


HEMZEMİN KAVŞAK İYİLEŞTİRMELERİNİN KAVŞAK PERFORMANSI VE TAŞIT EMİSYONLARI ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ: BURSA ÖRNEĞİ

Muhammed Alphan KAYACAN * 

Bahadır YILMAZ ** 

Mehmet RİZELİOĞLU *** 

Alınma: 11.01.2022; düzeltme: 24.03.2022; kabul: 05.06.2022

Öz: Kavşaklar farklı yönlerden gelen trafik akımlarının ortaklaşa kullanıldığı alanlardır. Bu nedenle araç gecikmeleri, kuyruk uzunluğu, bekleme süreleri gibi trafiğe etki eden faktörlerin en yoğun yaşandığı yerler kavşaklar olmaktadır. Bu durum, kavşakların trafiğin performansı üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Öyleyse kavşak optimizasyonları trafiğin etkin ve verimli kullanılması için trafik iyileştirme çalışmalarının başında gelmektedir. Bu çalışmada Bursa ili Nilüfer ilçesinde bulunan sinyalize dönel kavşak olarak hizmet veren Durmazlar Kavşağı incelenmiştir. Kavşağın mevcut durumu ve mevcut durum üzerinde uygulanan farklı geometrik iyileştirmeler VISSIM simülasyon programı ile analiz edilmiştir. Yapılan iyileştirmeler sonucunda kavşak geometrisinin kavşak performansı üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Nihayetinde seyahat süresi, durma sayıları ve kuyruk uzunluklarının azaldığı, araç hızlarının arttığı bunlara bağlı olarak kavşak hizmet seviyesinin iyileştiği ve emisyon miktarlarının azaldığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Emisyon, Hemzemin Kavşak, PTV Vissim, Simülasyon, Yakıt Tüketimi

Investigation of the Effects of At-grade Intersections Improvements on Vehicle Emissions and Fuel Consumption: Bursa Example

Abstract: Intersections are areas where traffic flows from different directions are shared. For this reason, intersections are the places where factors affecting traffic such as vehicle delays, queue length, waiting times, etc. are most intensively experienced. This situation shows that intersections have a significant impact on traffic performance. Therefore, intersection optimizations are one of the leading of traffic improvement studies for the effective and efficient use of traffic. In this study, Durmazlar intersection, which is a signalized roundabout in Nilüfer district of Bursa city, was examined. The current situation of the roundabout and the different geometric improvements applied on the current situation were analyzed with the VISSIM simulation program. As a result of the improvements implemented, it has been seen that the intersection geometry has an effect on the intersection performance. As a result, it was observed that the travel time, the number of stops and the length of the queues decreased, the vehicle speeds increased, the service level of intersection improved and the amounts of emissions decreased.

Keywords: Emission, Fuel Consumption, Intersection, PTV Vissim, Traffic Simulation

* Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İzmir

** Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bursa

*** Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bursa

İletişim Yazar: M. Alphan Kayacan (alphankayacan@gmail.com)

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun artması ve buna paralel olarak taşıt sayılarındaki artış bazı ciddi trafik problemlerine neden olabilmektedir (Coelho ve diğ., 2006). Taşıt sayılarında meydana gelen artış özellikle şehir içi karayollarında beraberinde trafik yoğunluğunu da getirmiş ve sonuç olarak yolda geçirilen zaman, trafikteki bekleme süresi, tüketilen yakıt miktarı, egzoz gazı emisyonları gibi olumsuz etkileri de arttırmıştır (Elbir ve diğ., 2010). Benzin ve motorin kullanan motorlu taşıtlardan atmosfere salınan egzoz gazlarının bileşiminde yanmamış hidrokarbonlar, kısmen yanmış hidrokarbonlar, karbon monoksit (CO), azot oksitler (NO_x), kükürt dioksit (SO₂), kurşun bileşikler ve partikül maddeler (PM₁₀) bulunmaktadır (Elbir ve diğ., 2010). Literatürde yer alan araştırmalar, şehir merkezlerinde çeşitli insan faaliyetleri ve trafik yoğunluğu nedeniyle kirletici emisyonların oldukça yüksek seviyelerde olduğunu göstermiştir. Ulaştırma sektörü, sera gazı emisyonunda yaklaşık %16'lık etkiye sahip önemli faktörlerden biridir (Yanarocak, 2007). Şehir merkezlerinde ulaşım faaliyetlerinden kaynaklanan hava kirliliği her geçen gün önemli oranda artmakta hem yerel hem de evrensel manada önemli bir sorun haline gelmektedir (Lejri ve diğ., 2018). Trafik kaynaklı emisyonları etkileyen pek çok faktör bulunmaktadır. Bunlar; trafikteki taşıt sayısı, taşıtların durma sayıları, taşıt teknolojisi, yol ve kavşak geometrisi, kavşaklardaki sinyalizasyon düzeni, çevresel faktörler ve sürücü davranışları olarak belirtilebilir (Zeydan ve diğ., 2017). Birden fazla yol ağının katılma, ayrılma ve birleşim noktası olan kavşaklar, taşıt trafiğinin akım hızının yavaşladığı ve durduğu noktalarıdır. Duraklama miktarı arttıkça, daha fazla yakıt tüketilir ve taşıt kaynaklı emisyonlar artar. Şehir içinde bulunan taşıt emisyonlarının gün geçtikçe artması ile birlikte, yollarda trafik akımının iyileştirilmesine yönelik, etkili trafik denetim araçlarını seçmek ve taşıt kilometresi başına düşen emisyonları azaltmak oldukça önemli bir hale gelmiştir (Mandavilli ve diğ., 2003). Bahsi geçen bu istenmeyen durumları azaltabilmek amacıyla kavşakların konforlu ve verimli çalışması büyük önem taşımaktadır. Kavşak türü seçimi bu noktada kilit rol oynamaktadır. Sözü edilen sorunları en düşük seviyeye indirebilmek için, farklı tip ve özellikte kavşaklar kullanılmaktadır. Şehir içi yollarda yaşanan gecikmelerin büyük bir miktarı sinyalizasyon kaynaklı durmalardan ötürü meydana gelmesine rağmen sinyalize dönel kavşakların kullanımı ülkemizde giderek artmaktadır. Transportation Research Board (1996) raporuna göre şehir içi yollarda kilometre başına düşen sinyalizasyon sistemi sayısının seyahat hızına etkisinin hacim-kapasite oranından daha büyük olduğu görülmektedir. Bu sebeple, şehir içi yol ağlarında kullanılmaya üzere sinyalize dönel kavşaklardan daha verimli ve çevreci işleyebilecek hemzemin kavşak türlerinin analizi gerekmektedir.

