

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**



**FARKLI TRAFİK UYARMALI SİNYALİZE KAVŞAKLARIN
PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI**

Yüksek Lisans Tezi

Tolga YAMAN

Danışman

Doç. Dr. Metin Mutlu AYDIN

SAMSUN
2024

TEZ KABUL VE ONAYI

Tolga YAMAN tarafından, **Doç. Dr. Metin Mutlu AYDIN** danışmanlığında hazırlanan “**FARKLI TRAFİK UYARMALI SİNYALİZE KAVŞAKLARIN PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI**” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 21.2.2024 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan	Doç. Dr. Metin Mutlu AYDIN Ondokuz Mayıs Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Doç.Dr. Erhan Burak PANCAR Ondokuz Mayıs Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Kadir AKGÖL Giresun Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Ahmet TABAK
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet ☐ (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır ☒

05 / 01 / 2024
Tolga YAMAN

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı : FARKLI TRAFİK UYARMALI SİNYALİZE KAVŞAKLARIN PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 05.01.2024 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 5

Tek kaynak oranı : % 1 çıkmıştır.

05 / 01 / 2024
Doç. Dr. Metin Mutlu AYDIN

ÖZET

FARKLI TRAFİK UYARMALI SİNYALİZE KAVŞAKLARIN PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Tolga YAMAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Yüksek Lisans, Ocak/2024

Danışman: Doç. Dr. Metin Mutlu AYDIN

Trafik yönetimi ve kavşak performansı, şehir planlamasının kritik yönlerindendir. Bu çalışma, artan nüfus ve şehirleşme bağlamında trafik akışı ve yol güvenliğinin optimizasyonunu hedeflemekte ve bu alanlardaki iyileştirmelerin şehir yaşamını nasıl dönüştürebileceğini araştırmaktadır. İki önemli trafik kontrol sistemi olan sabit zamanlı ve tam trafik uyarmalı sinyal kontrol sistemlerinin performans analizlerine odaklanmaktadır.

Sabit zamanlı sistemler, trafik ışıklarının sabit sürelerle değiştiği geleneksel yöntemlerdir ve değişen trafik akış yoğunluğuna uyum sağlama konusunda sınırlamalara sahiptir. Tam trafik uyarmalı sistemler ise gerçek zamanlı verilerle trafik ışıklarını optimize eder ve böylece kavşaklarda trafik akışını dinamik bir şekilde düzenler. Bu sistemler, trafik yoğunluğuna bağlı olarak sinyal zamanlamalarını ayarlayarak trafik akışını düzenler ve potansiyel tıkanıklıkları önler. Bu çalışmada, her iki sistemin trafik akışı, ortalama bekleme süreleri, durma sayıları ve ortalama hız gibi kritik parametreleri üzerinden performansları karşılaştırılmıştır. Analizler, bu sistemlerin farklı trafik senaryolarında nasıl performans gösterdiğini detaylandırmakta ve hangi sistemlerin daha etkin olduğunu değerlendirmektedir. Özellikle, tam trafik uyarmalı sistemlerin değişken trafik koşullarına daha iyi uyum sağladığı ve trafik akışını sabit zamanlı sistemlere göre daha verimli yönettiği gözlemlenmiştir. Bu sistemler, trafik yoğunluğu düşük olduğunda bekleme sürelerini azaltmakta, trafik yoğunluğu yüksek olduğunda akışı hızlandırmakta ve dur-kalk hareketlerini azaltarak araçların yakıt tüketimini ve karbon emisyonlarını düşürmektedir.

Bu çalışmada, farklı kavşak türlerinin performans analizleri karşılaştırılmış ve tam trafik uyarmalı sinyal kontrol sistemlerinin hangi kavşak türünde ne kadar etkili olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır. Kavşağın geometrisi, tur süresi ve taşıt hacmi gibi faktörlere bağlı olarak bu sistemlerin performansı değişebilmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma, özellikle yoğun trafik ve karmaşık kavşak yapılarına sahip alanlarda, tam trafik uyarmalı sistemlerin sabit süreli sistemlere göre daha etkili olduğunu göstermektedir. Bu sistemler, trafik akışını iyileştirirken aynı zamanda çevresel etkileri azaltmakta ve sürdürülebilir şehir yaşamına katkıda bulunmaktadır. Performans analizlerinin, şehir içi trafik akışının yönetimi ve yol güvenliğinin artırılmasında kritik bir öneme sahip olduğunu vurgulamaktadır.

Anahtar Sözcükler: Kavşak yönetimi, Performans analizi, Emisyon azaltımı, PTV Vissim, Tam trafik uyarmalı sinyal kontrolü, Trafik simülasyonu

ABSTRACT

COMPARISON OF THE PERFORMANCES OF DIFFERENT TRAFFIC WARNING SIGNALIZED INTERSECTIONS

Tolga YAMAN

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Civil Engineering

Master, January/2024

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Metin Mutlu AYDIN

Traffic management and intersection performance are critical aspects of urban planning. This study aims to optimize traffic flow and road safety in the context of increasing population and urbanization, exploring how improvements in these areas can transform city life. It focuses on the performance analyses of two major traffic control systems: fixed-time and full-traffic-actuated signal control systems.

Fixed-time systems are traditional methods where traffic lights change at set intervals, having limitations in adapting to varying traffic flow intensities. In contrast, full-traffic-actuated systems optimize traffic lights using real-time data, dynamically regulating traffic flow at intersections. These systems adjust signal timings based on traffic density, managing traffic flow and preventing potential congestion. This study compares the performance of both systems through critical parameters such as traffic flow, average waiting times, number of stops, and average speed. The analyses detail how each system performs under different traffic scenarios and evaluate their effectiveness. Notably, full-traffic-actuated systems have been observed to better adapt to variable traffic conditions and manage traffic flow more efficiently than fixed-time systems. They reduce waiting times in low traffic density, accelerate flow in high density, and decrease stop-and-go movements, lowering fuel consumption and carbon emissions.

The study also compares performance analyses of different intersection types, determining the effectiveness of full-traffic-actuated signal control systems for each type. The performance of these systems can vary depending on factors like intersection geometry, cycle time, and traffic volume.

In conclusion, the study demonstrates that full-traffic-actuated systems are more effective than fixed-time systems, especially in areas with heavy traffic and complex intersection structures. These systems enhance traffic flow while reducing environmental impacts and contributing to sustainable urban living. The performance analyses highlight their critical importance in managing urban traffic flow and enhancing road safety.

Keywords: Intersection management, Performance analysis, Emission reduction, PTV Vissim, Full-traffic-actuated signal control, Traffic simulation

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

“Farklı Trafik Uyarmalı Sinyalize Kavşakların Performanslarının Karşılaştırılması” adlı bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu akademik yolculuğumda, başta lisans eğitimimden yüksek lisans çalışmalarına kadar her adımda yanımda olan, bana rehberlik eden, içimdeki potansiyeli keşfetmeme ve onu en iyi şekilde kullanmama yardımcı olan danışmanım, Sayın Doç. Dr. Metin Mutlu AYDIN'a minnet ve şükranlarımı sunarım. Kendisi, sadece akademik bilgilerle değil, hayatın her alanında bana yol gösteren, sürekli olarak daha iyiyi hedeflememi sağlayan, değerli bir mentor ve ilham kaynağı olmuştur. Aynı zamanda, Ulaştırma Anabilim Dalı'na ve akademik dünyaya girişimde bana rehberlik eden, her zaman örnek aldığım, başarıları ve çalışkanlığıyla hayranlık uyandıran hem bir danışman hem de iyi bir arkadaş olan kıymetli meslektaşım Eren Dağlı'ya destekleri için teşekkür ederim.

Bu akademik yolculuğumda, tez çalışmamın en zorlu anlarında bile yanımda olan, bana hem moral hem de pratik destek sağlayan, değerli dostum ve iş arkadaşım Mehmet Eray Balcı'ya en derin şükranlarımı sunarım.

Hem verilerin temini hem de çalışmama olan destekleri için ISSD Bilişim Elektronik A.Ş.'ye ve mobilite ekibine teşekkür ederim.

Tezimin saha çalışmaları sırasında gerekli verilerin teminini sağlayan Bursa Büyükşehir Belediyesi Trafik Şube Müdürlüğüne ve ilgili personele teşekkür ederim.

Tez çalışmasında kullandığım PTV Vissim simülasyon programının kullanımı için akademik lisans sağlayan PTV Group'a teşekkür ederim.

Bu akademik yolculuğumda, bana güç veren, motivasyonumu yükselten ve zor zamanlarımda daima yanımda olan Pelin'e çok teşekkür ederim. Onun varlığı, bu sürecin çok daha anlamlı ve katlanılabilir hale gelmesini sağlamıştır.

Eğitim öğretim hayatım boyunca benden desteklerini esirgemeyen aileme de çok teşekkür ederim.

Tolga YAMAN

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Genel	1
1.2. Kavşaklar	3
1.2.1. Eşdüzey Kavşaklar	3
1.3. Performans Parametreleri	7
1.4. Amaç	9
1.5. Çalışmanın İçeriği	10
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	11
3. YÖNTEM	16
3.1. PTV Vissim	16
3.2. Sabit Zamanlı Çalışan Kavşak Modelleme	17
3.3. Tam Trafik Uyarmalı Çalışan Kavşak Modelleme	24
3.3.1. Tam Trafik Uyarmalı Çalışan Kavşakları PTV Vissim’de Modelleme	25
3.3.2. VisVap	28
3.3.3. Kamera Dedektör ile Visvap Mantiğı	29
3.4. Kalibrasyon Yöntemleri	35
3.4.1. GEH (Geoffrey E. Havers) Yöntemi	35
4. ANALİZLER VE BULGULAR	37
4.1. Çalışma Alanı	37
4.1.1. Kavşak 1 – Eğitim Caddesi	38
4.1.2. Kavşak 2 – Mesken	39
4.1.3. Kavşak 3 – Çalı Alaaddinbey Hasanağa	40
4.1.4. Kavşak 4 – Şehreküstü	41
4.1.5. Kavşak 5 – Çalı Yolu Beşevler Girişi	42
4.1.6. Kavşak 6 - Kestel	43
4.1.7. Kavşak 7 - Altınşehir Mah. Hipodrom	44
4.1.8. Kavşak 8 - Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri	45
4.2. Verilerin Toplanması	46
4.2.1. Sayım Verileri	46
4.2.1. Faz Verilerinin Belirlenmesi	65
4.3. Simülasyon Modelleri ve Sonuçları	78
4.3.1. Kavşak 1 – Eğitim Caddesi	78
4.3.2. Kavşak 2 - Mesken	81
4.3.3. Kavşak 3 - Çalı Alaaddinbey Hasanağa	84
4.3.4. Kavşak 4 - Şehreküstü	86
4.3.5. Kavşak 5 - Çalı Yolu Beşevler Girişi	89
4.3.6. Kavşak 6 - Kestel	91
4.3.7. Kavşak 7 - Altınşehir Mah. Hipodrom	94
4.3.8. Kavşak 8 - Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri	96
4.4. Kavşak Performanslarının Karşılaştırılması	99
5. SONUÇLAR	108
KAYNAKLAR	112
ÖZ GEÇMİŞ	114

