

Sinyalize Kavşaklarda Meydana Gelen Taşıt Gecikmelerinin VISSIM Simülasyon Modellenmesi

¹Yusuf Aktaş, ²Hakan Aslan ve ³Fatih Pistil

¹Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Programı, Sakarya Üniversitesi Türkiye

²Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Türkiye

³Sakarya Büyükşehir Belediyesi, Ulaşım Dairesi Başkanlığı, Türkiye

Özet

Günümüzde insan hayatını olumsuz etkileyen başlıca unsurlardan biri ulaşım sorunudur. Düzensiz ve çarpık şehirleşme ve buna bağlı olarak meydana gelen araç sahipliğindeki artış, ulaşım sorunlarının arkasındaki en önemli etken haline gelmiştir. Bu durumun oluşturduğu trafik sorunları yerel yönetimlerin çözümünde en çok zorlandıkları problemlerden biri haline gelmiştir. Sinyalize kavşaklarda meydana gelen ortalama taşıt gecikmeleri, yani taşıtların kavşaklarda kendi kontrolü dışında ya da dahilinde mevcut nedenlerden dolayı kaybettiği zaman, tüm trafik sistemini doğrudan etkilemektedir. Gecikme sürelerindeki artış, sürücülerin hat seçiminde ve buna bağlı olarak trafiğin yol ağı üzerindeki dağılımında doğal bir rol oynamaktadır.

Bu çalışmada, kent içi sinyalize kavşaklarda meydana gelen ortalama gecikmelerin taşıt cinsi ve miktarına bağlı olarak nasıl etkilendiği, Mikro Ölçekli Trafik Simülasyon Yazılımı (PTV VISSIM) ile incelenmiştir. Çalışma kapsamında incelemeye konu olacak kent içi sinyalize kavşak belirlenmiş ve yazılımda modellenmiştir. Sakarya Büyükşehir Ulaşım Daire Başkanlığı Trafik Şube Birimi'nden alınan resmi taşıt cins, sayı ve ışık süreleri incelemenin ana girdilerini oluşturmuş ve bu taşıt sayıları eşit yüzdelik oranlarla artırılarak ortalama gecikmeye etkisi gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Taşıt gecikmeleri, VISSIM, Sinyalize kavşaklar

Summary

One of the main factors that negatively affect human life today is the transportation problem. Irregular and unplanned urbanization and the resulting increase in vehicle ownership has become the most important factor behind transportation problems. The traffic problems that this has created become one of the most challenging problems for local governments to solve. In this study, the effects of vehicle type and quantity on average delays at the urban intersections were investigated with Microscale Traffic Simulation Software (PTV VISSIM). Within the scope of the study, a signalised intersection in the city of Sakarya was determined and modeled through the software. The official vehicle type, number and signal durations taken from Sakarya Metropolitan Transportation Department's Traffic Branch Unit constituted the main inputs of the examination and the average delay effect was observed by increasing the number of these vehicles with equal percentages.

Key Words: Vehicle delays, VISSIM, Signalised intersections

1. Giriş

Son yıllarda Türkiye’de de trafik akımları ve trafik tıkanmaları ile bunun neden olduğu zaman kayıpları hızla artmıştır. Bunun, başlıca üç önemli nedeni vardır. Birinci neden olarak otomobil sahipliğindeki hızlı artış ifade edilebilir. Ülke genelinde, yerel yönetimlerin toplum taşımacılığını ihmal etmesi, ya da toplum taşıma hizmeti yapması olanaksız olan küçük işletmecilere görevi devretmesi ya da insanların çok fazla toplum taşıma araçlarına yönelmemesi ikinci bir neden olarak sayılabilir. Üçüncü neden ise, altyapının düzensiz olması, yanlış düzenlenmiş olması ve geliştirilmesi adına yanlış yatırımlar yapılmasıdır [1].

Kent içi ulaşımın hem planlanması, projelendirilmesi ve işletiminde, hem de kentsel yaşamın sosyal ve çevresel boyutunda önemli sorunlar içerdiği ve bu sorunların kentsel yaşam kalitesinin iyileştirilmesi yönünde sağlıklı çözümlere gereksinim duyduğu açıktır [2]. Günümüz modern kentlerinde trafik akışının yönetimi özel bir öneme sahip olup; ulaşım şebeke topolojisinin dizaynı ve kavşakların bütüncül bir yaklaşımla planlanması gittikçe önem kazanmaktadır. Trafik yönetimi, yolların kesiştiği noktalarda ve özellikle ışıklı kavşaklarda geçiş üstünlüğünün düzenlenmesine dayanmaktadır [3].

Bu çalışmanın amacı, kent içi sinyalizasyon kavşaklarında meydana gelen ortalama gecikmeyi tetikleyen etkilere olan gelen taşıt cinsi ve miktarının etkisini incelemek ve elde edilen bulguları değerlendirmektir.

