyük maliyetli olacak hataların sahada yapılmasını engellemek amaçlanmalıdır. Bu amaçla simülasyon yöntemi ile modelleme sayesinde akılcı ve kalıcı kararlar verilebilmesi için bilimsel metotlardan faydalanılmalıdır.

### **Yazarların Katkısı**

Yazarların makaleye katkıları eşit orandadır.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

### **Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı**

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

## KAYNAKÇA

- Al- Hameedawı, S. (2017). *Evaluation of travel time for different type of vehicles in traffic simulation* [Yüksek lisans tezi], Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ayhan, F., (2019). Esenyurt ilçesinde nüfusun gelişimi ve bu gelişimde rol oynayan etmenler. *Kent Akademisi*, 12(37), 67-81.
- Barnard, M. (2002), Sanat, tasarım ve görsel kültür (Çev. G. Korkmaz), *Ütopya Yayınları*, Ankara.
- Bayata, H.F. & Bayrak, O.Ü. (2018). Yeni yapılması planlanan bir kavşağın mikro-simülasyon ile değerlendirilmesi, *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(3), 550-559.
- Camcı, A.A. (2019). *Kavşak tasarımında trafik simülasyon tekniklerinin kullanımı ve Sakarya için uygulamalar* [Yüksek lisans tezi], Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Columbia River Crossing (CRC) Project, (2006). Vissim Calibration and Validation, Technical Report. [https://www.wsdot.wa.gov/accountability/ssb5806/docs/3\\_Context\\_Constraints/TrafficData/00156\\_2006\\_08\\_28.pdf](https://www.wsdot.wa.gov/accountability/ssb5806/docs/3_Context_Constraints/TrafficData/00156_2006_08_28.pdf) adresinden 28 Haziran 2022 tarihinde alınmıştır.
- Çakıcı, Z. (2020). *Sinyalize kavşaklar için optimizasyon tabanlı trafik yönetim modeli* [Doktora Tezi] Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Eraslan, E. & Algün, O. (2005). İdeal performans değerlendirme formu tasarımında analitik hiyerarşi yöntemi yaklaşımı. *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 20(1), 95-106.
- Esenyurt Kaymakamlığı, (2022). <http://www.esenyurt.gov.tr/> adresinden 28 Haziran 2022 tarihinde alınmıştır.
- Gezgin, T. (2007). Sanat-tasarım olgusunun zamansal izdüşümü ve 19. yüzyıl genel karakteri içinde sanat tasarım gerçekliği, *Anadolu Sanat*, 18, 37-51.
- Gomes, G., May, A. & Horowitz, R., (2003). A microsimulation of a congested freeway using VISSIM. *Ulaştırma Araştırma Kurulu, 82. Yıllık Toplantısı*, Washington.
- HCM, (2010). Highway capacity manual, 5th edition, *Transportation Research Board, TRB*, Washington, D.C. USD.
- Irgat, O. (2019). *Makroskobik ulaşım modelleme teknikleri kullanarak karayollarında trafik güvenliği analizleri* [Yüksek lisans tezi], Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- İBB, (2022). İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Ulaşım Koordinasyon Müdürlüğü, İstanbul.
- İsbak A.Ş. (2020). İsbak İstanbul Bilişim ve Akıllı Kent Teknolojileri A.Ş., İstanbul.
- Kavcar, B. (2004). *Simülasyon yöntemi kullanılarak yapılan satış tahminleriyle satış bütçesi hazırlanması* [Yüksek Lisans Tezi], Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Murat, Y.Ş. (2012). Kavşakların Planlaması Ders Notları, Pamukkale Üniversitesi, <https://docplayer.biz.tr/19225541-Kavsakların-planlanması.html> adresinden 26 Haziran 2022 tarihinde alınmıştır.

- Oktan, H. (2021). *Erzurum’da üç kavşaktan oluşan koridorun mikrosimülasyon ve AHP yöntemiyle incelenmesi* [Yüksek lisans tezi], Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Erzurum.
- Öncü, E. (1997). Kent içi ulaşımında 21. yüzyıl perspektifi. *Ulaşım–Trafik Kongresi*, Ankara, 21-42.
- TEH, (2010). Traffic engineering handbook(6 th Edition). *Institute of Transportation Engineers*, Washington D.C. USA.
- Tiwari, G. (2006). Urban Passenger Transport: Framework for an Optimal Modal Mix, INRM Policy Brief Series, No: 1, *Asian Development Bank*, New Delhi.
- Yayla, N. (2004). Karayolu Mühendisliği, *Birsen Yayınevi*, İstanbul. 211-223.
- Yiğit, S. & Suri, L. (2020). Kent içi ulaşımında aktarma merkezlerinin rolü ve Yenibosna aktarma merkezi projesi, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 19(37), 11-21.