SİMGELER VE KISALTMALAR

HCM	: Highway Capacity Manual
KGM	: Karayolları Genel Müdürlüğü
ROI	: Kamera tabanlı dedektörler için ilgi alanı



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Yıllara göre motorlu kara taşıtları sayısı (TÜİK, 2022)	2
Şekil 3.1 PTV Vissim simülasyon parametreleri	18
Şekil 3.2 PTV Vissim temel verilerin eklenmesi veya düzenlenmesi.....	18
Şekil 3.3 PTV Vissim arka plan görüntü ekleme.....	19
Şekil 3.4 PTV Vissim yol ve bağlantı çizimi	19
Şekil 3.5 PTV Vissim taşıt kompozisyonlarının eklenmesi.....	20
Şekil 3.6 PTV Vissim taşıt hacimlerinin girilmesi.....	20
Şekil 3.7 PTV Vissim rotaların eklenmesi.....	21
Şekil 3.8 PTV Vissim azaltılmış hız alanları	21
Şekil 3.9 PTV Vissim çakışma alanlarının tanımlanması.....	22
Şekil 3.10 PTV Vissim sinyal planının oluşturulması	22
Şekil 3.11 PTV Vissim parklanma eklenmesi	23
Şekil 3.12 PTV Vissim toplu taşıma güzergahlarının eklenmesi.....	23
Şekil 3.13 PTV Vissim modelin görselleştirilmesi	24
Şekil 3.14 Dedektörlerin modele eklenmesi için açılan pencere ve seçilen değerler.....	25
Şekil 3.15 Dedektörleri eklenen örnek bir kavşak modeli	26
Şekil 3.16 PUA dosyası oluşturma adımları -1.....	26
Şekil 3.17 PUA dosyası oluşturma adımları -2.....	27
Şekil 3.18 Sinyal planını VAP sinyal türüne çevirme.....	27
Şekil 3.19 VAP ve PUA dosyalarının plana eklenmesi	28
Şekil 3.20 Kamera tabanlı dedektör modelleme için kullanılan parametreler	31
Şekil 3.21 VisVap algoritmasını oluşturmak için kullanılan fonksiyonlar	32
Şekil 3.22 Standart dört yönlü kavşakta kamera tabanlı dedektörler için örnek bir VisVAP algoritması	33
Şekil 3.23 Akış şeması kontrol komutu	33
Şekil 3.24 VAP dosyası oluşturma komutu	34
Şekil 3.25 Farklı yönlerdeki doluluk oranı değerleri	34
Şekil 4.1 Çalışma alanı	37
Şekil 4.2. Eğitim Caddesi Kavşağı uydu görüntüsü.....	39
Şekil 4.3. Mesken Kavşağı uydu görüntüsü.....	40
Şekil 4.4. Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı uydu görüntüsü.....	41
Şekil 4.5. Şehreküstü Kavşağı uydu görüntüsü.....	42
Şekil 4.6. Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı uydu görüntüsü.....	43
Şekil 4.7. Kestel Kavşağı uydu görüntüsü	44
Şekil 4.8. Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı uydu görüntüsü.....	45
Şekil 4.9. Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı uydu görüntüsü.....	46

Şekil 4.10. Eğitim Caddesi Kavşağı'na ait yaklaşım kolları.....	47
Şekil 4.11. Eğitim Caddesi Kavşağı'na ait kamera görüntüsü.....	48
Şekil 4.12. Mesken Kavşağı'na ait yaklaşım kolları.....	50
Şekil 4.13. Mesken Kavşağı'na ait kamera görüntüsü.....	50
Şekil 4.14. Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı'na ait yaklaşım kolları.....	52
Şekil 4.15. Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı'na ait kamera görüntüsü.....	52
Şekil 4.16. Şhreküstü Kavşağı'na ait yaklaşım kolları.....	54
Şekil 4.17. Şhreküstü Kavşağı'na ait kamera görüntüsü.....	54
Şekil 4.18. Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı'na ait yaklaşım kolları.....	56
Şekil 4.19. Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı'na ait kamera görüntüsü.....	56
Şekil 4.20. Kestel Kavşağı'na ait yaklaşım kolları	58
Şekil 4.21. Kestel Kavşağı'na ait kamera görüntüsü -1	58
Şekil 4.22. Kestel Kavşağı'na ait kamera görüntüsü -2	59
Şekil 4.23. Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'na ait yaklaşım kolları.....	61
Şekil 4.24. Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'na ait kamera görüntüsü -1.....	61
Şekil 4.25. Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'na ait kamera görüntüsü -2.....	62
Şekil 4.26. Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı'na ait yaklaşım kolları	63
Şekil 4.27. Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı'na ait kamera görüntüsü	64
Şekil 4.28. Eğitim Caddesi Kavşağı'na ait sinyal grubu krokisi	65
Şekil 4.29. Eğitim Caddesi Kavşağı'na ait akşam zirve saat sinyal programı.....	65
Şekil 4.30. Eğitim Caddesi Kavşağı'na ait faz düzeni.....	66
Şekil 4.31. Mesken Kavşağı'na ait sinyal grubu krokisi	66
Şekil 4.32. Mesken Kavşağı'na ait akşam zirve saat sinyal programı.....	67
Şekil 4.33. Mesken Kavşağı'na ait faz düzeni.....	68
Şekil 4.34. Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı'na ait sinyal grubu krokisi	68
Şekil 4.35. Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı'na ait akşam zirve saat sinyal programı....	69
Şekil 4.36. Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı'na ait faz düzeni.....	69
Şekil 4.37. Şhreküstü Kavşağı'na ait sinyal grubu krokisi	70
Şekil 4.38. Şhreküstü Kavşağı'na ait akşam zirve saat sinyal programı.....	70
Şekil 4.39. Şhreküstü Kavşağı'na ait faz düzeni.....	71
Şekil 4.40. Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı'na ait sinyal grubu krokisi	71
Şekil 4.41. Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı'na ait sabah zirve saat sinyal programı.....	72
Şekil 4.42. Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı'na ait faz düzeni.....	72
Şekil 4.43. Kestel Kavşağı'na ait sinyal grubu krokisi.....	73
Şekil 4.44. Kestel Kavşağı'na ait sabah zirve saat sinyal programı	73
Şekil 4.45. Kestel Kavşağı'na ait faz düzeni	74
Şekil 4.46. Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'na ait sinyal grubu krokisi	75

Şekil 4.47. Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'na ait akşam zirve saat sinyal programı.....	75
Şekil 4.48. Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'na ait faz düzeni.....	76
Şekil 4.49. Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı'na ait sinyal grubu krokisi.....	77
Şekil 4.50. Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı'na ait sabah zirve saat sinyal programı.....	77
Şekil 4.51. Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı'na ait faz düzeni.....	78
Şekil 4.52. Eğitim Caddesi Kavşağı'na ait PTV Vissim ekran görüntüsü.....	79
Şekil 4.53. Eğitim Caddesi Kavşağı'na ait PTV VisVap akış şeması.....	80
Şekil 4.54 Eğitim Caddesi Kavşağı'na ait yön bazlı ortalama kuyruk boyları	81
Şekil 4.55. Mesken Kavşağı'na ait PTV Vissim ekran görüntüsü.....	82
Şekil 4.56. Mesken Kavşağı'na ait PTV VisVap akış şeması.....	82
Şekil 4.57 Mesken Kavşağı'na ait yön bazlı ortalama kuyruk boyları	83
Şekil 4.58. Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı'na ait PTV Vissim ekran görüntüsü	84
Şekil 4.59. Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı'na ait PTV VisVap akış şeması.....	85
Şekil 4.60 Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı'na ait yön bazlı ortalama kuyruk boyları ..	86
Şekil 4.61. Şehreküstü Kavşağı'na ait PTV Vissim ekran görüntüsü.....	87
Şekil 4.62. Şehreküstü Kavşağı'na ait PTV VisVap akış şeması	87
Şekil 4.63 Şehreküstü Kavşağı'na ait yön bazlı ortalama kuyruk boyları	88
Şekil 4.64. Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı'na ait PTV Vissim ekran görüntüsü.....	89
Şekil 4.65. Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı'na ait PTV Visvap akış şeması	90
Şekil 4.66 Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı'na ait yön bazlı ortalama kuyruk boyları	91
Şekil 4.67. Kestel Kavşağı'na ait PTV Vissim ekran görüntüsü	92
Şekil 4.68. Kestel Kavşağı'na ait PTV Visvap akış şeması.....	92
Şekil 4.69 Kestel Kavşağı'na ait yön bazlı ortalama kuyruk boyları.....	93
Şekil 4.70. Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'na ait PTV Vissim ekran görüntüsü.....	94
Şekil 4.71. Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'na ait PTV VisVap akış şeması.....	95
Şekil 4.72 Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'na ait yön bazlı ortalama kuyruk boyları	96
Şekil 4.73. Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı'na ait PTV Vissim ekran görüntüsü	97
Şekil 4.74. Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı'na ait PTV VisVap akış şeması	97
Şekil 4.75 Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı'na ait yön bazlı ortalama kuyruk boyları	98
Şekil 4.76 Taşıt başına düşen gecikme süreleri analiz sonuçlarının karşılaştırılması.....	100
Şekil 4.77 Taşıt başına düşen gecikme süresinin karşılaştırılması (%).....	101
Şekil 4.78 Taşıt başına durma sayısı analiz sonuçlarının karşılaştırılması	102
Şekil 4.79 Taşıt başına durma sayısının karşılaştırılması (%)	102
Şekil 4.80 Yakıt tüketimi analiz sonuçlarının karşılaştırılması	103

Şekil 4.81 CO Salımı analiz sonuçlarının karşılaştırılması.....	104
Şekil 4.82 NO _x Salımı analiz sonuçlarının karşılaştırılması	104
Şekil 4.83 VOC Salımı analiz sonuçlarının karşılaştırılması.....	105
Şekil 4.84 Yakıt tüketimi, CO, NO _x ve VOC salımı karşılaştırılması (%).	105
Şekil 4.85 Tüm yönlerin toplam kuyruk boyu analiz sonuçlarının karşılaştırılması	106
Şekil 4.86 Tüm yönlerin toplam kuyruk boyu karşılaştırılması (%).....	107



TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1 Gecikme sürelerine göre hizmet düzeyleri (LOS) (HCM 2010)	7
Tablo 4.1. Seçilen kavşaklar ve kavşak türleri.....	38
Tablo 4.2 Eğitim Caddesi Kavşağı zirve saat trafik sayım değerleri.....	47
Tablo 4.3. Eğitim Caddesi Kavşağı'na ait kol bazlı akşam zirve saat trafik sayım hacimleri (tş/sa)	48
Tablo 4.4 Mesken Kavşağı zirve saat trafik sayım değerleri	49
Tablo 4.5. Mesken Kavşağı'na ait kol bazlı akşam zirve saat trafik sayım hacimleri (tş/sa) ..	51
Tablo 4.6 Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı zirve saat trafik sayım değerleri	51
Tablo 4.7. Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı'na ait kol bazlı akşam zirve saat trafik sayım hacimleri (tş/sa).....	53
Tablo 4.8 Şhreküstü Kavşağı zirve saat trafik sayım değerleri	53
Tablo 4.9. Şhreküstü Kavşağı'na ait kol bazlı akşam zirve saat trafik sayım hacimleri (tş/sa)	55
Tablo 4.10 Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı zirve saat trafik sayım değerleri	55
Tablo 4.11. Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı'na ait kol bazlı sabah zirve saat trafik sayım hacimleri (tş/sa)	57
Tablo 4.12 Kestel Kavşağı zirve saat trafik sayım değerleri	57
Tablo 4.13. Kestel Kavşağı'na ait kol bazlı sabah zirve saat trafik sayım hacimleri (tş/sa)..	59
Tablo 4.14 Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı zirve saat trafik sayım değerleri	60
Tablo 4.15. Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'na ait kol bazlı akşam zirve saat trafik sayım hacimleri (tş/sa).....	62
Tablo 4.16 Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı zirve saat trafik sayım değerleri	63
Tablo 4.17. Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı'na ait kol bazlı sabah zirve saat trafik sayım hacimleri (tş/sa).....	64
Tablo 4.18. Eğitim Caddesi Kavşağı'na ait faz verileri	66
Tablo 4.19. Mesken Kavşağı'na ait faz verileri	67
Tablo 4.20. Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı'na ait faz verileri	69
Tablo 4.21. Şhreküstü Kavşağı'na ait faz verileri	70
Tablo 4.22. Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı'na ait faz verileri	72
Tablo 4.23. Kestel Kavşağı'na ait faz verileri	74
Tablo 4.24. Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'na ait faz verileri	76
Tablo 4.25. Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı'na ait faz verileri	78
Tablo 4.26 Analizlerin karşılaştırılmasında kullanılan performans parametreleri	78
Tablo 4.27. Eğitim Caddesi Kavşağı'na ait sabit süreli ve tam trafik uyarmalı analiz sonuçları	80
Tablo 4.28. Mesken Kavşağı'na ait sabit süreli ve tam trafik uyarmalı analiz sonuçları	83
Tablo 4.29. Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı'na ait sabit süreli ve tam trafik uyarmalı analiz sonuçları.....	85

Tablo 4.30. Şehreküstü Kavşağı'na ait sabit süreli ve tam trafik uyarmalı analiz sonuçları .	88
Tablo 4.31. Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı'na ait sabit süreli ve tam trafik uyarmalı analiz sonuçları	90
Tablo 4.32. Kestel Kavşağı'na ait sabit süreli ve tam trafik uyarmalı analiz sonuçları.....	93
Tablo 4.33. Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'na ait sabit süreli ve tam trafik uyarmalı analiz sonuçları.....	95
Tablo 4.34. Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı'na ait sabit süreli ve tam trafik uyarmalı analiz sonuçları	98
Tablo 4.35. Seçilen kavşaklar ve kavşak türleri.....	99



1. GİRİŞ

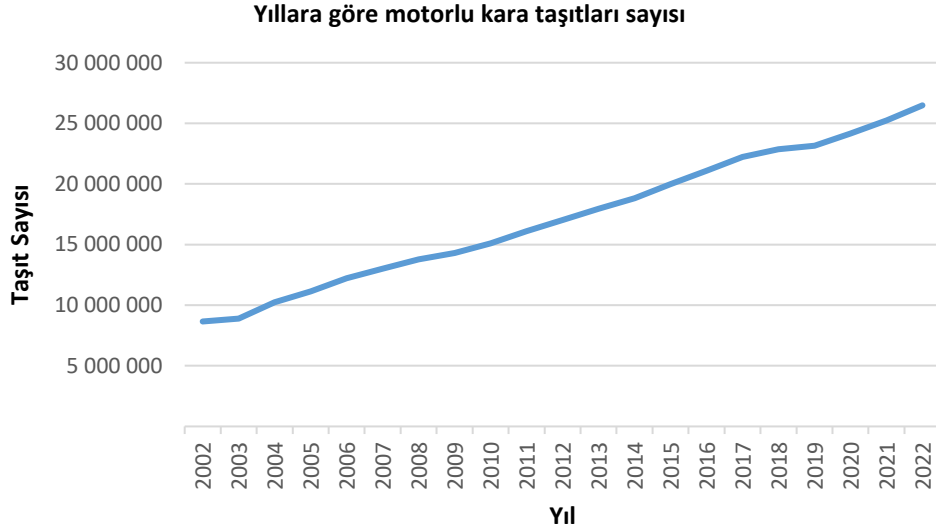
1.1. Genel

Ulaşım, insanlar, hayvanlar ve eşyaların belirli bir amaç doğrultusunda bir yerden başka bir yere taşınması süreci olarak tanımlanır. Nüfus artışı ve şehirleşmenin getirdiği taleplerle birlikte, ulaşımın şekli ve kapsamı da değişim göstermiştir. Karayolu, denizyolu, havayolu ve demiryolu gibi çeşitli ulaşım yolları, insanların ve malların seyahat etmesi için kullanılmaktadır. Her biri kendi avantaj ve dezavantajlarına sahip olan bu ulaşım türleri, toplumların ekonomik ve sosyal gelişiminde merkezi bir yere sahiptir.

Trafik ise, bu ulaşım yollarının kullanımı sırasında ortaya çıkan hareket ve etkileşimlerin bütünüdür. Basit bir tanım olarak, taşıtların ve yayaların yollar üzerindeki hareketi olarak görülebilir. Ancak, şehirleşme ve nüfus artışıyla birlikte trafik, çok daha karmaşık bir yapıya bürünmüştür. Plansız şehirleşme ve yetersiz yol ağları, trafik sorunlarının başlıca sebepleri arasında yer alır. Trafik, sadece günlük yaşamın bir parçası olmanın ötesinde, aynı zamanda çevresel etkileri ve enerji kaynaklarının kullanımı açısından da önemli bir konudur. Günlük hayatta ulaşım ihtiyacının güvenli ve konforlu bir şekilde karşılanmasının yanı sıra, çevreye ve kaynaklara olan etkisi nedeniyle de dikkatle ele alınmalıdır. Bu bağlamda, trafik yönetimi ve planlaması, sürdürülebilir bir gelecek için önemli bir konu haline gelmiştir.

Dünya genelinde sürekli artan nüfus ve buna bağlı olarak motorlu ve motorsuz taşıt sayısındaki artış, trafik kazaları, çevresel zararlar ve gürültü kirliliği gibi bir dizi problemi de beraberinde getirmiştir. Bu artış, özellikle şehir içi yollarda trafik sıkışıklıklarına yol açmakta ve bu sorunları çözmek için farklı yöntemler araştırılmaktadır. Ulaşım bilimindeki bu çalışmalar, trafik kazalarını azaltmak ve daha güvenli ulaşım sağlamak amacıyla kesişim noktaları ve trafik yönetimi teknikleri üzerine yoğunlaşmaktadır. TÜİK tarafından yayınlanan motorlu kara taşıtları sayısının yıllara göre dağılımını gösteren istatistiki veri, bu trendin somut bir göstergesi olarak Şekil 1.1'de görselleştirilmiştir. Son 20 yıl içerisinde trafik talebinin sürekli olarak arttığı ve 2022 yılı itibarıyla toplam motorlu taşıt sayısının 26,482,847 olduğu görülmektedir. Bu veriler, taşıt sayısındaki artışın ve buna bağlı olarak artan ulaşım talebinin boyutlarını somut bir şekilde ortaya koymakta, bu durumun trafik yönetimi

ve planlamaları üzerindeki etkilerini anlamamızı sağlamaktadır. Bu nedenle, gelecekteki ulaşım stratejilerinin ve altyapı yatırımlarının bu veriler doğrultusunda şekillendirilmesi büyük önem arz etmektedir.



Şekil 1.1 Yıllara göre motorlu kara taşıtları sayısı (TÜİK, 2022)

Kavşaklar, trafik akışındaki çakışmaların ve karmaşanın yoğun olarak yaşandığı noktalar olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenle, trafik yönetimi çalışmaları sıklıkla bu kritik noktaları merkeze alarak çözüm önerileri sunmaktadır. Kavşaklarda trafik akışının düzenlenmesi, doğru kavşak tipinin seçimi ve etkili sinyal süre düzenlemeleri, artan taşıt sayısı ve ulaşım talebine bağlı olarak trafik akışının iyileştirilmesi için hayati öneme sahiptir. TÜİK verilerindeki taşıt sayısındaki artış, kavşak yönetiminin ve trafik düzenlemelerinin etkinliğini daha da önemli kılmaktadır. Bu bağlamda, trafik hacmi yüksek yollar ve arazi koşulları göz önünde bulundurularak farklı kavşak türleri tercih edilmektedir.

Artan taşıt sayısı ve trafik yoğunluğu, akıllı ulaşım sistemleri ve trafik yönetimi alanlarında yenilikçi çözümlerin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Karayolları, şehir içi ve şehirlerarası yolculuklarda temel ulaşım ağını oluştururken, bu ağın kapasitesini artırmak ve trafik akışını düzenlemek için teknolojik çözümler geliştirilmektedir. Bu çözümler, kavşak analizleri, trafik simülasyonları ve sinyalizasyon sistemlerinin iyileştirilmesi gibi alanlarda yoğunlaşmaktadır. Bu tür yenilikçi yaklaşımlar hem trafik akışını iyileştirmekte hem de güvenlik ve verimlilik açısından önemli katkılar sunmaktadır.

1.2. Kavşaklar

Kavşaklar, iki ya da daha fazla yolun bir araya gelmesi, birbirine bağlanması veya ayrılması sonucu oluşan, ortak kullanım alanlarıdır. Bu yapısal kesişim noktalarında, kavşaklara giren ve çıkan yolların geometrik yapısının evrilmeye başladığı yerler birleştirilerek kavşak alanını oluşturur. Üç ya da dört yollu tasarımları yaygın olan kavşakların, dörtten fazla yol içermesi genellikle tercih edilmez, zira bu durum trafik düzenini karmaşıktırabilir (KGM, 2022).