2. Materyal ve Metot

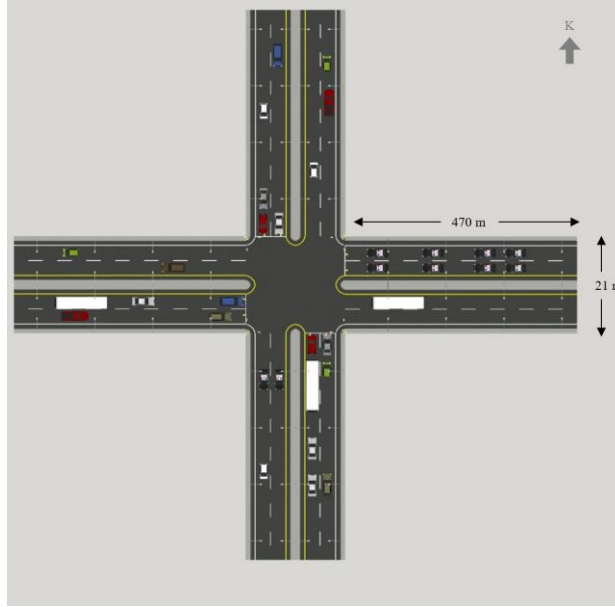
Kent içi sinyalizasyon kavşakları kapsayan bu araştırmada, öncelikle bu kavşaklarda meydana gelen ortalama gecikme nedenleri ile ilgili ana unsurlar ele alınmış, daha sonra taşıt kompozisyonunun bu gecikmelere olan etkileri incelenmiştir. Işıklı kavşaklarda kırmızı ışıkta taşıtların biriktirilip yeşil ışıkta düzenli olarak hareket etmeleri sağlandığı için kapasite kaybı kontrol edilerek sistem opere edilebilmekte, dolayısı ile de denetimsiz kavşaklara göre %50'lere varan oranda kapasite artışı sağlanabilmektedir. Bir ışıklı kavşağın kapasitesi şerit sayısı ve tipine bağlı olmakla birlikte, kavşakta uygulanmakta olan akım ve devre düzenine de bağlıdır [4].

Kavşağı kullanan trafik akımlarındaki artış, güvenlik ve kapasite sorununa sebebiyet verecektir. Kavşak kollarından kavşağa giren akımların, kavşağı en az gecikmeye maruz kalarak boşaltabilmeleri için belirli bir akım düzeninin sağlanması gerekir. Kavşakta uygulanacak denetim yöntemi, kavşağın yüksek verimle çalışması için önemlidir [5].

A.B.D’de 1994 yılında 50 kent merkezinde yapılan bir çalışmada, yıllık trafik tıkanıklığı maliyetinin, 53 milyar doların üzerinde olduğu ve bu ekonomik kaybın yaklaşık % 90’nının seyahatlerde oluşan gecikmelerden, %10’unun ise fazladan yakıt tüketiminden meydana geldiği belirtilmiştir [6].

Gecikme olgusunun kompleks yapısı ve belirsizlikler içeren bir çok etmenle ilişkili olması dolayısı ile gecikme hesaplamalarında bulanık mantık yöntemi de kullanılmıştır [7].

Makalede incelenmek üzere seçilen kent içi sinyalizasyon kavşak topolojisi, aşağıda Şekil 1’de gösterildiği gibi Mikro Ölçekli Trafik Simülasyon Yazılım’ında (PTV - VISSIM) modellenmiştir ve gecikme etüd analizleri yapılmıştır.