Literatürde yer alan çalışmaların bazılarında; Liao ve Machemehl (1998) sinyal sürelerinin yakıt tüketimi üzerindeki etkileri incelemiş ve sinyal kontrolünün, yol geometrik koşullarının ve trafik karakteristiklerinin aralarındaki ilişki belirlenerek kavramsal bir çerçeve sunulmuştur. Yine Liao (2013) tarafından kavşaktaki araçların rölantideki ve rölantiden kalkış manevrası anındaki yakıt tüketimleri incelemiş ve simülasyon programı kullanılarak yakıt tabanlı bir sinyal optimizasyon modeli incelemiştir. Huang ve diğ. (2014) tarafından sinyalize kavşaklarda hareket eden araçların karakteristikleri analiz edilerek bu kavşaklardan geçen araçların hızlanmalarının, yavaşlamalarının ve rölantideki durumlarının yakıt tüketimine olan etkileri analiz edilmiştir. Li ve diğ. (2004) kavşaklardaki araç gecikmelerinin, yakıt tüketiminin ve emisyon oranlarının azaltılması için yeşil ışık optimizasyonları üzerinde çalışmalar yapmıştır. Kutlimuratov (2021) tarafından aynı geometrik özelliklerde sadece sinyalizasyon süreleri ve sıralamaları düzenlenerek emisyonun azaltılması sağlanmıştır.

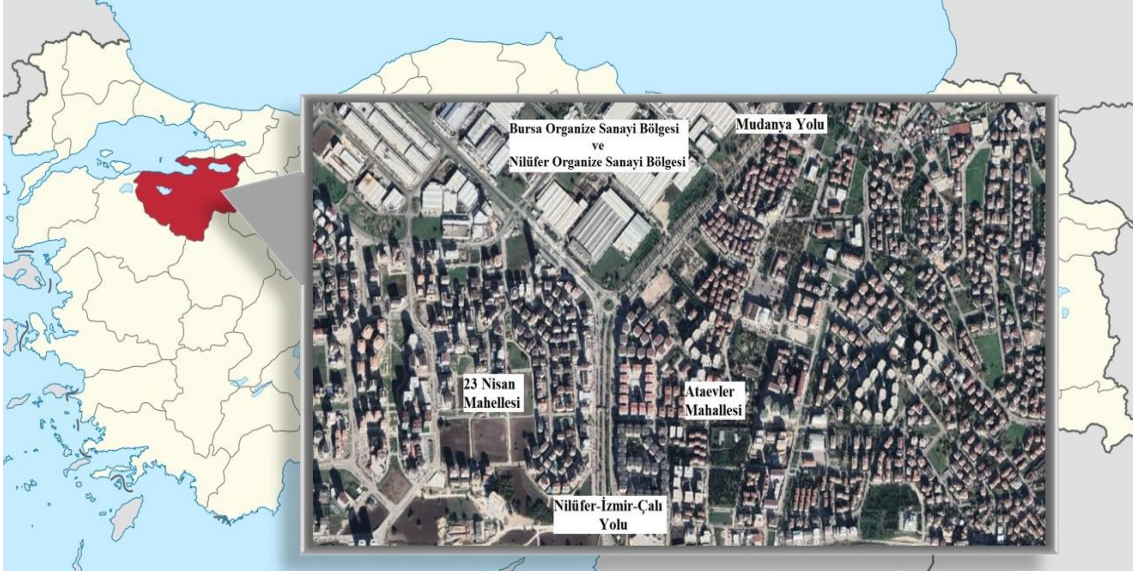
Bu çalışmada mevcut durum olan sinyalize dönel kavşak, senaryo bir kapsamında sinyalize dört kollu kavşak ve senaryo iki kapsamında modern dönel kavşak olmak üzere üç farklı hemzemin kavşak türünde modellemeler yapılmış, meydana gelen değişimlerin çevresel faktörler üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma kapsamında, mevcut kavşak geometrisinde düzenlemeler yapılmış ve kavşak kontrol sistemi değiştirilerek seyahat süresi, durma sayıları,

araç hızları ve kuyruk uzunluğu gibi parametreler iyileştirilmiştir. Bu parametrelerde meydana gelen iyileşmeye bağlı olarak kavşağın hizmet düzeyi artarak CO emisyonu, NO_x emisyonu ve yakıt tüketim miktarlarında azalmalar meydana gelmiştir. Bu çalışmanın ikinci bölümünü farklı kavşak geometrileri ve bunların modellenmelerini içeren materyal ve yöntem bölümü, sonrasında yapılan çalışmalardan elde edilen bulgular ve son bölümünü ise sonuçlar kısmı oluşturmaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Yapılan çalışma kapsamında PTV VISSIM benzetim programı kullanılmıştır. Yapılan literatür araştırmaları sonucunda, benzetim programları arasında sürücü karakterleri, sinyalizasyon sistemleri, trafik durumları, taşıt takip ve sollama modelleri gibi kriterleri gerçeğe en uygun şekilde yansıtabilen yazılım olduğu için bu program seçilmiştir. Bilgisayar ortamında modellemeye başlamadan önce çalışma alanına ait mevcut durum verileri gözlemler veya yetkili makamlar aracılığıyla elde edilir. Bu veriler benzetim programına uygun şekilde düzenlenir ve gerekli birim çevirmeleri yapılır. Verilerin benzetim programına optimizasyonu tamamlandıktan sonra ilgili trafik ağının modellenmesi yapılır. Mevcut durum ile simülasyon programında mevcut durum için hazırlanan modelin mümkünse aynı, mümkün değilse olabildiğince benzer sonuçları vermesi istenir ve bu sebeple kalibrasyon yapılır. Sistemdeki düzensizlikler ve sorunlar tespit edilir. Alternatif yol ağı çalışmaları yapılır, uygulanabilecek iyileştirmeler denenir ve çözüm önerilerine karar verilir (Rizelioğlu, 2015).

Bu çalışma kapsamında inceleme yapmak üzere Bursa İli Nilüfer İlçesi'nde yer alan Durmazlar Kavşağı seçilmiştir. Kavşağın seçimine; ana arterler üzerinde yer alması, sanayi ve yerleşim bölgelerinin direkt bağlantı noktasında bulunması, geometrik standartlara uygun olmayan bir bağlantıya sahip olması gibi özellikler etki etmiştir. Bursa Büyükşehir Belediyesi aracılığıyla Durmazlar Kavşağı'na ait araç sayımları, kavşak ve çevre yapılarının planı, kamulaştırma sınırları gibi konularda bilgi alınmıştır (Kayacan, 2021). Şekil 1'de Bursa ilinin Türkiye'deki konumu, Durmazlar Kavşağı ve çevre yerleşimi verilmiştir.