Kavşakları birçok özellikleri bakımından farklı sınıflara ayırmak mümkündür. Kavşaklar yaklaşım kollarının kesiştikleri düzlemlerin durumlarına göre iki ana grupta sınıflandırılmaktadırlar: (Çakıcı, 2014)

1. Eşdüzey kavşaklar (Hemzemin kavşaklar)
2. Farklı düzeyli kavşaklar

1.2.1. Eşdüzey Kavşaklar

Eşdüzey kavşak, aynı seviyede bulunan ve birbirini kesen iki veya daha fazla yolun birleşmesiyle oluşur. Bu tip kavşaklar, farklı yönlerden gelen araç ve yaya trafiğinin bir arada kullanımına olanak tanır. Eşdüzey kavşakların tasarım aşamasında, kollarındaki trafik yoğunluğu, çevresel şartlar ve hem yaya hem de taşıt trafiği için güvenlik unsurları göz önünde bulundurulmalıdır (KGM, 2005).

Eş düzey kavşaklar, trafik kazaları, tıkanıklıklar ve aşırı taşıt gecikmeleri gibi sorunların farklı düzeyli kavşaklara kıyasla daha yaygın olduğu kavşak türleridir. Bu sebeple, eş düzey kavşaklar üzerine çok sayıda araştırma yapılmış ve bu çalışmalar günümüzde de devam etmektedir. Maliyet ve uygulanabilirlik açısından, eş düzey kavşaklar katlı kavşaklara göre daha fazla tercih edilir. Ancak, kazalar ve trafik sıkışıklıkları gibi olumsuzluklar, eş düzey kavşaklarda daha sık görülmektedir. Eş düzey kavşaklar, kol sayısı ve denetim şekline göre farklı alt gruplara ayrılmaktadır. Bu çeşitlilik, eş düzey kavşakların tasarımını ve işlevselliğini belirlemede önemli bir rol oynar (Çakıcı, 2014; Yılmaz, 2022).

1.2.1.1. Kol Sayısına Göre Kavşak Tipleri

Eşdüzey kavşaklar kol sayılarına göre üçe ayrılır:

- Üç Kollu Kavşaklar (Y veya T tipi kavşaklar)

- Dört Kollu Kavşaklar
- Çok Kollu Kavşaklar

Üç kollu T tipi kavşaklar, hem az trafikli 2x1 şeritli kırsal yollarda hem de yoğun trafikli şehir geçişlerindeki bölünmüş yollar için uygundur. Özellikle yoğun trafik akışına sahip ana ve yan yolların kesiştiği noktalarda, trafiğin düzenli akışını sağlamak ve gerekli dönüş yarıçaplarını temin etmek için bu tip kavşaklar kanalize edilerek tasarlanır (KGM, 2022).

Üç kollu Y tipi kavşaklar, ana yolla tali yolun dar açıyla buluştuğu ve tali yolun dik olarak ana yola entegrasyonunun imar, kamulaştırma gibi sebeplerle zor olduğu senaryolarda planlanır. Tali yolun anayol ile kesişme açısının 75° ile 105° arasında olması tercih edilir. Ana yoldan sol dönüş gerçekleştirecek araçlar ve karşı yönden doğrudan ilerleyen araçların çakıştığı noktada, artan trafik yoğunluğu göz önüne alınarak trafik ışıkları kullanımı tavsiye edilir. Bunun yanı sıra, kavşak kollarında U dönüşü yapılabilmesi için, dönüş gerçekleştirecek araçların minimum dönüş yarıçapını karşılayacak şekilde merkezi refüjün uygun ölçülerde tasarlanması gerekmektedir (KGM, 2022).

Dört kollu eş düzey kavşaklarda, anayol - tali yol kesişme açısının 75° ile 105° arasında olması arzu edilir. Dar açılı birleşmelerde, tali yolların hizalanması için düzenlemeler yapılmalıdır. Bu tür kavşaklarda, ana yoldaki sürekli trafik akışını sürdürmek için hız ayarlama şeritleri tasarlanır. Bu şeritlerin paralel bölümlerinin asgari 45 m olması önerilmektedir. Anayola katılmalarda hızlanma şeritleri yeterli mesafede (min. 50 m) kama şeklinde tasarlanabilir. Kavşak köşelerindeki yarıçaplar büyük taşıtların dönüşlerini sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır (KGM, 2022).

Çok kollu eşdüzey kavşaklar, dörtten fazla yola sahip kavşak türleridir. Kavşakların dörtten fazla kolla tasarlanması genellikle tercih edilmez. Ancak, tasarımın kaçınılmaz olduğu durumlarda, trafik akışının düşük olduğu ve 'DUR' işaretlerinin etkili kullanılabileceği yerler öncelikli olarak seçilmelidir (KGM, 2005).

1.2.1.2. Denetim Şekline Göre Kavşak Tipleri

Eşdüzey kavşaklar denetim şekline göre üçe ayrılır:

- Sinyalize kavşaklar
- Sinyalize olmayan kavşaklar (Dur kontrollü kavşaklar)

- Dönel kavşaklar

Sinyalize (denetimli) eşdüzey kavşaklar, araç hareketlerinin trafik ışıkları veya polis düzenlemesiyle yönetildiği kavşak türleridir. Denetimsiz, sinyalize olmayan kavşaklara göre bu tür kavşakların hem güvenlik hem de trafik kapasitesi daha yüksektir (Çetinkaya, 2008). Ancak, trafik yoğunluğunun az olduğu yerlerde tercih edilmesi durumunda, sık dur-kalk hareketlerinden dolayı rahatlık azalması, trafikte gecikmeler ve çevresel kirlilik artışı gibi sorunlar ortaya çıkabilir (Yayla, 2014).

Sinyalize olmayan (kontROLSÜZ) eşdüzey kavşaklar, araçların sürekli akışını sağlamak için trafik ışıkları olmadan, ışısız trafik işaretleriyle yönetilen kavşaklardır. Bu kavşaklarda, yoğun trafik akışına sahip ve geometrik olarak standartları yüksek olan yollar, ana yol olarak kabul edilir. Ana yoldaki araçlar, kavşak bölgesinde diğer yollardaki araçlara göre öncelikli geçiş hakkına sahiptir. Tali yol pozisyonundaki yollarda, “DUR” veya “YOL VER” gibi işaretler yerleştirilerek trafik güvenliği sağlanmaya çalışılır (Yayla, 2014).

Dönel kavşaklar: Dönel kavşaklar, trafik akımının dairesel yörüngede hareket etmesini ve taşıtların istenilen doğrultulara yönlendirilmesini sağlayan kavşak çeşididir. Bu kavşak türünde eş zamanlı olarak bütün yol ağlarından kavşak içerisine taşıt girebilir ve kavşak içerisinden de bu yol ağlarına ayrılmalar olabilir (Yayla, 2014).

Sinyalize dönel kavşaklar; kavşak yaklaşım kolları ve merkez ada etrafında belirli noktalarda sinyalizasyon sisteminin bulunduğu, kavşak bölgesi ve merkez ada içerisinde trafik akımının sinyalizasyon sistemleriyle yönlendirildiği eşdüzey kavşak çeşididir. Sinyalize (denetimli) ve dönel (yuvarlak ada) kavşakların kombinasyonu sonucu oluşmuşlardır. Sinyalize dönel kavşaklar trafik kültürünün tam anlamıyla oluşmadığı ülkelerde, kavşağın trafik kurallarına uygun olarak kullanılmaması sebebiyle kavşak kapasitesinin düştüğü bölgelerde daha çok tercih edilir. Ülkemizde bulunan karayolu ağlarında sayısı gitgide artan sinyalize dönel kavşakların tasarım amacı; kavşak içerisindeki taşıt trafiği ile kavşağa giriş yapacak olan taşıt trafiğinin kesişmelerini engelleyerek oluşabilecek kaza ihtimalini en az seviyeye indirmektir (Çakıcı ve Murat, 2016; Akın 2020).

Sinyalizasyon sistemleri izole sistemler ve koordineli sistemler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır.

Sinyalizasyon alanında izole sistemler, diğer kavşaklardaki sinyalizasyon

sistemlerinden bağımsız olarak çalışan ve bu sistemlerden etkilenmeyen, kendine özgü sistemlerdir. Bu tür izole sinyalizasyon sistemleri, dört farklı kategoride değerlendirilmektedir (Murat, 2001).

- Sabit zamanlı sinyalizasyon sistemi
- Trafik uyarmalı sinyalizasyon sistemi
- Yaya uyarmalı sinyalizasyon sistemi
- El ile kumandalı sinyalizasyon sistemi

Sabit zamanlı sinyalizasyon sistemi: Sinyalizasyon programının içerisinde oluşturulan faz düzeninin, döngü süresinin ve yeşil sürelerin sabit olarak çalıştığı sistemlerdir. Trafik yoğunluğu sabah, gün içi ve akşam saatlerinde değişkenlik göstermektedir. Programda gün içerisindeki zaman dilimlerine farklı planlar ve yeşil süreler girilebilir ve belirlenen saatlerde sabit olarak çalıştırılır.

Trafik uyarmalı sinyalizasyon sistemi: Kavşak kollarındaki dedektörlerden gelecek talebe göre faz düzeninin, döngü süresinin ve yeşil sürelerinin değişkenlik gösterdiği sistemlerdir. Bu sistemler yarı trafik uyarmalı sistem ve tam trafik uyarmalı sistem olarak iki gruba ayrılır.

- **Yarı trafik uyarmalı sinyalizasyon sistemi:** Trafik yoğun olmadığı tali kollara dedektör koyularak taşıt talebi geldiğinde tali yönlerin açılmasını ve taşıt gelmediğinde ana yönlerdeki akımı kesmeyecek şekilde kavşakların çalışmasını sağlar.
- **Tam trafik uyarmalı sinyalizasyon sistemi:** Kavşağın tüm kollarında dedektörler bulunur ve kollardaki trafik hacmine göre kavşağın dinamik yönetilmesini sağlar.

Yaya uyarmalı sinyalizasyon sistemi: Kavşaklarda bulunan yaya dedektörleri vasıtasıyla kavşakta yaya talebi olduğunda, taşıtlar için yanan yeşil ışık süresi kırmızıya döner ve yayaların geçmesi sağlanır. Yaya talebi olmadığı zamanda taşıtların dur kalk hareketinin önüne geçilmiş ve gecikmelerin azaltılması sağlanmış olmaktadır. Diğer sinyalizasyon sistemleri ile de entegre çalışabilir.

El ile Kumandalı sinyalizasyon sistemi: Aynı zamanda manüel işletme olarak bilinen, trafik ve yaya uyarı sistemlerine benzer bir çalışma prensibine sahip sistemdir. Bu sistem, genellikle sabit zamanlı sinyalizasyonun tercih edildiği, ancak trafik

akışlarının değişken olduğu kavşaklarda kullanılır. Bu kavşaklardaki ışıklı sinyal grupları, dışarıdan yapılan gözlemlere ve değerlendirmelere dayalı olarak bir kontrol merkezi aracılığıyla yönetilir (Yılmaz, 2022).

1.3. Performans Parametreleri

Bu bölümde analizlerde kullanılan performans parametrelerinin tanımlarından bahsedilmiştir.