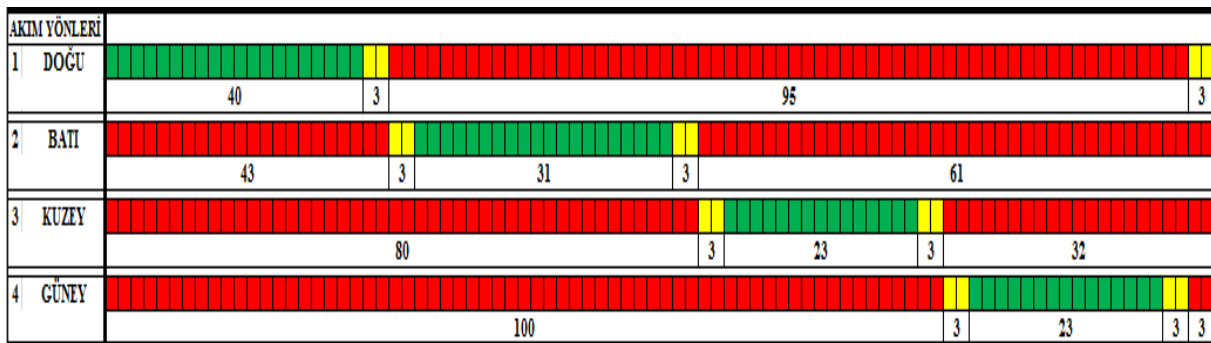


Şekil 1: İncelenen kavşağın VISSIM modellemesi

Modellenen kavşak geometrisine, Sakarya Büyükşehir Ulaşım Daire Başkanlığı Trafik Şube Birimi’nden alınan taşıt cins, sayı ve ışık süreleri eklenmiştir. Taşıt cinsi olarak; otomobil, ağır taşıt ve otobüs göz önüne alınmıştır. Dört kollu kent içi sinyalizasyon kavşağın her bir akım kolundan (doğu, batı, kuzey, güney) bahsedilen taşıt cinslerinin (otomobil, ağır taşıt, otobüs) geçebileceği, bu anlamda herhangi bir sınırlamanın olmadığı kabul edilmiştir. Yazılımın her bir taşıt cinsinin mevcut fiziksel özelliklerini (uzunluk, genişlik vd.) dikkate alarak sonuç üretmesi nedeniyle, taşıtların otomobil eşdeğerlerinin hesabı ayrıca yapılmamıştır. Ayrıca, incelemede sadece belirlenen taşıt cinslerinin sayılarındaki değişimin ortalama gecikmeye etkisi göz önüne alınmış, diğer unsurların (yaya hareketliliği, demiryolu geçişleri vd.) hareketlilik yapısında bir etkiye sahip olmadıkları varsayılmıştır. Taşıt hızları sınırlandırılmış ve şehir içi hız sınırı olarak 50 km/s lik hız limitleri hareketlilik ve gecikme hesaplarında dikkate alınmıştır. Göz önüne alınan herhangi bir akım kolunda yer alan herhangi bir taşıt cinsi kavşak hizmet düzeyi F olana kadar, yani sık sık kısa ve uzun süreli duraklamaların ve zorlamalı akışın görüldüğü zamana kadar kümülatif olarak %10 arttırılmış ve her bir artış 1 saatlik simülasyona tabi tutularak taşıt ortalama gecikme değerleri gözlemlenmiştir. Kavşak hizmet düzeyi F seviyesine ulaştığında, kavşaktaki ortalama gecikme değerlerinde artış ve azalış yani düzensiz dalgalanmalar görülmekte, dolayısı ile de trafik akımı temel kapasitenin altında bir değerde gerçekleşebilmektedir.. İşlem adımları her bir akım kolu ve bu kollarda yer alan araç cinsleri için tekrarlanmıştır. Yapılan simülasyonlar sonucu, her bir akım kolu için en olumsuz durumu meydana getiren taşıt cinsindeki kümülatif yüzdelik artış tespit edilmiş ve o duruma ait bulgular grafiklerle sunulmuştur. Her bir akım kolundaki maksimum taşıt başı ortalama gecikmeyi ifade eden bu grafikler üzerinde lineer

Tablo 1: Kavşak akım yönlü trafik kompozisyonu

Akım Yönü	Otomobil	Ağır Taşıt	Otobüs	Toplam
Doğu	613	100	210	923
Batı	435	85	185	705
Kuzey	336	63	134	533
Güney	329	76	142	547



Şekil 3: Kavşak sinyalizasyon faz süreleri

3. Bulgular ve Tartışma

Ulaşım problemlerinde önem derecesi yüksek bir kavram olan trafikte kaybedilen zaman yani ortalama gecikme ile ilgili olarak bu çalışmada, sinyalizasyonun gecikme süresi üzerindeki etkisi irdelenmiş ve çalışma sonucu ortaya çıkan değerler tablo halinde gösterilmiştir. Araştırma ile ilgili olarak ortaya çıkan bulgular aşağıda alt başlıklar halinde değerlendirilmiştir.

3.1. Kent içi trafik yoğunluğu

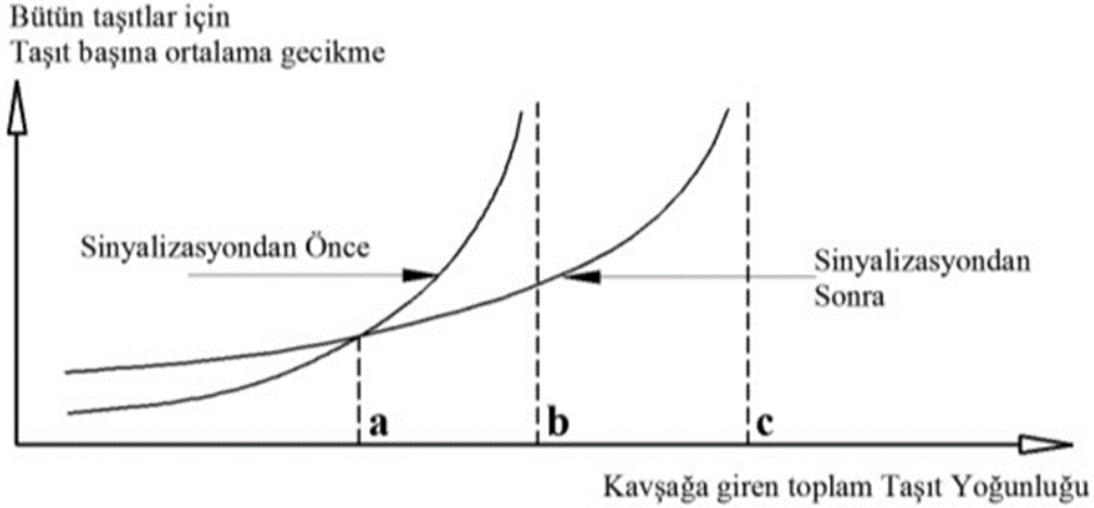
Kent içi karayollarında trafiğin oluşumu, trafik şeridi adı verilen yol kesimleri boyunca ortaya çıkan akımlar şeklindedir. Her trafik akımı bir arz talep ilişkisi çerçevesinde şekillenir. Buna göre, bir yoldan birim sürede geçmek isteyen taşıtların sayısı talebi, yoldan birim sürede geçebilecek maksimum taşıt sayısı da kapasiteyi oluşturur. Yol kapasiteleri sınırlı, talepler ise sürekli artma eğilimindedir [8].