Şekil 1:
Bursa ili ve Durmazlar Kavşağı konumu

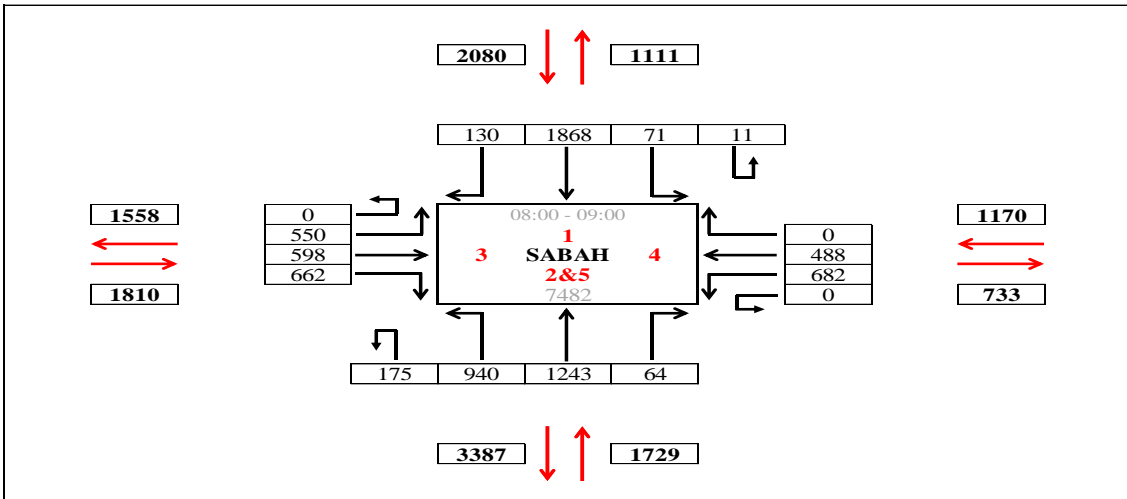
Şekil 1'de konumu gösterilen Durmazlar Kavşağı'nın geometrik yapısı ve özellikleri daha net görülmesi için Şekil 2'de yakın görünümü verilmiştir. Durmazlar Kavşağı'na bağlanan yollar 1'den 5'e kadar sayılarla numaralandırılmıştır. 1 ve 2 numaralı yollar Mudanya Yolu ile

Nilüfer ilçesini bağlayan bir ana arter durumundadır. 3 numaralı yol, kavşağın Nilüfer Organize Sanayi Bölgesi ve Bursa Organize Sanayi Bölgesi ile bağlantısını sağlamaktadır. 4 numaralı yol yerleşim bölgesinden kavşağa bağlanmakta ve 5 numaralı yol, 3 ile 2 numaralı yolların yan yol bağlantısı olarak çalışmaktadır.



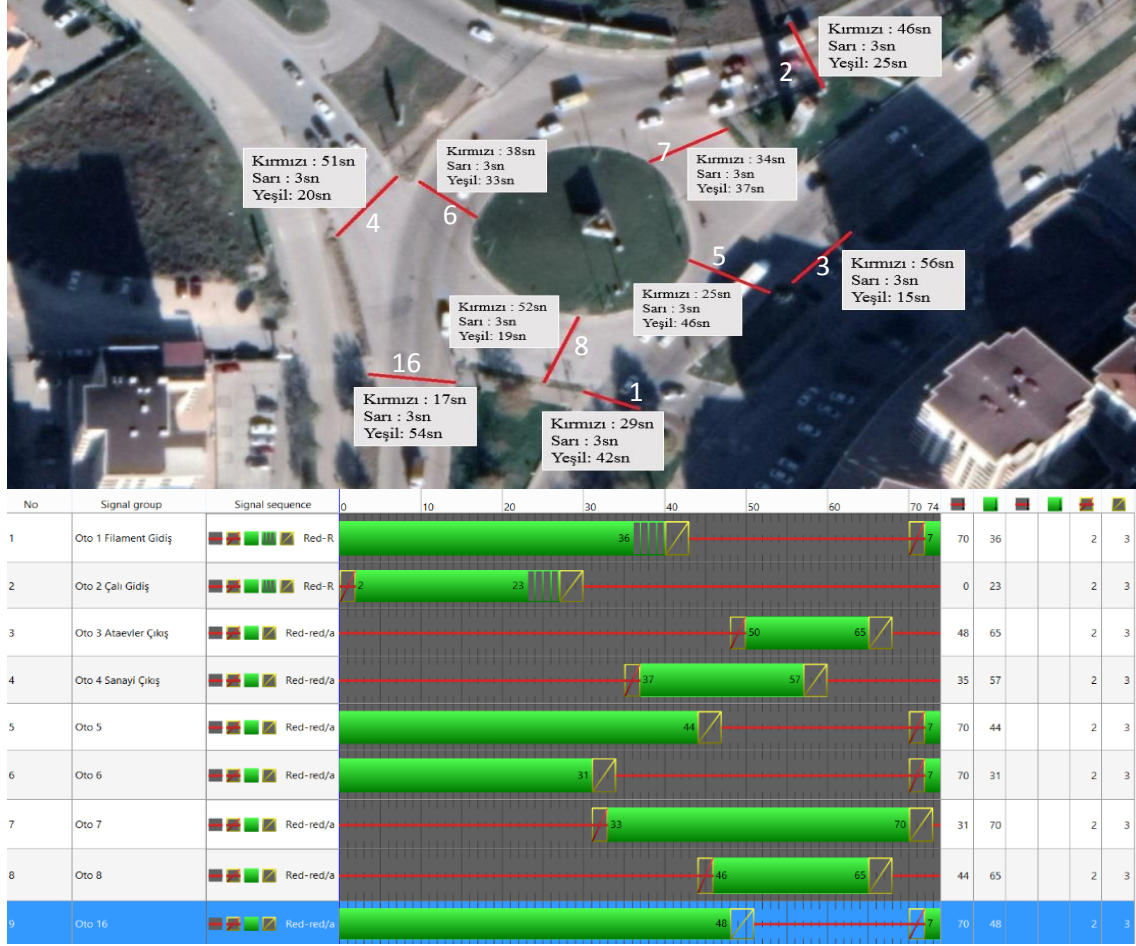
Şekil 2:
Durmazlar Kavşağı'na bağlanan kollar

Durmazlar Kavşağı'na ait taşıt verileri 2018 yılı mayıs ayında yapılan ölçümlere ait olup, haftanın üç günü; pazartesi, çarşamba ve cuma günleri sabah, öğle ve akşam olmak üzere 9 adet sayımdan en yüksek taşıt sayısına sahip olan pazartesi günü sabah sayımında elde edilen veriler kullanılmıştır. Kullanılan verilerde ağır araç oranları, yaya sayıları, toplu taşıma araçları gibi bilgiler mevcut değildir. İlgili trafik sayım verileri Bursa Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Koordinasyon Şube Müdürlüğü aracılığıyla elde edilmiştir (Kayacan, 2021). Kavşak alanına giren ve çıkan her yol için taşıt sayıları verilmiş olup, taşıt sayıları izledikleri güzergahlara göre Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3:
Durmazlar Kavşağı sabah (08.00-09.00) zirve saati trafik güzergahları ve hacimleri (ta/sa)

Çalışma yapılan kavşağın sinyalizasyon devre süresi 74 saniyedir. Sinyalizasyon devre diyagramı mevcut durumda olduğu gibi modellemeye yansıtılmıştır. Işık sürelerine ait detaylı bilgi Şekil 4’te verilmiştir.