Hizmet seviyesi: Bir trafik akımının sürücülere sunduğu işletim koşullarını, hız, gecikme, konfor, seyahat süresi ve güvenlik gibi parametreler açısından değerlendirir. Highway Capacity Manual (HCM) 2010'a göre, bu hizmet düzeyi A'dan F'ye kadar kademeli olarak değişir, burada 'A' en üstün trafik akış koşullarını temsil ederken, 'F' en düşük, yani en kötü trafik akış koşullarını ifade eder (Tablo 1.1).

Tablo 1.1 Gecikme sürelerine göre hizmet düzeyleri (LOS) (HCM 2010)

Hizmet Düzeyi	Gecikme (sn/bo)
A	<10
B	>10-20
C	>20-35
D	>35-55
E	>55-80
F	>80

Taşıt başına düşen gecikme süresi: Belirli bir kavşak noktasında veya yol kesiminde, her bir aracın ortalama olarak karşılaştığı toplam gecikme süresini ifade eder. Bu süre, genellikle saniye cinsinden ölçülür ve araçların kavşakta geçirdiği beklemler, yavaşlamalar ve durma süreleri dahil olmak üzere her türlü gecikmeyi kapsar. Taşıt başına düşen gecikme süresi, bir kavşağın trafik akışındaki verimliliğini ve akıcılığını değerlendirmede temel bir parametredir.

Taşıt başına durma sayısı: Kavşaklarda ve trafik akışının incelendiği diğer yol kesimlerinde, her bir taşıtın belirli bir süre içinde veya geçiş noktasında ortalama kaç defa duraklama yaptığını ölçen bir parametredir. Bu duraklamalar, taşıtların trafik ışıkları, yoğunluk veya diğer trafik kontrol mekanizmaları nedeniyle hızlarını tamamen kesmeleri anlamına gelir. Bu parametre, genellikle birim araç başına düşen duraklama sayısını ifade eder ve kavşaklardaki trafik akışının durumunu belirlemek için kullanılır. Bir kavşakta yüksek taşıt başına durma sayıları, trafik akışının sıklıkla kesintiye uğradığının ve muhtemelen trafik sıkışıklığının bir göstergesi olabilir. Bu durum, trafik sinyalizasyonunun etkinliğinin ve kavşak tasarımının yeterliliğinin

sorgulanmasına yol açar. Ayrıca, sık durmalar araçların yakıt tüketimini artırabilir, emisyon miktarını yükseltebilir ve genel olarak sürücü ve yolcular için seyahat sürelerini uzatabilir.

Ortalama Hız: Belirli bir yolda veya kavşak alanında seyreden araçların ortalama seyahat hızını ifade eder. Genellikle kilometre/saat (km/s) cinsinden ölçülür ve bu hız, belli bir zaman aralığında veya belirli bir mesafe boyunca ölçülen tüm araçların hızlarının ortalaması alınarak hesaplanır. Ortalama hızın analizi, bir kavşağın veya yol ağının ne kadar etkili çalıştığını anlamak için kullanılır. Yüksek ortalama hızlar genellikle iyi trafik akışını ve düşük seviyede trafik yoğunluğunu gösterirken, düşük ortalama hızlar trafik sıkışıklığını ve kavşakta olası sorunları işaret edebilir. Bu parametre, trafik yoğunluğunun, araç türlerinin, yol koşullarının ve trafik kontrol mekanizmalarının etkilerini anlamak için de kullanılır.

Yakıt tüketimi: Taşıtların seyahatleri esnasında harcadıkları yakıt miktarına denir. Karayolu yapım maliyetlerine direkt etkisi olmamakla birlikte, işletme maliyetleri bakımından önemli bir etkidir. Hem karayolu ve kavşak tasarımcılarının hem de kullanıcılarının dikkate aldığı önemli parametrelerden birisidir (Ulusoy, 2022).

Emisyon salımı: Emisyon, motorlu taşıtlardan kaynaklanan ve yakıt yanması, buharlaşma, ayrışma gibi süreçlerle ortaya çıkan kimyasal maddeler olarak tanımlanır. Hava kirliliğinin başlıca nedenlerinden biri motorlu araçlardır. Taşıt emisyonları, karbon monoksit (CO), karbondioksit (CO₂), nitrojen oksitler (NOX), partikül maddeler (PM), hidrokarbonlar (HC) ve uçucu organik bileşikler (VOC) gibi, hava kalitesini uzun vadede etkileyen çeşitli kirleticileri içerir. Kavşaklardaki dur-kalk hareketlerinin artması, bu alanlarda emisyon salımını artırıcı bir etken olarak görülmektedir (Taşdemir, 2023).

Kuyruk uzunluğu: Ulaşımında, özellikle kavşaklarda trafik akışının değerlendirilmesinde kullanılan temel bir ölçüttür. Bu parametre, belirlenen bir zaman aralığında, kavşakta veya herhangi bir yol kesiminde trafik yoğunluğu nedeniyle oluşan araç sıralamasının toplam uzunluğunu gösterir. Bu uzunluk genellikle metre cinsinden ifade edilir ve kavşağın trafik taşıma kapasitesi ile doğrudan ilişkilidir. Uzun kuyruklar, genellikle kavşakların yeterli kapasiteye sahip olmadığını veya trafik akışının düzensiz olduğunu işaret eder. Bu durum, sürücüler için gecikmelere ve trafik sıkışıklığına neden olabilir. Bu parametre kullanılarak mevcut trafik durumu analiz

edilebilir, gelecek trafik talepleri tahmin edilebilir ve kavşak tasarımında veya trafik kontrol stratejilerinde gerekli düzenlemeler yapılabilir. Bu sayede, trafik akışını optimize etmek, güvenliği artırmak ve ulaşım verimliliğini iyileştirmek mümkün olur. Kavşak performans analizlerinde kuyruk uzunluğu parametresinin doğru bir şekilde ölçülmesi ve analiz edilmesi, trafik akışını düzenlemede ve kentsel ulaşım planlamasında hayati bir role sahiptir. Bu parametre, trafik yoğunluğunun yönetilmesi ve kavşakların verimliliğinin artırılmasında etkin bir araç olarak kullanılır.

1.4. Amaç

Kavşaklar, farklı yönlerden gelen trafik akışlarının birleştiği veya ayrıldığı, ulaşım sistemlerinin en kritik noktalarından biridir. Bu noktalar, trafik akışının düzenlenmesi ve trafik güvenliğinin sağlanması açısından büyük önem taşır. Artan nüfus ve şehirleşme ile birlikte, kavşaklardaki trafik talebi de sürekli olarak artmaktadır. Bu artış, kavşaklarda gecikme, kuyruklanma ve trafik sıkışıklığı gibi sorunlara yol açmakta ve bu sorunların çözümü günümüz şehir planlaması ve trafik mühendisliği için önemli bir konu haline gelmektedir. Bu tez çalışması, sabit süreli çalışan kavşaklar ile tam trafik uyarmalı kavşakların performanslarını karşılaştırmakta ve bu iki farklı trafik uyarmalı kavşak çalışma yönteminin trafik akışına etkilerini detaylı bir şekilde incelemektedir. Kavşak tipleri arasında 4 kollu sinyalize, 3 kollu dönel adalı sinyalize ve 4 kollu dönel adalı sinyalize kavşaklar bulunmakta, her biri farklı trafik akış dinamiklerine sahip olup çeşitli avantajlar ve dezavantajlar sunmaktadır.

Kavşaklarda meydana gelen gecikmeler ve kuyruklanmalar, sadece trafik yoğunluğunu artırmakla kalmayıp aynı zamanda yakıt tüketimi ve emisyon değerlerini de olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durum, çevresel sorunlara ve hava kirliliğine neden olarak kentsel yaşam kalitesini düşürmektedir. Günümüzde, trafik akışını optimize etmek ve bu olumsuz etkileri minimize etmek için, geleneksel sabit süreli kavşaklar yanında, trafik yoğunluğunu algılayabilen kamera dedektörleri ile donatılmış tam trafik uyarmalı kavşaklar da giderek daha fazla tercih edilmektedir.

Ancak, literatürde tam trafik uyarmalı kavşakların sabit süreli kavşaklarla karşılaştırılması yeterince ele alınmamıştır. Bu eksiklik, bu çalışmanın odak noktasını oluşturmaktadır. Vissim simülasyon yazılımı kullanılarak modellediğim bu iki kavşak yönetim tipi için, hizmet seviyesi, taşıt başına düşen gecikme süresi, taşıt başına durma

sayısı, ortalama hız, yakıt tüketimi ve emisyon değerleri gibi performans kriterleri temel alınmıştır.

Bu çalışma, kavşak performans analizlerindeki mevcut boşluğu doldurmayı ve trafik yönetimi alanında önemli bir katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Türkiye'de ki kavşak yönetim uygulamalarının ve trafik akışının optimizasyonu üzerine yoğunlaşarak, bu alandaki literatürde daha az ele alınan konulara ışık tutmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda belirlenen kavşaklar PTV Vissim mikro simülasyon programı ve PTV Vissim'in modülü olan Visvap kullanılarak modellenmiş ve performans karşılaştırmaları yapılmıştır.

1.5. Çalışmanın İçeriği

Bu çalışma beş bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde ulaşımın ve trafiğin kavşaklar üzerindeki etkisinden, kavşakların kullanımlarının genel bir değerlendirmesinden, kavşakların kol sayısına ve denetim şekline göre sınıflandırılmasından, performans parametrelerinden sonrasında da tez çalışmasının amacından ve kapsamından bahsedilmiştir.

İkinci bölümde yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde PTV Vissim yazılımdan, sabit ve tam trafik uyarmalı kavşakların PTV Vissim'de modellenmesinden, kalibrasyonundan ve modellerin doğruluğunu ölçmek için kullanılan GEH (Geoffrey E. Havers) istatistiğinden bahsedilmiştir.

Dördüncü bölümün ilk kısmında çalışma alanı, modellenen kavşak tipleri ve sinyalizasyon türlerinden bahsedilmiştir. İkinci kısımda verilerin toplanmasından ve incelenmesinden bahsedilmiştir. Üçüncü kısımda ise kavşakların PTV Vissim'de sabit ve tam trafik uyarmalı olarak modellenmesi ve analiz sonuçları verilmiştir. Analiz sonuçları gerekli karşılaştırmalar yapılarak tablo halinde gösterilmiştir.

Beşinci bölümünde analizlerden elde edilen sonuçlar değerlendirilerek özetlenmiş, sonrasında yapılabilecek çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Literatürde kavşak performansını iyileştirmek için yapılan çalışmalar incelenmiştir. Kavşak performansını iyileştirmek için yapılan çalışmalarda geometrik düzenleme, süre optimizasyonu, tam trafik uyarımlı kavşakların uygulanması gibi önerilerin performans kıyaslamaları yapılarak yorumlanmıştır. Yapılan bazı çalışmalar bu bölümde özetlenmiştir.