Kent içi ulaşım sistemi, bir kent coğrafyasındaki bütün ulaşım imkanlarının entegre edildiği karmaşık bir sistemdir. İşlevi itibariyle, canlı organizmaların dolaşım sistemine benzetilebilir. Dolaşım sistemindeki rahatsızlıkların, bütün vücut organlarının sağlıklı çalışma şartlarını olumsuz yönde etkilemesi gibi; ulaşım sorunları da, kentlerde ekonomik ve sosyal hayatın sağlıklı bir yapıya kavuşmasını olumsuz yönde etkiler. Bu nedenle, kent içi ulaşım sorunlarının çözülmesi ve ulaşımda verimliliğin artırılması öncelikli bir ihtiyaçtır [8].

İnsan kaynaklı sera gazı salımında enerji sektörünün, tüm diğer sektörlerden çok daha yüksek bir payı vardır. Toplam sera gazı oluşumunun yaklaşık yüzde 15'inin karayolu ulaştırma sektöründen kaynaklandığı hesaplanmıştır. Ulaştırma sektöründen kaynaklanan karbondioksit emisyonunda karayolu taşıtlarının payının ise % 90 civarında olduğu belirlenmiştir [9].

3.2. Sinyalizasyonun gecikme süresi üzerindeki etkisi

Sinyalize edilen bir kavşağın kapasitesi genellikle yalnız trafik işaretleri ile kontrol edilen aynı geometrideki bir kavşağın kapasitesinden daha yüksektir. Ancak, kavşaktaki toplam trafik yükleri belirli bir mertebeye ulaşmadığı sürece sinyalizasyon tesisi gereksiz gecikmelere neden olur. Bununla beraber aynı kavşakta, sinyalizasyon olmadığı takdirde taşıt yoğunluğu arttıkça gecikmeler de hızlı bir artış gösterirken, sinyalizasyon sistemi bulunan bir kavşakta toplam gecikme artışı daha yavaş olacaktır. Bu durumu açıklayan Şekil 4'de ki a noktası; sinyalizasyonun yararlı olmaya başladığı toplam taşıt yoğunluğu değerini, b noktası kavşağın normal kapasitesini, c noktası ise sinyalize kavşağın kapasitesini göstermektedir [10].



Şekil 4: Sinyalizasyonun gecikmelere etkisi

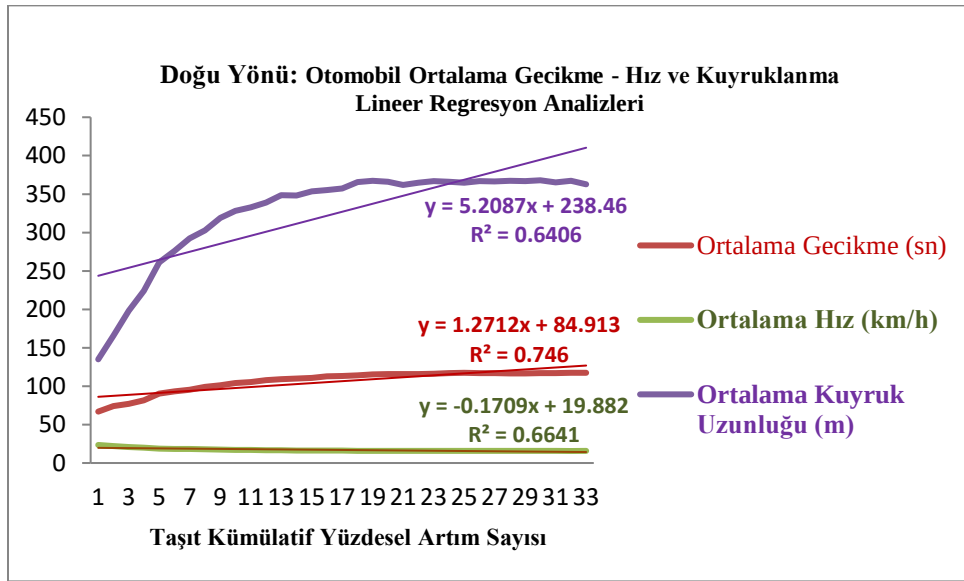
Kavşaktaki taşıt yoğunluğu a noktasına ulaştığında yalnız trafik işaretleri ile kontrol edilen kavşağa sinyalizasyon tesisi kurmak, taşıt başına ortalama gecikme artış hızını düşürebilmektedir. Bununla beraber sinyalizasyon sistemi, taşıt yoğunluğu c noktasına ulaşana kadar ortalama gecikme hızına negatif etki etmekte bu noktadan sonra ise etkisi ortadan kalkmaktadır. Yalnız trafik işaretleri ile kontrol edilen kavşakta taşıt yoğunluğu a noktasında iken ortalama gecikme sinyalizasyon kavşağına göre daha düşük seviyededir. Bu noktadan sonra ise sinyalizasyon sistemi etkisini göstermekte, sinyalizasyon edilmemiş kavşağına göre daha yüksek taşıt yoğunluğunda, ortalama gecikme maksimum seviyeye ulaşmaktadır. Yalnız trafik işaretleri ile kontrol edilen kavşakta trafik yoğunluğu arttıkça ortalama gecikme artışını yavaşlatmak için sinyalizasyon sistemi kurmak (a noktası) bu soruna çözüm olurken, sinyalizasyon kavşakta kavşak hizmet düzeyi F olduktan sonra (c noktası) katlı kavşak yapmak ortalama gecikme süresini düşürebilmektedir.