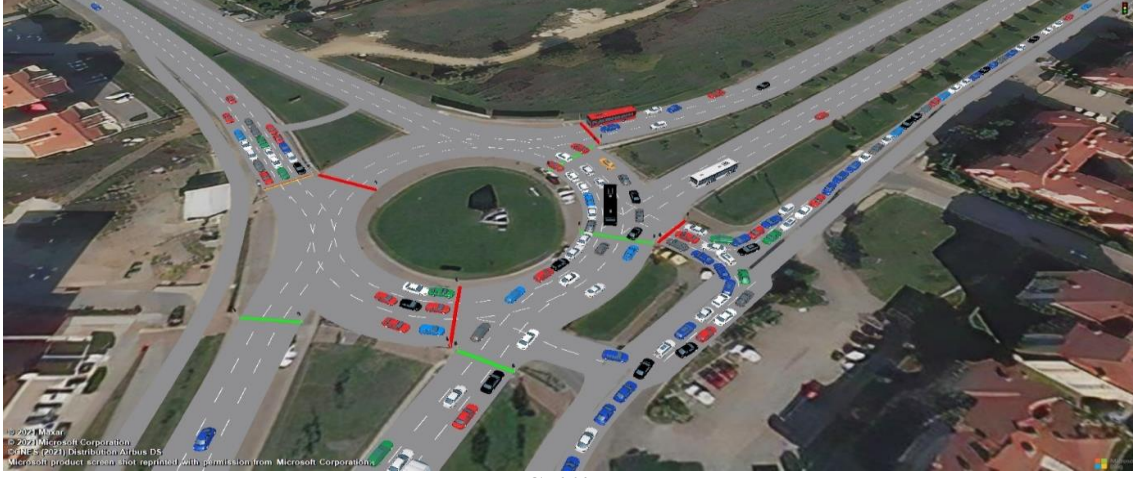


Şekil 4:
Durmazlar Kavşağı sinyalizasyon süreleri ve devre diyagramı

2.1. Mevcut Durum Modellemesi

Durmazlar Kavşağı'nın mevcut durum modellemesi yapılırken sırasıyla önce kavşağa bağlanan kolların çizimi yapılmıştır. Sonrasında dönel kavşak alanı oluşturulup yollarla bağlantısı yapılmıştır. Her güzergahta yer alan araç sayıları sisteme girilmiş ve güzergahlar tanımlanmıştır. Bursa Büyükşehir Belediyesi'nden elde edilen veriler doğrultusunda kavşağın sinyalizasyonu ayarlanmıştır. Duran ve akan trafik koşulları altında sürücülerin davranışları yerinde yapılan incelemeler doğrultusunda düzenlenmiştir. Mevcut durumdaki şerit genişlikleri ölçülerek modele de aynı genişliklerde çizilmiştir. 1, 2 ve 3 numaralı yollar üç geliş ve üç gidiş olacak şekilde çizilmiştir. Yatay kurp yarıçapları, uydu görüntüsü üzerinden eşit olacak şekilde düzenlenmiştir. 1, 2 ve 3 numaralı ana yolların sol şeritlerinde ağır taşıtların trafiğine izin verilmemiştir. 5 numaralı yan yol 3 yolundan 2 yoluna doğru tek gidiş yönü olarak modellenmiştir. 4 numaralı yol, kavşağa giriş bölgesi haricinde bir geliş ve bir gidiş yönlü olarak iki şeritli modellenmiştir. Mevcut durumda yaşanan karmaşa simülasyona yansıtılabilmek için kavşağa giriş üç şeritten verilmiş, kavşak giriş bölgelerinde yollar tek şeritten iki şeride çıkarılmıştır (Kayacan, 2021). Hazırlanan modelin gerçek durumu en tutarlı

şekilde yansıtılması için çok kez simülasyonlar ve simülasyon sonuçlarına göre düzenlemeler yapılmıştır. Hazırlanmış olan mevcut durum kavşak modeli Şekil 5'te verilmiştir.