Murat (2001), yaptığı çalışma kapsamında sinyalize kavşaklarda trafik akışını düzenlemek için sabit zamanlı ve trafik yoğunluğuna duyarlı sinyalizasyon sistemlerine alternatif olarak bulanık mantık tabanlı bir trafik sinyal detektörü geliştirmiştir. Çalışma, mevcut sinyalizasyon sistemlerinin dinamik koşullara uyum sağlamadaki yetersizliklerini ele alarak, bulanık mantık yöntemi ile gelişmiş bir trafik kontrolü sunmayı hedeflemiştir. Arazi uygulamaları ve modellemeler ile desteklenen bu çalışma, kavşak yönetiminde yenilikçi yaklaşımların etkinliğini ve avantajlarını ortaya koymuştur.

Darma vd. (2005), yaptıkları araştırmada Highway Capacity Manual 2000 (HCM) esas alınarak, sinyalize kavşaklardaki kontrol gecikmelerini etkileyen değişkenler incelenmiş ve ortalama kontrol gecikmesi olarak tanımlanmıştır. SIDRA ve TRANSYT-7F kapasite yazılımları kullanılarak gerçekleştirilen bu çalışma, sadece döngü süresi, yeşil süresi aralığı, faz sayısı, şerit sayısı ve LTOR'un (sol dönüş olmadan sağa dönüş) gecikmeler üzerinde önemli bir etkisi olduğunu belirlemiştir. SIDRA ve TRANSYT-7F için girilen tüm değişkenler içinde yalnızca sinyal zamanlaması ve araç/hacim oranının kontrol gecikmesi üzerinde belirgin bir etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Albagul vd. (2006), trafik sıkışıklığını hafifletmeye yönelik olarak, araçların varlığını algılayabilen ve buna göre trafik ışıklarının sürelerini ayarlayabilen yenilikçi bir algoritma geliştirmişlerdir. Bu algoritma, trafik sinyallerinin yeşil süresini matematiksel fonksiyonlar kullanarak hesaplamaktadır ve MATLAB yazılımı ile simüle edilmiştir. Geliştirilen bu sistem, zirve trafik saatlerinde dahi uygulanabilir bir çözüm olarak değerlendirilmektedir.

Öztürk (2006), yaptığı çalışma kapsamında şehir içi trafik yoğunluğunu yönetmek ve trafik sıkışıklığını azaltmak için gelişmiş trafik kontrol sistemleri üzerine yoğunlaşmıştır. Araştırmacılar, değişken mesaj işaretleri ve kavşak kontrol cihazları

gibi akıllı trafik yönetim araçlarının kullanımını incelemiş, bu cihazların trafik akışını dinamik olarak nasıl iyileştirdiğini değerlendirmişlerdir. Ayrıca, trafik sinyalizasyon verilerini gerçek zamanlı olarak optimize etmek için PIC mikrodenetleyiciler ve GPS gibi teknolojilerin entegrasyonunu araştırmışlardır.

Al-Khateeb vd. (2008), standart trafik kontrol sistemlerindeki yaygın sorunları çözebilmek için RFID tabanlı yeni bir trafik kontrol sistemini hayata geçirmişlerdir. Bu sistem, çok yollu kavşaklarda trafik akışını gerçek zamanlı olarak düzenleyerek, araç sayısına dayalı dinamik bir yönetim sağlar.

Mahmood (2010), trafik akışını optimize etmek için bulanık mantık tabanlı sistemler geliştirmişlerdir. Bu sistemler, değişken trafik durumlarına dinamik olarak uyum sağlayarak, özellikle yoğun trafikte kullanılabilir. Geliştirilen yöntemler, akıllı trafik yönetimi alanında önemli ilerlemeler olarak kabul edilmektedir.

Yousef vd. (2010), şehir trafiğini daha iyi yönetebilmek için Kablosuz Sensör Ağları (WSN) kullanan bir trafik kontrol sistemi geliştirmişlerdir. Bu sistem, trafik yoğunluğuna göre trafik ışıklarını ayarlayarak kavşaklarda akışı düzenler. Geliştirilen iki algoritma sayesinde, trafik durumuna hızlı ve etkili bir şekilde adapte olabilen bir sistem sunulmuştur.

Dağüstü (2010), yaptığı çalışma kapsamında şehir içi trafik kavşaklarının yönetiminde sinyalizasyon sistemlerinin rolünü ve etkinliğini inceler. Sinyalize kavşaklar için Webster metodu kullanılarak bir sinyal zamanlama algoritması geliştirilmiş ve İstanbul'daki seçilen kavşaklarda bu algoritmanın etkileri Vissim trafik analiz yazılımı ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular, optimizasyonun kavşak performansını iyileştirdiğini göstermiştir.

Vadi vd. (2010), yaptıkları çalışma kapsamında trafik kavşaklarının kontrolü ve trafik yoğunluğuna dinamik olarak uyum sağlayabilen PLC tabanlı trafik kontrol sistemi geliştirmişlerdir. Trafik yoğunluğunu göz önünde bulundurarak araç geçiş sürelerinin gerçek zamanlı olarak ayarlandığı bu sistem, bilgisayar ara yüz programı ile izlenmiş ve yönetilmiştir. Sonuç olarak, değişen saatlere göre uyum sağlayan trafik sinyalizasyonu sayesinde, kavşaklarda yaşanan yoğunluk azaltılmış ve daha akıcı bir trafik akışı sağlanmıştır.

Samadi vd. (2012), Mashhad'daki trafik yoğunluğunu azaltmaya yönelik olarak yapılan bir çalışmada, SCATS (Sydney Coordinated Adaptive Traffic System) adaptif

trafik kontrol sisteminin etkinliği incelenmiştir. Bu alışma, sabit harekete duyarlı koordineli sinyal planları ile SCATS tarafından dinamik olarak hesaplanan planları karşılaştırmaktadır. Araştırmanın sonuçları, SCATS sisteminin seyahat sürelerini ve duran veya yaklaşan araç başına ortalama gecikmeyi azalttığını göstermektedir. Ayrıca, bu sistemin yakıt tüketimi ve hava kirliliği üzerindeki olumlu etkilerine de dikkat çekilmektedir.

şimşir vd. (2013), yaptıkları çalışma kapsamında şehirleşme ile ortaya çıkan trafik karmaşasını ve kavşaklardaki araç yoğunluğunu yönetmek amacıyla bir sistem benzetimi ve modelleme yöntemi geliştirilmiştir. Araştırmacılar, trafik ışıklarının zaman optimizasyonunu ele alarak ve kırmızı ışık beklemelerini dinamik olarak gözlemleyerek yoğunlukları belirlemişler ve kavşaklarda bekleyen araç sayılarının ortalama değerlerini kullanarak trafik sinyalizasyon sürelerini optimize etmişlerdir. Elde edilen bulgular, farklı kavşaklar için en uygun bekleme ve geçiş sürelerinin belirlenmesinde, sinyalizasyon sürelerinin uygun bir şekilde ayarlanmasının önemli olduğunu göstermektedir. Ayrıca, modelin bulanık mantık veya yapay sinir ağları ile geliştirilerek sisteme tahmin yeteneği kazandırılmasının, doğru verilerin ve kararların hızlı bir şekilde alınmasında yardımcı olabileceği düşünülmektedir.

akıcı (2014), yaptığı çalışma kapsamında kentsel trafik yönetiminde sinyalize dönel kavşakların etkinliğini ve tasarım prosedürlerini incelemiştir. Denizli-Akdeniz Pekdemir Kavşağı gibi farklı örnekler üzerinde yapılan analizlerde, sensör tabanlı takip sistemleri ve Vissim simülasyon yazılımı kullanılarak, trafik akışının iyileştirilmesi için sinyal zamanlamaları ve diğer faktörler değerlendirilmiştir. Araştırma, bu tip kavşakların gecikme sürelerini azalttığı ve trafik yönetimini iyileştirdiği sonucuna ulaşmıştır.

Salamati vd. (2015), yaptıkları araştırmada sinyalize kavşaklar ile dönel kavşakların karşılaştırmalı emisyon oranlarını değerlendiren makroskopik bir metodolojiyi sunmuştur. Araç zgl G (VSP) konsepti kullanılarak, saniye saniye araç hareketlerine ve trafik hacmine dayalı kirlilik emisyonları tahmin edilmiştir. Düşük talep/kapasite oranlarında dönel kavşaklar daha az emisyon üretirken, sinyalize kavşaklar yüksek talepte daha etkili performans göstermiştir. Araştırma, farklı trafik senaryolarında sinyal zamanlaması ve araç/hacim oranlarının emisyon üzerindeki etkilerini ortaya koymuştur. Bu metodolojinin, sinyalize kavşakların emisyon modellerini daha iyi anlamak için pratik ve anlaşılır bir araç olduğu sonucuna

varılmıştır.

Adaptif trafik kontrol sistemleri (ATCS), şehir yollarındaki trafik koşullarını sürekli olarak izleyerek, trafik hacmindeki değişikliklere uyum sağlamak ve durmalar ile meydana gelen gecikmeleri en aza indirmek için trafik sinyal zamanlamalarını ayarlamaktadır. Aavani vd. (2017), yaptıkları araştırmanın sonuçlarına göre, ATCS, şerit taşıma kapasitesini ve seyahat hızını artırarak trafik koşullarını iyileştirmekte, gecikmeleri, duruşları, kuyrukları, yakıt tüketimini, emisyonları azaltmakta ve kazaların azalmasına katkıda bulunmaktadır.

Akıllı ulaşım sistemlerinin şehirlerdeki trafik sorunlarını çözme potansiyeli, sinyalize kontrol teknikleri ve adaptif trafik yönetim sistemleri üzerine yapılan bir araştırmada detaylı olarak incelenmiştir. Gonca vd. (2019), yaptığı bu çalışma bu sistemlerin yakıt tüketimini azaltma, çevre kirliliğini ve gürültüyü düşürme, trafik kazalarını azaltma ve trafikte geçirilen zamanı en aza indirme gibi çeşitli yollarla trafik koşullarını iyileştirdiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, araştırma adaptif trafik yönetim sistemlerinin etkin kullanımı için ileri çalışmaların gerekliliğine işaret etmektedir.

Keskin (2019), Ankara'da yaptığı bir çalışmada, ulaşım yoğunluğu ve kavşak performanslarının analizi için çeşitli akıllı kavşak prototipleri incelenmiştir. Araştırma kapsamında, VISSIM trafik simülasyon programı kullanılarak, sinyalize olmayan kavşaklarda akıllı trafik yönetim sistemlerinin etkinliği değerlendirilmiş ve taşıt sayısı eğrisi yöntemiyle sinyal sürelerinin optimizasyonu yapılmıştır. Bu optimizasyonun, özellikle yoğun trafik akışına sahip kavşaklarda, trafik akışını düzenleyerek gecikme sürelerini azalttığı ve kavşak hizmet seviyelerini iyileştirdiği gözlemlenmiştir.