3.3. Araştırma sonuçlarının değerlendirilmesi

Trafik simülasyon yazılımına girilen başlangıç trafik akım değerleri sonucu elde edilen araç başı ortalama gecikme değeri 63.32 saniye olarak elde edilmiştir. Bu gecikme, simülasyon süresince kavşağı kullanıp manevralarını tamamlarken araçların maruz kaldıkları gecikmelerle, simülasyonun bitirme anında kavşakta bulunan araçlara ait toplam gecikmelerin tüm araç sayısına oranı olarak tanımlanmıştır. Bunun yanında taşıt başı ortalama hız ve kuyruk mesafeleri de incelenmiştir. Taşıt başı ortalama hız; kavşak içinde simülasyon süresi boyunca manevrasını tamamlamış ve tamamlayamamış taşıtların katettiği toplam mesafesinin toplam sefer süresine oranı olarak tanımlanmıştır. Başlangıç trafik akım değerleri sonucu elde edilen araç başı ortalama hız değeri 24.4 km/h, kuyruk mesafeleri ise; doğu akım yönü 108.7 m, batı akım yönü 57 m, kuzey akım yönü 43.2 m ve güney akım yönü için 38 m olarak elde edilmiştir. Sinyalizasyon kavşağın her bir akım kolunda meydana gelen ortalama gecikme, ortalama hız ve kuyruk mesafeleri aşağıda ifade edilmiştir.

3.3.1. Doğu akım yönü

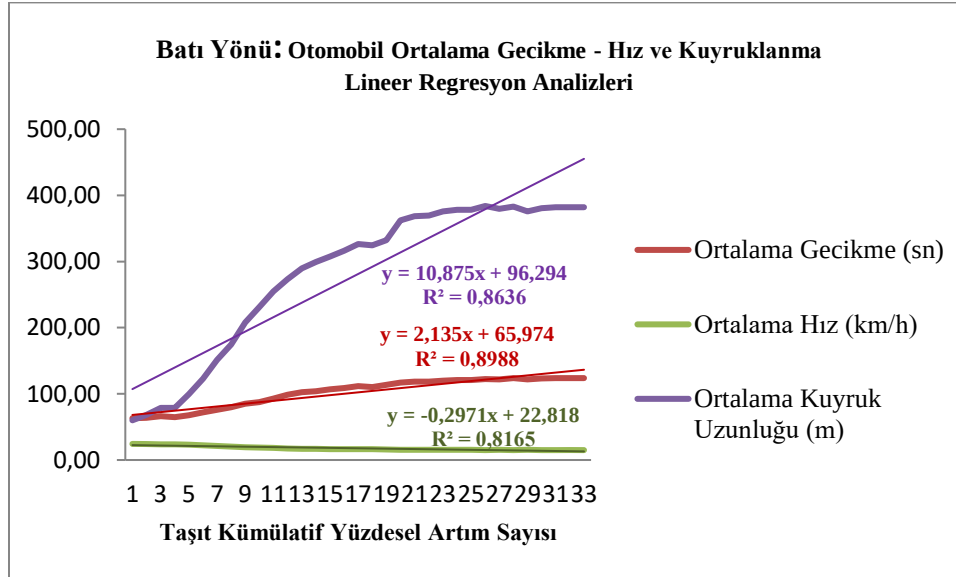
Doğu akım yönünde her bir taşıt türü ayrı ayrı kavşak hizmet düzeyi F düzeyine erişene kadar kümülatif olarak %10 arttırılmıştır. Her bir kümülatif yüzdesel artış simüle edilmiş ve toplam ortalama gecikmenin, simülasyon süresi içinde (1 saat) manevrasını tamamlamış ve tamamlayamamış toplam araç sayısına oranı yani ortalama gecikme değerleri, ayrıca ortalama hız ve kuyruk mesafeleri gözlemlenmiştir. Buna göre otomobil kümülatif yüzdesel artışında maksimum ortalama gecikme değeri ilk duruma göre (63.32 sn) % 85.2, ağır taşıtta % 8.7 ve otobüs kümülatif yüzde artışında ise % 60.8 artmıştır. Maksimum taşıt başı ortalama gecikmenin otomobil sayılarının kümülatif yüzdesel artışında meydana geldiği açıkça görülmektedir. Maksimum ortalama gecikme otomobil sayılarının 25. yüzdelik arttırımında gerçekleşmiş ve ortalama hız değeri ilk duruma göre (24.4 km/h) % 36.1 azalmıştır. Maksimum kuyruk mesafesi yine otomobil sayılarının kümülatif yüzdesel artışında meydana gelmiş ve ilk duruma göre (108.7 m) % 335.6 artmıştır. Yapılan regresyon analizi sonucu doğu akım yönlü ortalama gecikmeleri ifade edecek şekilde elde edilen doğrusal ilişkiyi temsil eden korelasyon katsayısı maksimum ortalama gecikmenin meydana geldiği otomobil için % 74.6 olarak belirlenmiştir. Bu değer çok güçlü bir ilişkiyi temsil etmemekle beraber, doğrusal ilişki istatistiksel olarak anlamlı bir seviyededir. Aynı şekilde ortalama hız için korelasyon katsayısı % 66.4, kuyruk uzunluğu için ise % 64.1 olarak elde edilmiştir.