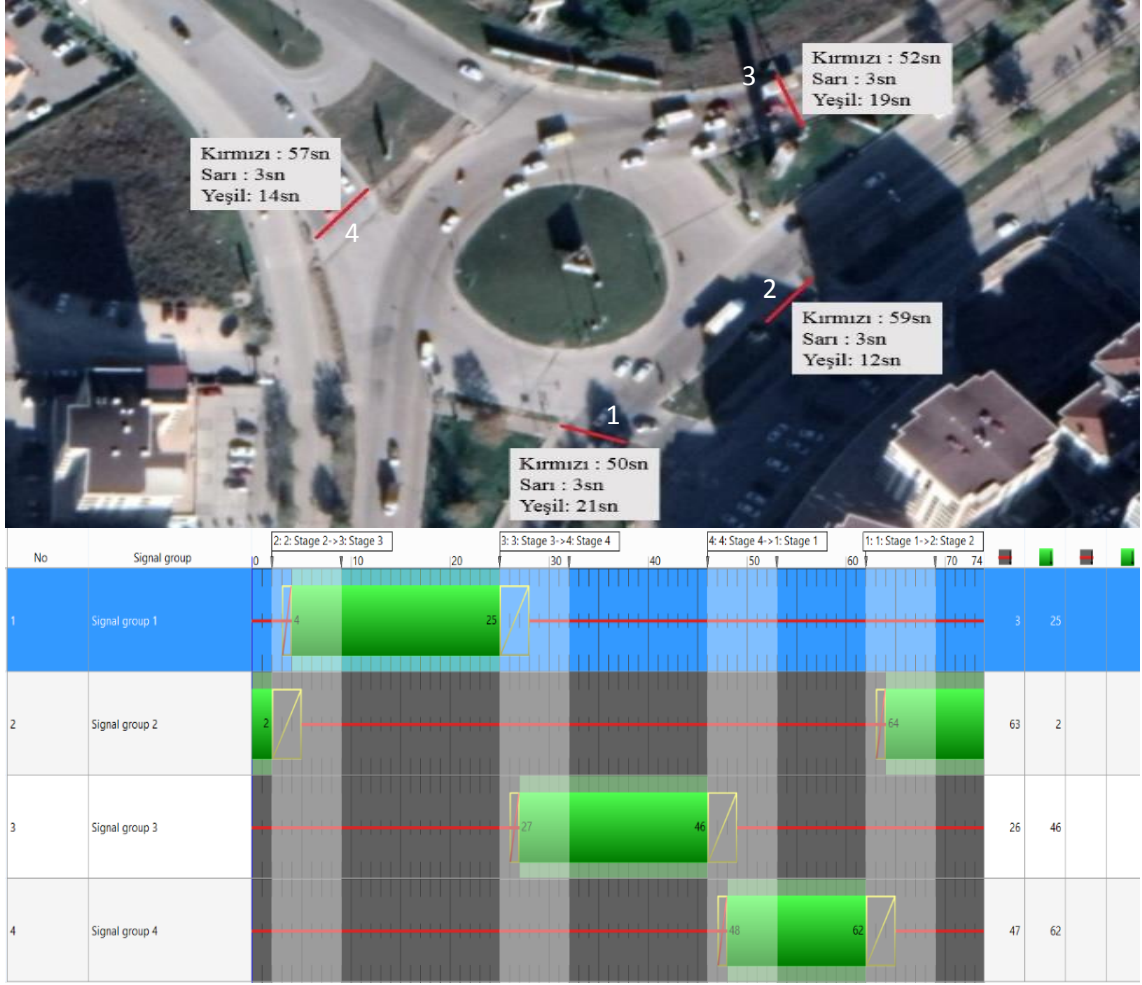
Şekil 5:
Kavşak bölgesinin PTV VISSIM programında çizilen modeli

2.2. Dört Kollu Sinyalize Kavşak Modeli

Hazırlanan senaryo dahilinde mevcut durumda yer alan dönel ada kaldırılmış, bağlantı kollarının birbirine direkt bağlanması sağlanarak dört kollu sinyalize kavşak oluşturulmuştur. Mevcut durumdaki sinyalizasyon sisteminin devre süresi sabit tutulmuş ancak dönel adanın kaldırıldığı duruma uyumlu olabilmesi için sinyalizasyon süreleri düzenlenmiş, yeni bir sinyalizasyon devre diyagramı hazırlanmıştır (Kayacan, 2021). Dört kollu sinyalize kavşak senaryosu kapsamında hazırlanan modellemenin görünümü Şekil 6'da, yeni sinyalizasyon süreleri ise Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 6:
Dört kollu sinyalize kavşak modeli görünümü



Şekil 7:

Dört kollu sinyalizasyon kavşak sinyalizasyon süreleri ve devre diyagramı

2.3. Üç Kollu Modern Dönel Kavşak Modeli

Bu senaryo kapsamında mevcut kavşakta bulunan sinyalizasyon sistemi kaldırılmış ve modern dönel kavşak olarak yeniden düzenlenmiştir. Geçiş önceliği dönel kavşak içinde yer alan araçlara verilmiş, kavşak bölgesinden önce hız sınırlaması getirilmiş ve kavşak girişlerine “DUR” tabelası eklenmiştir. Geometrik standartlara uygun olmayan ve kamulaştırma sınırından ötürü düzenleme imkânı bulunmayan 4 numaralı yolun kavşağa girişi iptal edilmiş fakat kavşaktan 4 numaralı yola çıkışa bir müdahale yapılmamıştır. 4 numaralı yolu kullanarak kavşağa dahil olan taşıtlar mevcutta yer alan başka yollar aracılığıyla 2 ve 1 numaralı yollara yönlendirilmiş ve bu şekilde kavşağa dahil edilmişlerdir. Böylece sisteme giren araç sayısı azalmamıştır (Kayacan, 2021). Üç kollu modern dönel kavşak senaryosu kapsamında hazırlanan model Şekil 8’de verilmiştir.



Şekil 8:
Üç kollu modern dönel kavşak modeli görünümü

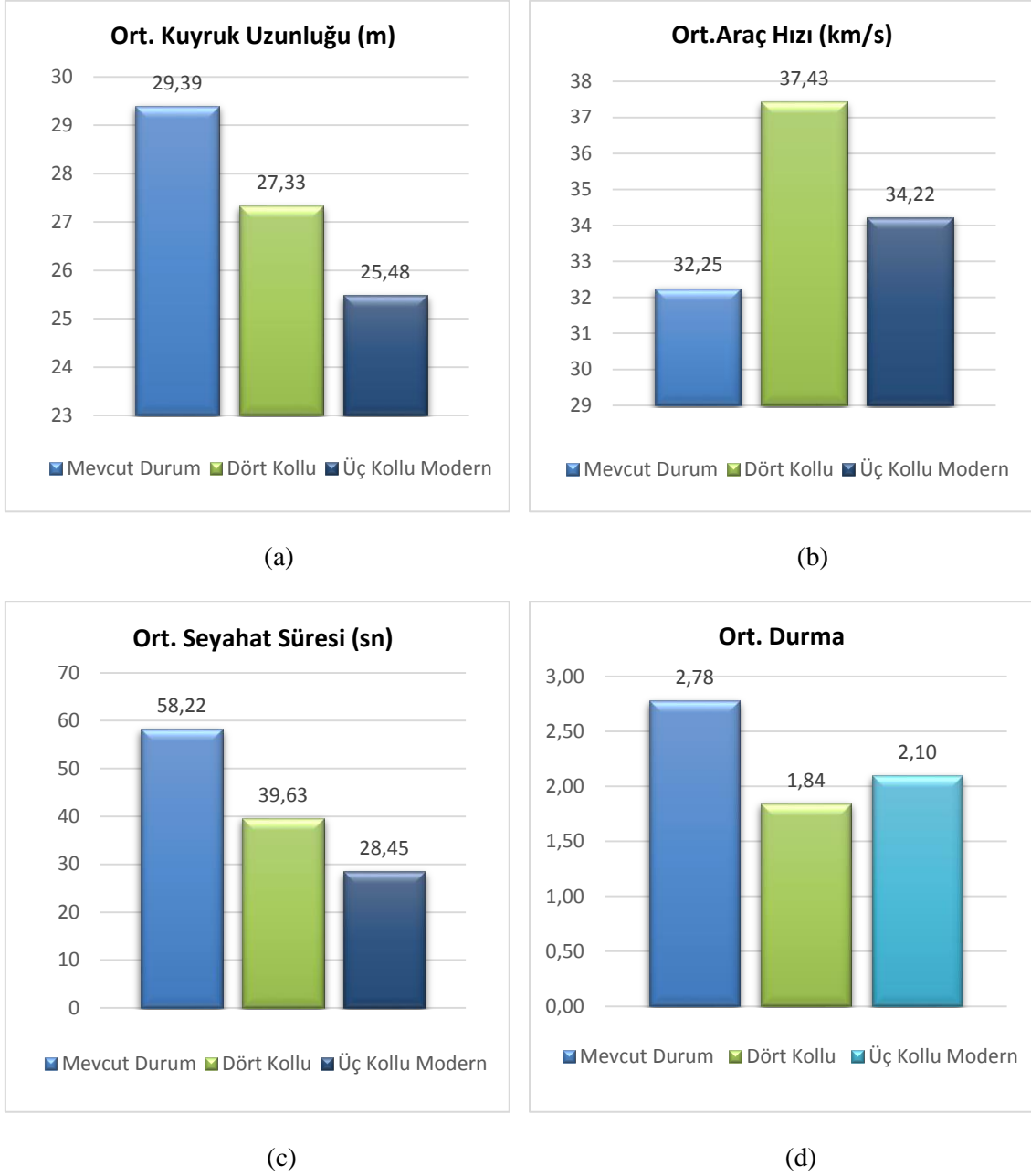
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Kavşağa gelen ve kavşaktan çıkan her kol için ayrı ayrı taşıt sayısı, kuyruk uzunluğu, araç hızları, seyahat süresi ve taşıt başına ortalama durma verileri toplanmıştır. Fakat çalışmada kolların performansı değil, kavşağın performansı incelendiği için bu değerlerin ortalamaları alınarak Tablo 1’de verilmiştir. Ortalama seyahat süresi ve ortalama kuyruk uzunluğu parametrelerinde üç kollu modern dönel kavşak en iyi performansı gösterirken, toplam taşıt, ortalama hız ve taşıt başına ortalama durma sayısı parametrelerinde dört kollu sinyalize kavşak en iyi performansı göstermiştir. Tablo 1’de analiz edilen üç kavşak modelinde elde edilen değerler gösterilmiştir.