Güneş (2021), yaptığı çalışmada şehir içi trafik sinyalizasyon sistemlerinin iyileştirilmesine yönelik olarak, veri toplama ve trafik akışının yönetiminde kritik rol oynayan sinyalize kavşakları mercek altına almıştır. Çalışmada, kuyruk teorisi ve trafik akış karakteristiklerine dayalı modellerle, kavşaklardaki trafik yoğunluğuna dinamik bir şekilde yanıt veren ve trafik sinyal sürelerini optimize eden bir sistem geliştirilmiştir. Bu sistem, LSTM gibi derin öğrenme yöntemlerini kullanarak trafik akışını tahmin edebilme yeteneğine sahiptir ve Vissim simülasyon yazılımı ile gerçekleştirilen testlerle iyileştirmelerin etkisi değerlendirilmiştir.

Kayacan (2021), yaptığı çalışmada Bursa ilinin önemli trafik arterlerinden biri olan Ata Bulvarı üzerindeki sinyalize dönel kavşağın analizi yapılmıştır.

Araştırmacılar, sürdürülebilir bir trafik akışını sağlamak ve şehir içi ulaşım sürelerini azaltmak için bu kavşağın farklı senaryolar altında performansını değerlendirmişlerdir. Hemzemin kavşaklar ve modern dönel kavşaklar gibi çeşitli kavşak türleri PTV Vissim simülasyon programı kullanılarak yeniden tasarlanmış ve mevcut durumla karşılaştırılmıştır. Çalışmada kuyruk uzunluğu, hız ve seyahat süresi gibi parametreler üzerinden optimum kavşak düzenlemeleri önerilmiştir. Araştırmanın sonucunda, Ata Bulvarı'ndaki kavşağın farklı senaryolarda nasıl daha verimli hale getirilebileceği belirlenmiştir.

Yılmaz (2022), yaptığı çalışma kapsamında Bursa şehrindeki Esentepe Kavşağı'nı inceleyerek trafik sinyalizasyon sürelerinin optimizasyonunun trafik akışına etkisini değerlendirmiştir. PTV Vissim yazılımını kullanarak gerçekleştirilen beş farklı senaryoda, araç gecikme süreleri, hizmet düzeyi ve yakıt tüketimi gibi performans parametreleri üzerinde iyileştirmelerin etkisi analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, mevcut sinyal sürelerine göre düzenlemeler yapılarak trafik akışı iyileştirilmiş ve optimum sinyal süreleri belirlenmiştir. Araştırma, sinyal zamanlama tekniklerinin kavşak performansı üzerindeki önemini ve trafik yönetimindeki etkinliğini vurgulamıştır.

Literatürde, kavşak performanslarının karşılaştırılması üzerine geniş bir çalışma yelpazesi mevcut olmakla birlikte, bu çalışmaların çoğu sabit süreli çalışan kavşakların birbirleriyle kıyaslanmasına odaklanmıştır. Bu tez çalışması, sabit süreli kavşakların tam trafik uyumlu sistemlerle dinamik olarak çalıştırıldığında ortaya çıkan performansların karşılaştırılmasına yeni bir bakış açısı getirmektedir. Tam trafik uyarmalı olarak karşılaştırılması yapılan mevcut çalışmalarda ise genellikle loop dedektörler kullanırken, bu çalışmada kamera dedektörler aracılığıyla daha detaylı bir performans analizi yapılmıştır. Ayrıca, performans değerlendirmesinde sadece gecikme süreleri değil, aynı zamanda emisyon değerleri de dikkate alınmıştır. Bu yaklaşım, trafik yönetimi ve çevresel sürdürülebilirlik açısından kavşak performanslarının kapsamlı bir değerlendirilmesini sağlamaktadır. Aynı zamanda, bu çalışmada farklı kavşak türleri üzerinde yapılan performans karşılaştırması, hangi kavşak türünde nasıl bir iyileşme meydana getirdiğini de detaylı bir şekilde incelenmiştir.

3. YÖNTEM

Farklı trafik uyarımalı sinyalizasyon kavşaklarının performanslarının karşılaştırması için PTV Vissim mikro-simülasyon programı kullanılmıştır. Bu bölümde önce PTV Vissim hakkında genel bilgiler verilmiş olup ardından sabit zamanlı çalışan kavşakların PTV Vissim'de modellenmesinden, performanslarının karşılaştırılması için tam trafik uyarımalı çalıştığı durumların PTV Vissim'in ek modülü olan Visvap ile modellenmesinden, kalibrasyon yöntemlerinden ve model doğruluğunu ölçmek için kullanılan GEH (Geoffrey E. Havers) istatistiğinden bahsedilmiştir.

3.1. PTV Vissim

PTV Vissim, yaygın olarak kullanılmakta olan trafik simülasyon programlarından birisidir. PTV GmbH'nin geliştirdiği Vissim, trafikteki araç dinamiklerini, toplu taşıma sistemlerinin operasyonlarını ve bunların interaksiyonlarını detaylı bir biçimde simüle edebilen bir yazılımdır. Bu mikroskobik simülasyon aracı, trafik akışındaki araç takibi ve şerit değiştirme gibi karmaşık hareketleri birebir modelleyerek, gerçek zamanlı trafik durumlarını analiz eder. Trafik performansını gecikme, seyahat süresi, hız, emisyon, yakıt tüketimi gibi faktörler üzerinden değerlendirir ve bu parametrelerin iyileştirilmesi için stratejik çözümler sunar. Kavşak ve yol ağları üzerinde yapılan çalışmalarda, mevcut durum analizleri ve simülasyonlar için gerekli trafik verileri kullanılarak gerçekçi modeller oluşturulur. (PTV, 2021).

Bir trafik simülasyonunun doğruluğu, taşıtların yol üzerindeki hareketlerini ne kadar gerçeğe uygun şekilde modellendiğine bağlıdır. Vissim, araçların psiko-fiziksel tepkilerini temel alan ve her bir sürücü-taşıt biriminin tepkisini bireysel olarak ele alan detaylı bir simülasyon modeline sahiptir. Bu modelde, taşıtların birbirlerine olan uzaklıkları ve hızları göz önünde bulundurulur, önde giden yavaş bir araç algılandığında hız düşürülür, yol açıldığında ise hız tekrar arttırılır. Bu süreçte, trafik akışı ve araç davranışları dinamik olarak simüle edilir, böylece gerçek dünya koşullarında olası senaryolar üzerinde analiz yapılabilir (Camcı, 2019).

PTV Vissim yazılımı, Wiedemann tarafından geliştirilmiş olan psikofiziksel algı modeline dayanır. Bu model, hızlı hareket eden bir sürücünün, daha yavaş hareket eden bir aracı algıladığında hızını düşüreceği fikrini temel alır. Wiedemann'ın 1974

modeli, sürücünün yavaş hareket eden aracın hızını algılayana ve yeni bir algı eşiğine ulaşana kadar kendi hızını yavaşlatmasını öngörür (PTV, 2013; Akın, 2022).

Vissim'in trafik akış modeli, mikroskopik, olasılıksal ve zamana dayalı bir modeldir ve temelde sürücü-arac birimlerine odaklanır. Wiedemann'ın modeli, bir sürücünün dört temel sürüş durumunu varsayar (PTV, 2013).

Serbest Sürüş: Sürücü, önündeki araçtan etkilenmeden belirlenen hızına ulaşmaya ve bu hızda seyretmeye çalışır.

Yaklaşma: Sürücü, öndeki daha yavaş hareket eden aracın hızına uyum sağlamak için kendi hızını ayarlar.

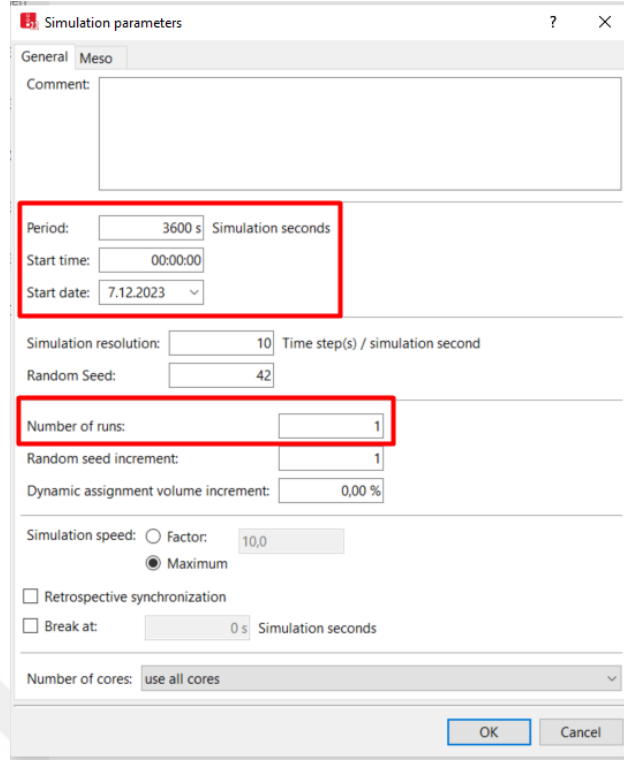
Takip: Sürücü, öndeki aracı güvenlik mesafesini koruyarak, hızlanmadan ya da yavaşlamadan takip eder.

Frenleme: Sürücü, öndeki araçla arasındaki mesafe güvenlik sınırının altına düşerse hızını azaltır. Bu durum, öndeki aracın aniden yavaşlaması veya başka bir aracın iki araç arasına girerek şerit değiştirmesi gibi durumlarda ortaya çıkar (PTV, 2013; Akın, 2022).

3.2. Sabit Zamanlı Çalışan Kavşak Modelleme

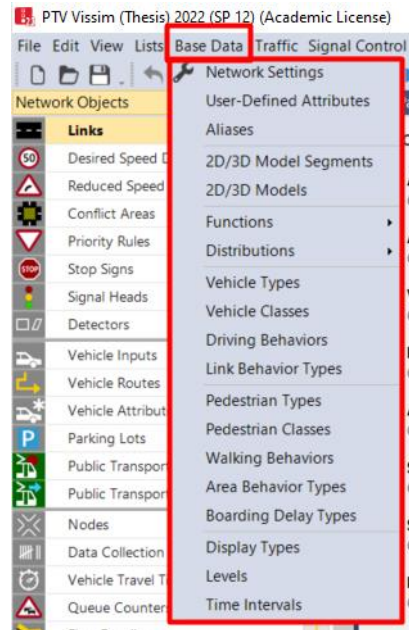
PTV Vissim'de kavşak modellemek için takip edilecek adımlar maddeler halinde anlatılmıştır.

- Vissim açılarak yeni bir dosya oluşturulmalıdır.
- Simülasyon parametreleri yapılacak çalışmaya uygun bir biçimde tanımlanmalıdır (Şekil 3.1). Simülasyonun çalışma süresi ayarlanmalıdır, varsayılan değer 3600 saniye olarak gelir. Simülasyonda kaç defa sonuç alınacağı belirlenmelidir. Başlangıç saati ve tarihi gibi değerler de girilebilir.