Şekil 5: Doğu akım yönü için otomobil kümülatif yüzdesel artış sayısına bağlı ortalama Gecikme, Hız ve Kuyruklanma değerleri

3.3.2. Batı akım yönü

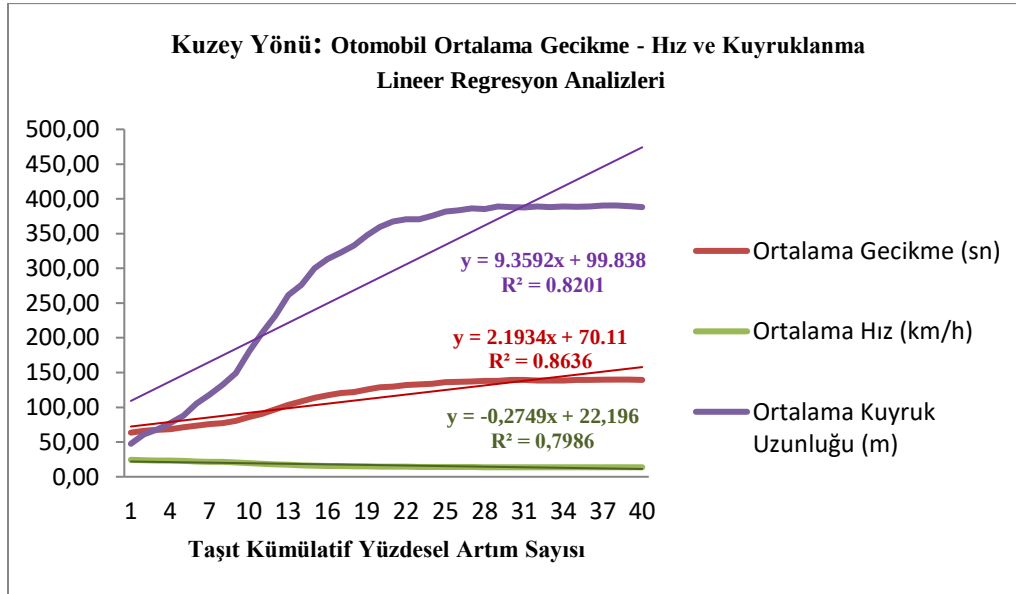
Batı akım yönü için bir önceki işlem adımları izlenilmiş ve aynı şekilde her bir taşıt türü ayrı ayrı kavşak hizmet düzeyi F düzeyine erişene kadar kümülatif olarak % 10 arttırılmıştır. Her bir kümülatif yüzdesel artış simüle edilmiş, ortalama gecikme, ortalama hız ve kuyruk mesafeleri gözlemlenmiştir. Buna göre otomobil kümülatif yüzdesel artışında maksimum ortalama gecikme değeri ilk duruma göre (63.325 sn) % 95.2, ağır taşıtta % 61.4 ve otobüs kümülatif yüzdesel artışında ise % 62.6 artmıştır. Maksimum ortalama gecikme otomobil sayılarının 26. yüzdelik arttırımında oluşmuş ve ortalama hız değeri ilk duruma göre (24.4 km/h) % 37.8 azalmıştır. Maksimum kuyruk mesafesi yine otomobil sayılarının kümülatif yüzdesel artışında meydana gelmiş ve ilk duruma göre (57 m) % 673.5 artmıştır. Yapılan regresyon analizi sonucu batı akım yönlü ortalama gecikmeleri ifade edecek şekilde elde edilen doğrusal ilişkiyi temsil eden korelasyon katsayısı maksimum ortalama gecikmenin meydana geldiği otomobil için % 89.9 olarak belirlenmiştir. Bu değer güçlü bir ilişkiyi temsil etmektedir. Aynı şekilde otomobil için ortalama hız ikorelasyon katsayısı % 81.7, kuyruk uzunluğu için ise % 86.4 bulunmuştur.



Şekil 6: Batı akım yönü için otomobil kümülatif yüzdesel artış sayısına bağlı ortalama Gecikme, Hız ve Kuyruklanma değerleri

3.3.3. Kuzey akım yönü

Kuzey akım yönünde de otomobil, ağır taşıt ve otobüs sayıları kümülatif %10 arttırılmış ve ortalama gecikmeler her bir taşıt türü için ayrı ayrı gözlemlenmiştir. Otomobil kümülatif yüzdesel artışında maksimum ortalama gecikme değeri ilk duruma göre (63.32 sn) % 120.3, ağır taşıtta %74.9 ve otobüs kümülatif yüzde artışında ise % 74.2 artmıştır. Maksimum ortalama gecikme, otomobil sayılarının 30. yüzdelik arttırımında oluşmuş ve ortalama hız değeri ilk duruma göre (24.4 km/h) % 43.7 azalmıştır. Maksimum kuyruk mesafesi yine otomobil sayılarının kümülatif yüzdesel artışında meydana gelmiş ve ilk duruma göre (43.2 m) % 898.8 artmıştır. Yapılan regresyon analizi sonucu kuzey akım yönlü ortalama gecikmeleri ifade edecek şekilde elde edilen doğrusal ilişkiyi temsil eden korelasyon katsayısı, maksimum ortalama gecikmenin meydana geldiği otomobil için % 86.4 olarak belirlenmiştir. Bu değer güçlü bir ilişkiyi temsil etmektedir. Aynı şekilde ortalama hız için korelasyon katsayısı % 79.9, kuyruk uzunluğu için ise %82 bulunmuştur.