Tablo 1. İncelenen kavşak türlerine göre taşıt, ortalama kuyruk uzunluğu, ortalama hız, ortalama seyahat süresi ve taşıt başına ortalama durma değerleri

	Taşıt	Ort. Kuyruk Uzunluğu (m)	Ort. Hız (km/s)	Ort. Seyahat Süresi (sn)	Taşıt Başına Ort. Durma
Mevcut Durum	7408	29,39	32,25	58,22	2,78
Dört Kollu Sinyalize Kavşak	7416	27,33	37,43	39,63	1,84
Üç Kollu Modern Dönel Kavşak	7378	25,48	34,22	28,45	2,10

Şekil 9’da üç kavşak modelinin performans karşılaştırması (kuyruk uzunluğu, hız, seyahat süresi ve taşıt başına durma sayısı verileri) gösterilmektedir.



Şekil 9:

*İncelenen üç kavşak modelinin performans karşılaştırması:
a. Ort. kuyruk uzunluğu, b. Ort. araç hızı, c. Ort. seyahat süresi, d. Ort. durma*

Yukarıda verilen performans parametreleriyle aynı şekilde kavşağa bağlanan her kol için hizmet seviyesi (LOS), CO emisyonu, NO_x emisyonu ve yakıt tüketimi değerleri PTV Vissim programı aracılığıyla hesaplanmıştır. “Simplified method via node evaluation” yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde emisyon ölçümleri, sinyal sürelerini optimize etmeye yönelik bir program olan TRANSYT 7-F'den alınmış olan araçların tüketim değerleri için hazırlanmış standart formüllerin yanı sıra ABD Enerji Bakanlığı'nın Oak Ridge Ulusal Laboratuvarı'nda elde edilmiş emisyon verileriyle oluşturulur. Veriler bireysel araç türleri arasında ayırım yapmaz.

Bu durum, PTV (2018) kullanıcı kitabında yazdığına göre farklı senaryolar sırasında üretilen emisyonların daha basit bir şekilde karşılaştırılmasını sağlar. Hizmet seviyeleri her güzergah için en düşük F, en yüksek A olacak şekilde belirlenmiştir. Kavşağa bağlanan kolların kıyası yapılmadığı, kavşak bir bütün olarak incelendiği için CO, NO_x ve yakıt değerlerinde gram (g) ve litre (l) cinsinden toplam değer, hizmet seviyesinde ise değerlerin ortalamaları alınmıştır. Elde edilen değerler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. İncelenen kavşak türlerine göre LOS, emisyon ve yakıt tüketim değerleri

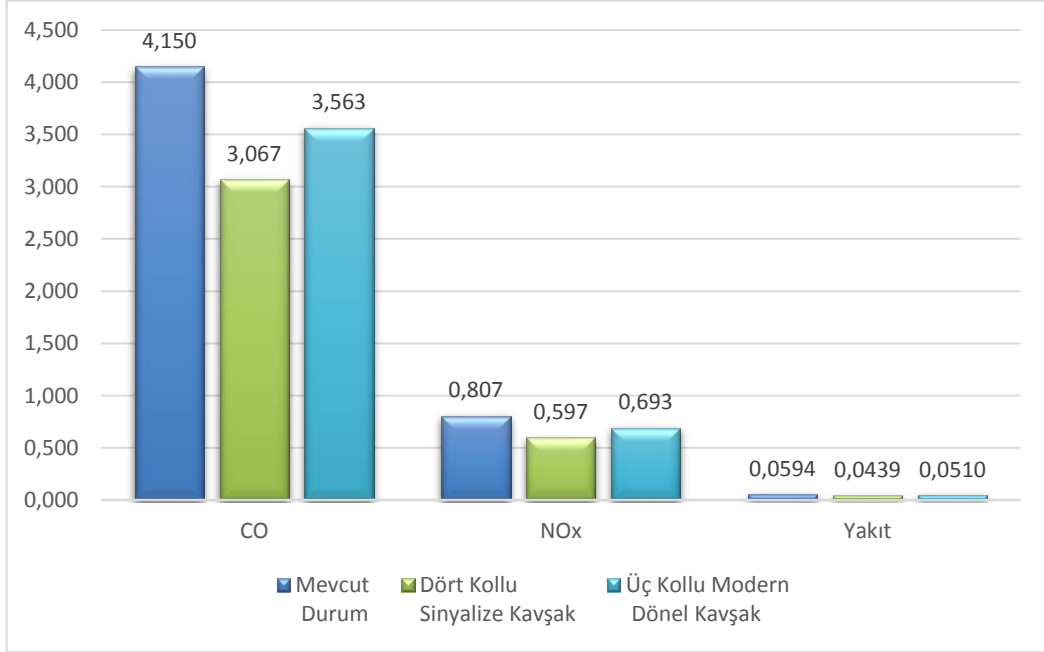
	Hizmet Seviyesi (LOS)		Toplam CO Emisyonu (g)	Toplam NO _x Emisyonu (g)	Toplam yakıt Tüketimi (l)
	Harf Karşılığı	Nümerik Karşılığı			
Mevcut Durum	D	4,4	30530,03	5940,03	436,76
Dört Kollu Sinyalize Kavşak	D	3,6	22661,29	4409,06	324,19
Üç Kollu Modern Dönel Kavşak	C	3	26304,89	5117,97	376,32

İncelenen senaryolara bakıldığında sonradan oluşturulan iki modelin de mevcut duruma göre kuyruk uzunluğu, seyahat süresi ve taşıt başına durma sayısı azalırken araçların hız ortalamaları ve taşıt sayısı değerleri artmıştır. Bunlara bağlı olarak hizmet seviyesi sonradan yapılan her iki modelde de iyileşmiştir. Mevcut durumda hizmet seviyesi 4,4 iken dört kollu sinyalize kavşak modelinde 3,6’ya düşmüş ve üç kollu modern dönel kavşak modelinde ise 3 değerine inmiştir. CO emisyonu, NO_x emisyonu ve yakıt tüketim değerleri mevcut duruma kıyasla sonradan hazırlanan her iki modelde de azalma göstermiştir. Sisteme dâhil olabilen taşıt sayılarındaki değişimden ötürü elde edilen değerler taşıt sayısına bölünerek taşıt başına CO, NO_x emisyonları ve yakıt tüketimi bulunmuştur. Taşıt başına salınan emisyon miktarı ve tüketilen yakıt miktarları üzerinden karşılaştırma yapılmıştır. Her model için emisyon ve yakıt miktarları taşıt başına hesaplanarak Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Taşıt başına düşen CO, NO_x ve yakıt miktarı

	Taşıt	LOS	CO (gram/taşıt)	NO _x (gram/taşıt)	Yakıt (litre/taşıt)
Mevcut Durum	7357	4,4	4,15	0,80	0,05
Dört Kollu Sinyalize Kavşak	7388	3,6	3,06	0,59	0,04
Üç Kollu Modern Dönel Kavşak	7382	3	3,56	0,69	0,05

İncelenen modeller içinde mevcut durum, taşıt başına en fazla CO ve NO_x emisyonunun yapıldığı, en fazla yakıtın tüketildiği model olmuştur. Yapılan düzenlemeler sonucunda sonradan hazırlanan modellerin her ikisinde de hizmet seviyesi yükselmiş, buna bağlı olarak sisteme dâhil olan araç sayıları artmıştır. Sisteme dahil olan araçlarda artış meydana gelmesine rağmen taşıt başına CO ve NO_x emisyonlarında azalma meydana gelirken yakıt tüketimi de emisyon değerlerine paralel bir şekilde azalmıştır. Şekil 10'da üç model için de taşıt başına elde edilen CO, NO_x ve yakıt tüketimi değerleri karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.



Şekil 10:
İncelenen modeller için taşıt başına CO, NO_x emisyonu ve yakıt tüketimi

Yapılan çalışmada, sonradan hazırlanan iki model karşılaştırıldığında dört kollu sinyalize kavşak ve üç kollu modern dönel kavşak modellerinde LOS değerleri sırasıyla 3,6 ile 3 olarak bulunmuştur. Modern dönel kavşak modelinde hizmet seviyesi artmış, kuyruk uzunluğu ve seyahat süresi azalmış olmasına rağmen taşıt başına ortalama durma sayısının artmasından dolayı CO ve NO_x emisyonları ve yakıt tüketim değerleri de artmıştır. Nitekim taşıtların seyir durumları, emisyon cinslerini ve miktarlarını etkilemektedir. Seyir halindeki araçlar yol şartlarına göre; soğuk ilk hareket, duruş-kalkış, hızlanma-yavaşlama, bekleme ve normal sürüş şartlarında çalışabilirler ve bu şartlara göre; yakıt tüketimleri, emisyon miktarları ve çeşitleri değişebilir (Akay ve Akgüngör, 2008). Duruş-kalkış hareketlerinde; CO, HC, NO_x ve VOC emisyonları artmaktadır (Faiz ve diğ., 1998). Geometrik düzenlemeler sonucunda taşıt emisyonlarında ve yakıt tüketiminde meydana gelen değişim Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. Mevcut duruma kıyasla emisyon ve yakıt tüketim değerleri farkı

	CO Emisyonu (gram)	NO _x Emisyonu (gram)	Yakıt Tüketimi (litre)
Dört Kollu Sinyalize Kavşak	7868,73	1530,96	112,57
Üç Kollu Modern Dönel Kavşak	4225,14	822,06	60,44

4. SONUÇ

Bu çalışmada kapsamında Bursa ilinde yer alan, hemzemin kavşak kapasitesinin üstünde araç trafiğine sahip ve geometrik olarak ideal özelliklere sahip olmayan bir kavşak, farklı kavşak türleri senaryoları altında yeniden tasarlanmıştır. Yapılan yeni tasarım ve düzenlemeler sonucunda seyahat süresi, kuyruk uzunluğu, araç hızı gibi parametreler iyileştirilerek hizmet düzeyi arttırılmak bu sayede CO ve NO_x emisyonları ve yakıt tüketiminin azaltılması amaçlanmıştır. Kavşağın hizmet kalitesinin arttırılması durumunda meydana gelebilecek çevresel etkiler incelenmiştir. PTV VISSIM benzetim programı, mevcut durum ve oluşturulan iki senaryo olmak üzere toplamda üç adet modellemenin hazırlanması, simülasyonun yapılması ve verilerinin toplanmasında kullanılmıştır.