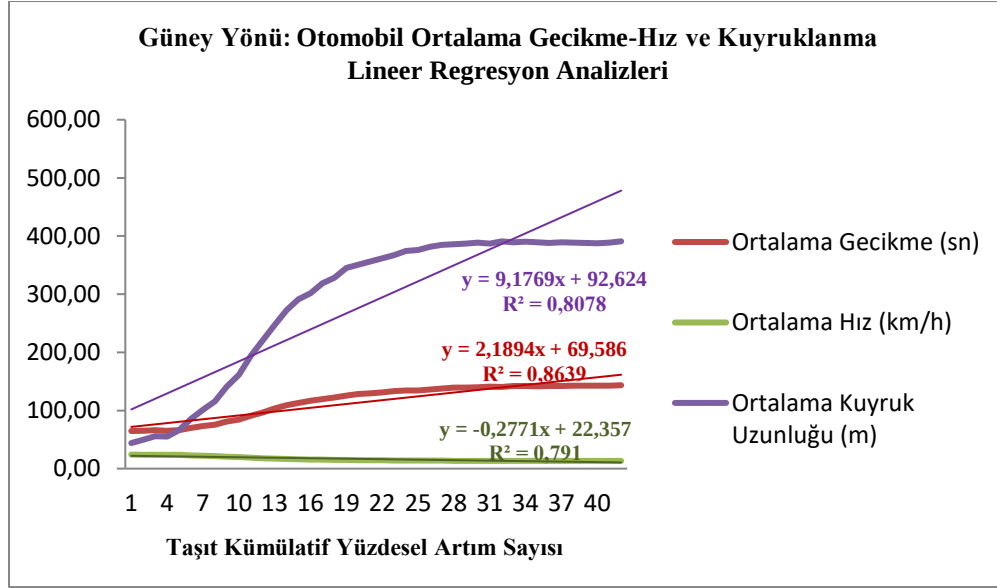


Şekil 7: Kuzey akım yönü için otomobil kümülatif yüzdesel artış sayısına bağlı ortalama Gecikme, Hız ve Kuyruklanma değerleri

3.3.3. Güney akım yönü

Güney akım yönü için de işlem adımları tekrarlanmış ve kavşak hizmet düzeyi F seviyesine erişene kadar taşıt türleri kümülatif %10 arttırılmıştır. Otomobil kümülatif yüzdesel artışında maksimum ortalama gecikme değeri ilk duruma göre (63.32 sn) % 122.7, ağır taşıtta % 81.9 ve otobüs kümülatif yüzdesel artışında ise % 80.1 artmıştır. Maksimum ortalama gecikme, otomobil sayılarının kümülatif 31. yüzdelik arttırımında oluşmuş ve ortalama hız değeri ilk duruma göre

(24.4 km/h) % 44.6 azalmıştır. Maksimum kuyruk mesafesi otobüs sayılarının kümülatif yüzdesel artışında meydana gelmiş ve ilk duruma göre (44.1 m) % 897.3 artmıştır. Yapılan regresyon analizi sonucu güney akım yönlü ortalama gecikmeleri ifade edecek şekilde elde edilen doğrusal ilişkiyi temsil eden korelasyon katsayısı maksimum ortalama gecikmenin meydana geldiği otomobil için %86.4 olarak belirlenmiştir. Bu değer güçlü bir ilişkiyi temsil etmektedir. Aynı şekilde ortalama hız için korelasyon katsayısı % 79.1, kuyruk uzunluğu için ise % 80.9 bulunmuştur.



Şekil 8: Güney akım yönü için otomobil kümülatif yüzdesel artış sayısına bağlı ortalama Gecikme,Hız ve Kuyruklanma değerleri

4. Sonuç ve Öneriler

Mikro Ölçekli Trafik Simülasyon Yazılım'ında (PTV - VISSIM) modellenen kent içi sinyalizasyon kavşak topolojisi üzerinde gerçekleştirilen gecikme etüd analiz sonuçları aşağıda değerlendirilmiştir.

- Gecikme etüd analizleri sonuçlarına göre maksimum taşıt başı ortalama gecikme artışı %122.7 ile güney akım yönlü otomobil sayılarının kümülatif yüzdesel artışında meydana gelmiştir. İkinci en yüksek artış % 120.3 ile kuzey akım yönünde, üçüncü olarak % 95.2 ile batı akım yönünde ve son olarak % 85.2 ile doğu akım yönünde elde edilmiştir.
- Hız etüd analizi sonuçlarına göre maksimum taşıt başı ortalama hız azalışı % 44.6 ile güney akım yönlü otomobil sayılarının kümülatif yüzdesel artışında meydana gelmiştir. Bu öngörülen bir sonuçtur. Çünkü gecikme ve hız arasındaki ters orantı nedeniyle

gecikmenin maksimum çıktığı noktada hız değeri minimum olarak beklenmektedir. Gözlemler sonucu elde edilen bulgu bu durumu desteklemektedir. İkinci en yüksek azalış % 43.7 ile kuzey akım yönünde, üçüncü olarak %37.8 ile batı akım yönünde ve son olarak % 36.1 ile doğu akım yönünde elde edilmiştir.