Mevcut durum simülasyonlarında dönel kavşak girişlerinde bulunan sinyalizasyonlarda olumsuz trafik şartlarına rastlanmamış olmasına karşın dönel adada bulunan sinyalizasyon sisteminden kaynaklı sıkışıklık ve tıkanıklık olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum kavşağa girişlerde de tıkanmalara yol açarak kuyruk uzunluğu, bekleme süresi, durma miktarı gibi trafik özelliklerini olumsuz etkilemiş ve kavşağa bağlanan yolların hizmet seviyesini düşürmüştür. Hazırlanan dört kollu sinyalize kavşak senaryosunda mevcut kavşaktan dönel ada kaldırılmış, dönel ada kaynaklı yoğunluğun azaltılması ve araçların kavşak alanı içinde durmasına gerek olmadan tek sinyalizasyon ile gidecek oldukları güzergaha seyahat edebilmesi amaçlanmıştır. Mevcut duruma kıyasla dört kollu sinyalize kavşakta hizmet seviyesi, kavşağa bağlanan tüm kollarda ortalama 4,4 iken 3,6'ya yükselmiştir. Toplamda 31 taşıt daha sisteme dâhil olabilmıştır. Kuyruk uzunluğu, bekleme süresi, durma miktarı, hız gibi parametrelerin iyileşmesine bağlı olarak artan hizmet seviyesi; CO ve NO_x emisyonlarının ve yakıt tüketiminin taşıt başına yaklaşık olarak %26,09 azalmasını sağlamıştır. Mevcut durum ile üç kollu modern dönel kavşak karşılaştırıldığında ise mevcut durumda 4,4 olan hizmet seviyesinin 3'e yükseldiği görülmektedir. Toplamda 25 taşıt daha sisteme dâhil olabilmıştır. Taşıt başına CO emisyonu, NO_x emisyonu ve yakıt tüketimi yaklaşık %14,13 azalmıştır. Yapılan geometrik iyileştirmeler sonucunda dört kollu sinyalize kavşak modelinde havaya 7868,737 gram CO ve 1530,969 gram NO_x emisyonu daha az salınmış, toplamda 112,571 litre yakıttan tasarruf edilmiştir. Üç kollu modern dönel kavşak modelinde ise mevcut duruma kıyasla 4225,114 gram CO ve 822,061 gram NO_x emisyonu daha az salınarak 60,443 litrelik yakıt tasarrufu sağlanmıştır.

Yapılan çalışma sonucunda görüldüğü üzere kavşak geometrik özellikleri, trafiğin ana bileşenleri olan kapasite, seyahat süresi gibi parametreleri doğrudan etkilemektedir. Bunun yanı sıra doğru tasarlanan bir kavşakta durma sayıları, kuyruk uzunluğu, hız gibi parametrelerde meydana gelen iyileşmeler hizmet seviyesini arttırarak emisyon miktarı ve yakıt tüketimi gibi değerlerin düşmesini sağlamaktadır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar, bilinen herhangi bir çıkar çatışması veya herhangi bir kurum/kuruluş ya da kişi ile ortak çıkar bulunmadığını onaylamaktadırlar.

YAZAR KATKISI

Gerçekleştirilen çalışmada Muhammed Alphan Kayacan saha çalışmalarında, simülasyonların yapılmasında, verilerin toplanması ve makalenin düzenlenmesinde; Bahadır Yılmaz fikrin oluşması, çalışma yöntemlerinin hazırlanması ve kontrolünde; Mehmet Rizelioğlu modellemelerin hazırlanması, verilerin yorumlanması ve literatür taraması başlıklarında katkı sunmuştur.

KAYNAKLAR

1. Akay, M. E. ve Akgüngör, A. P. (2008). Taşıt emisyonlarının azaltılmasında trafik ışıklarının senkronizasyon etkisinin modellenmesi, *Politeknik Dergisi*, 11 (1), 51-56. hdl: 20.500.12587/519
2. Coelho, M. C., Farias, T. L. ve Roupail, N. M. (2006). Effect of roundabout operations on pollutant emissions, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 11 (5), 333-343. doi: 10.1016/j.trd.2006.06.005
3. Elbir, T., Bayram, A., Kara, M., Altıok, H., Seyfioglu, R., Ergün, P. ve Simsir, S., (2010). İzmir kent merkezinde karayolu trafiğinden kaynaklanan hava kirliliğinin incelenmesi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12,1, 1-17. hdl: 20.500.12397/2476
4. Faiz, A., Walsh, M. P., ve Weaver, C. S. (1998). Air pollution from motor vehicles: standards and technologies for controlling emissions, *Washington, D.C: The World Bank*.
5. Huang, W. J., Ma, R. G., Ding, H. ve Bai, H. J. (2014). Study on vehicle cumulative energy consumption of signalized intersections, *14th COTA International Conference of Transportation Professionals*. doi: 10.1061/9780784413623.283
6. Kayacan, M. A., (2021). Dönel kavşakta farklı uygulamaların performans kriterleri üzerine etkilerinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Bursa Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa. hdl: 20.500.12885/1775
7. Kutlimuratov, K., Khakimov, S., Mukhitdinov, A., & Samatov, R. (2021). Modelling traffic flow emissions at signalized intersection with PTV Vissim, *E3S Web of Conferences* (Vol. 264, p. 02051). EDP Sciences. doi: 10.1051/e3sconf/202126402051
8. Lejri, D., Can, A., Schipre, N., ve Leclercq, L. (2018). Accounting for traffic speed dynamics when calculating COPERT and PHEM pollutant emissions at the urban scale, *Transportation Research Part D*, 63,588-603, (2018). doi: 10.1016/j.trd.2018.06.023
9. Li, X., Li, G., Pang, S. S., Yang, X. ve Tian, J. (2004). Signal timing of intersections using integrated optimization of traffic quality, emissions and fuel consumption: A note. *Transportation Research Part D*, 9(5), 401–407. doi: 10.1016/j.trd.2004.05.001
10. Liao, T. Y. (2013). A fuel-based signal optimization model, *Transportation Research Part D*, 23(23), 1–8. doi: 10.1016/j.trd.2013.03.014
11. Liao, T. Y. ve Machemehl, R. (1998). Development of an aggregate fuel consumption model for signalized intersections, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1641, 9–18. doi: 10.3141/1641-02

12. Mandavilli, S., Russel, E.R. ve Rys, M., (2003). Environmental impact of Kansas roundabouts, *Annual Conference of the Transportation Association of Canada*, Toronto, Ontario.
13. PTV, A. (2018). *PTV VISSIM 10 user manual*. PTV AG: Karlsruhe, Germany.
14. Rizelioğlu, M., (2015). Bursa HRS hattının metrobüs sistemi olarak modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa. hdl: 11452/1534
15. Transportation Research Board, (1996). National Research Council, “Driveway and Street Intersection Spacing”, *Transportation Research Circular, Number 456*, March. hdl: 11499/28605
16. Yanarocak, K. R., (2007). Marmaray projesinin karayolu ulaşımından kaynaklanan sera gazı emisyonlarına etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Haziran, İstanbul. hdl: 11527/3863
17. Zeydan, Ö., Polat, M., Bayık, G. D., ve Taniş, M. (2017) Sidra Intersection programı ile kavşak iyileştirmesinin taşıt emisyon miktarlarına etkisi: Zonguldak örneği, *VII. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu*, 438-449.