- Kuyruklanma etüd analizi sonuçlarına göre maksimum kuyruk uzunluğu güney akım yönlü otobüs sayılarının kümülatif yüzdesel artışında meydana gelmiştir. Bu akım yönündeki maksimum kuyruk uzunluğunun 395.7 m olduğu gözlemlenmiştir. Kuzey akım yönünde 388.3 m, batı akım yönünde 383.9 m ve son olarak doğu akım yönünde 364.8 m değerinde maksimum kuyruklanma uzunlukları elde edilmiştir.
- Her bir akım kolu ve taşıt türü için ortalama gecikmelere, ortalama hızlara ve kuyruk mesafelerine ait değişimi ifade edecek şekilde yapılan lineer regresyon analiz sonuçlarına göre elde edilen doğruların eğimi; akım kolu ve taşıt türlerine göre sırasıyla aşağıdaki tablolarda belirtilmiştir:

Tablo 2: Akım yönlerine ve taşıt türlerine göre ortalama gecikmeyi temsil eden doğru eğimleri (*100)

Akım Yönü	Otomobil	Ağır Taşıt	Otobüs
Doğu	1.27	1.46	1.61
Batı	2.14	1.14	1.34
Kuzey	2.19	1.37	1.18
Güney	2.19	1.53	1.28

Tablo 3: Akım yönlerine ve taşıt türlerine göre ortalama hızı doğrusal temsil eden doğru eğimleri (*100)

Akım Yönü	Otomobil	Ağır Taşıt	Otobüs
Doğu	0.17	0.24	0.25
Batı	0.30	0.20	0.22
Kuzey	0.27	0.22	0.18
Güney	0.28	0.23	0.18

Tablo 4: Akım yönlerine ve taşıt türlerine göre ortalama kuyruklanma mesafelerini doğrusal temsil eden doğru eğimleri (*100)

Akım Yönü	Otomobil	Ağır Taşıt	Otobüs
Doğu	5.21	9.37	10.34
Batı	10.88	9.10	10.73
Kuzey	9.36	9.97	9.20
Güney	9.18	10.10	8.85

İlişkilerin yeterliliğini gösteren R^2 değerleri; akım yönleri ve araç kompozisyonları için ortalama gecikme, hız ve kuyruklanma değerlerine ait veriler olarak elde edilmiş ve aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 5: Akım yönlerine ve taşıt türlerine göre ortalama gecikme, hız ve kuyruklanma değerlerine ait R^2 değerleri

	DOĞU			BATI			KUZEY			GÜNEY		
	Otmb	Ağır Taşıt	Otb	Otmb	Ağır Taşıt	Otb	Otmb	Ağır Taşıt	Otb	Otmb	Ağır Taşıt	Otb
Ortalama Gecikme	0.746	0.931	0.788	0.899	0.914	0.875	0.864	0.955	0.754	0.864	0.928	0.817
Ortalama Hız	0.664	0.893	0.729	0.817	0.774	0.815	0.799	0.939	0.688	0.791	0.901	0.763
Ortalama Kuyruklanma	0.641	0.941	0.831	0.864	0.926	0.891	0.821	0.958	0.864	0.808	0.936	0.832

Sonuçlar dikkate alındığında; güney akım yönü için ışık süresine bağlı olarak ağır taşıt ve otobüs sayılarının fazlalığı ortalama gecikmeyi maksimum noktaya çıkarmış ortalama hızı ise minimum noktaya düşürmüştür.

Regresyon analiz sonuçlarına göre her % 10 luk araç artımına tekabül edecek şekilde elde edilen doğru eğimlerinin araç türlerine ve karşılaştırma kriterlerine göre homojen olmaması, farklı akım kollarında farklı türdeki araç kompozisyon artımının ortalama gecikme, hız ve kuyruklanma değişimlerine düzensiz bir etkiye neden olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu bulgular, düzensiz kentleşmenin ve buna bağlı olarak meydana gelen araç sahipliğindeki artisan, ulaşım sorunlarını her daha karmaşık hale getireceğini açıkça gözler önüne sermektedir. Toplum taşıma sistemlerinde iyileştirmeler ve akıllı sinyalizasyon sistemlerinin kullanımı bu anlamda etkin ve önemi artan stratejiler olarak değerlendirilebilir.

5. Kaynakça

- [1] Gedizlioğlu E, Kentlerimizde trafik yönetimi, Türkiye Mühendislik Haberleri,2004
- [2].Elçi A, ve Rahnama B. Akıllı kavşak: Trafik yönetimiyle kişilerin yaşam kalitesini geliştirmek: <http://www.tmbd.org.tr/userfiles/bildiri5.doc>,
- [3].Kurar H. Kavşak sinyalizasyonuna CBS yaklaşımı: İstanbul örneği. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, Fatih Üniversitesi.2001
- [4] Gülcan Çetinkaya: Yüksek Lisans Tezi, Işıklı kavşaklarda değişik hesaplama yöntemlerinin karşılaştırılması, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008

- [5] Akad M. Eşdüzey Kavşakların Kapasite Analiz Yöntemleri, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ İstanbul. 1998.
- [6] Kang Y,S. Delay, Stop and Queue Estimation for Uniform and Random Traffic Arrivals at Fixed-Time Signalized Intersections, Virginia Polytechnic Institute. April 2000
- [7] Yetiş Ş, M. Sinyalize kavşaklardaki taşıt gecikmelerinin bulanık mantık ile modellenmesi, İMO Teknik Dergi, pp: 3903-3916, 2006,
- [8] Tektaş N. Kent içi transit yollarda trafiğin optimisasyonu.İstanbul için bir uygulama.Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi SBE, İstanbul, 2002
- [9] Özgür N. Ulaştırma sektöründe enerji verimliliği,Bildiri 2008
- [10] Ayfer M, Ö. Trafik sinyalizasyonu, Bayındırlık Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü matbaası, 1977