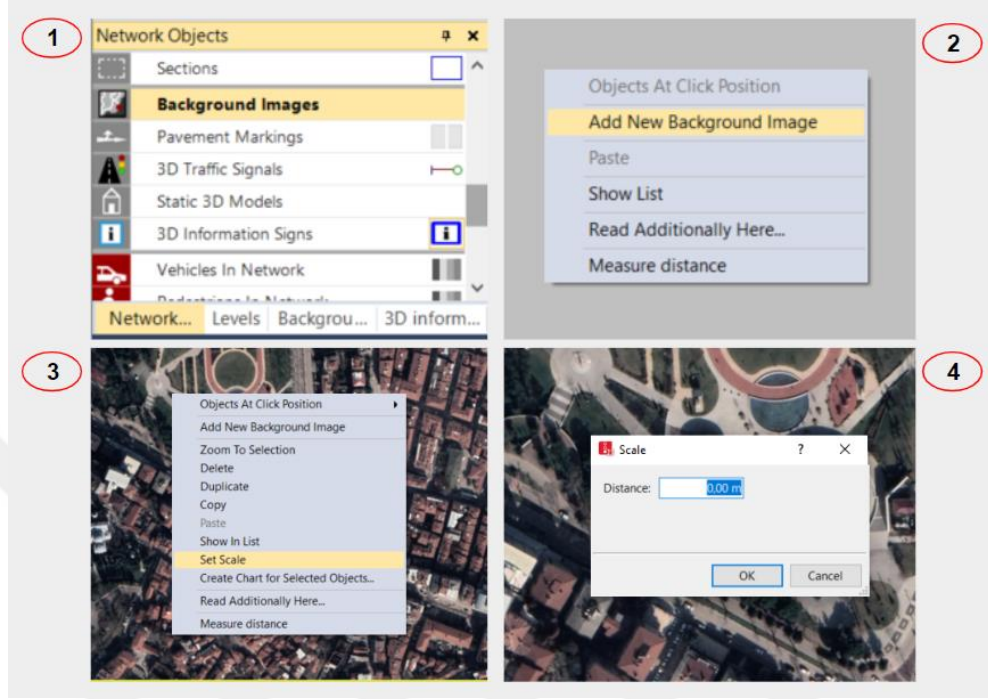
Şekil 3.1 PTV Vissim simülasyon parametreleri

- Temel veriler (Base Data) kısmında varsayılan olarak gelen değerler dışında eklenmesi istenen değerler varsa eklenmelidir (Şekil 3.2). Hız, süre, taşıt türleri, taşıt sınıfları, yol tipleri, level, zaman aralıkları, görüntü türleri, iki ve üç boyutlu modeller gibi parametreler için yeni değerler eklenebilir.



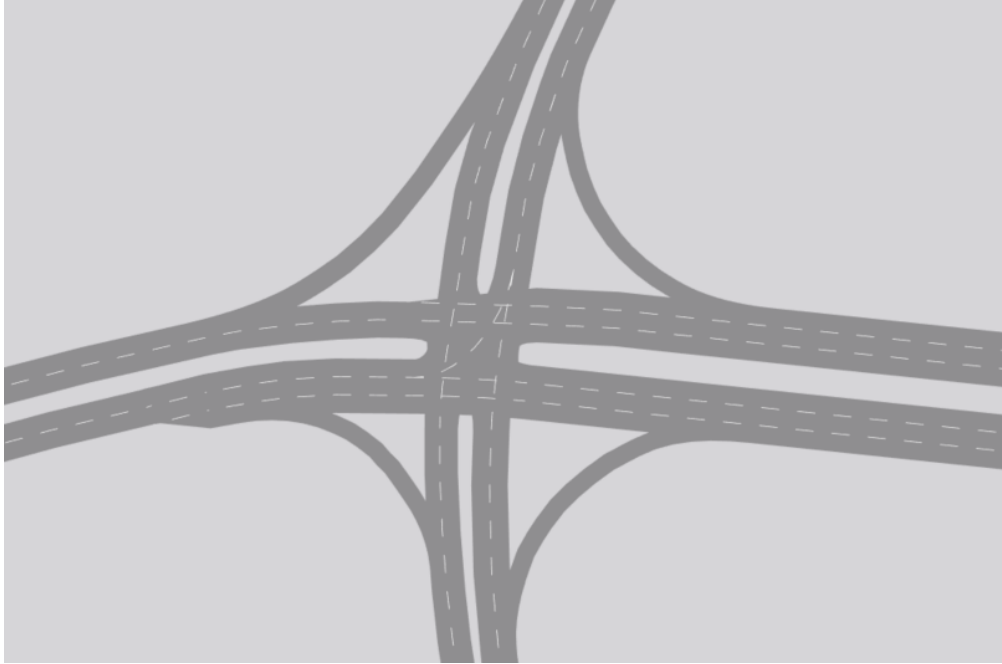
Şekil 3.2 PTV Vissim temel verilerin eklenmesi veya düzenlenmesi

- Proje alanı haritası arka plan görüntüsü olarak yüklenebilir. Yükleme sırasında konumlandırma, ölçekleme ve kaydetme işlemleri yapılmalıdır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 PTV Vissim arka plan görüntü ekleme

- Yol ve bağlantılar çizilmelidir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 PTV Vissim yol ve bağlantı çizimi

- Taşıt kompozisyonlarında taşıt sınıflarının oranları ve hızları tanımlanmalıdır

(Şekil 3.5).

Vehicle Compositions / Relative flows			
Count: 2	No	Name	
1	1	Default	
2	2	Default	

Count: 2	VehType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	100: Car	50: 50 km/h	0,980
2	200: HGV	50: 50 km/h	0,020

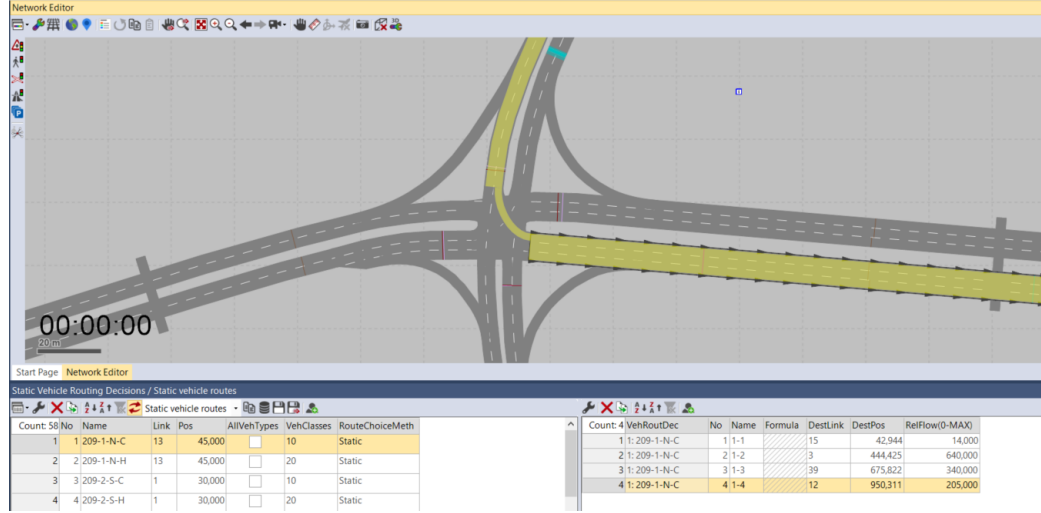
Şekil 3.5 PTV Vissim taşıt kompozisyonlarının eklenmesi

- Yol ağının başlangıcından taşıt girişleri için taşıt hacimleri girilmelidir (Şekil 3.6).

Vehicle Inputs / Vehicle volumes by time interval					
Count: 4	No	Name	Link	Volume(0-MAX)	VehComp(0-MAX)
1	1	209-2-S	1	644,0	1: 209-2-S
2	2	209-3-W	7	722,0	2: 209-3-W
3	3	209-4-E	11	649,0	3: 209-4-E
4	4	209-4-N	11		

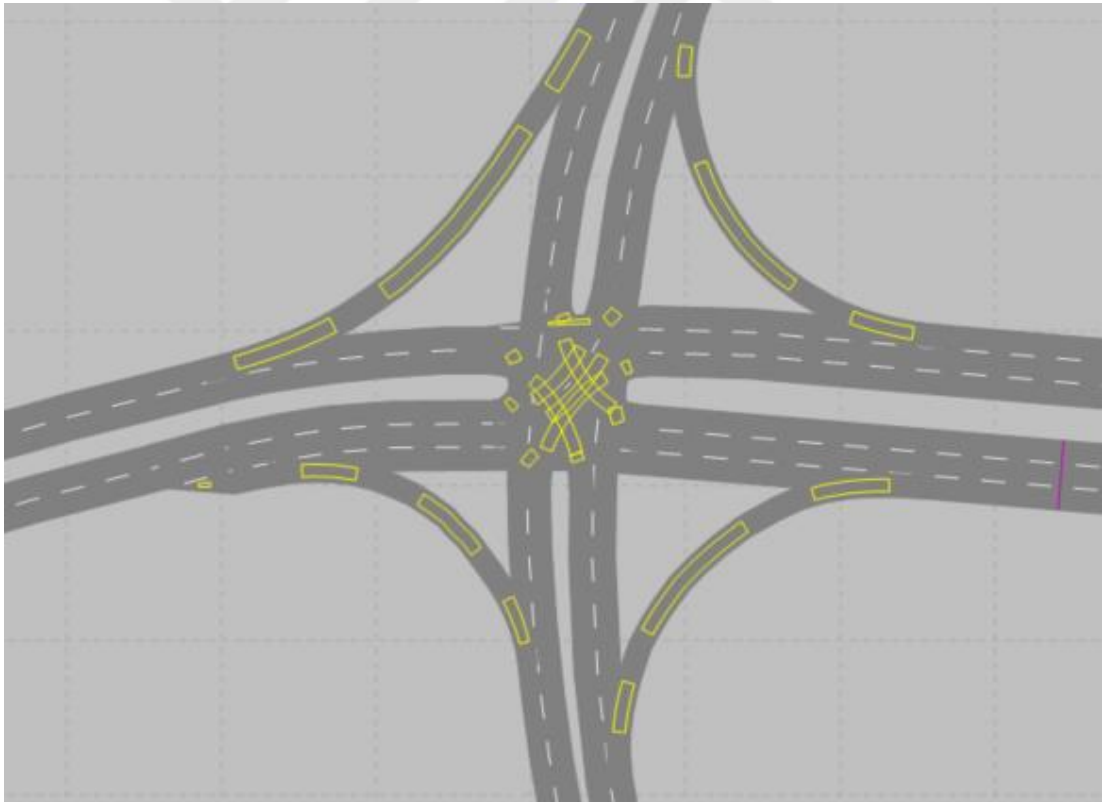
Şekil 3.6 PTV Vissim taşıt hacimlerinin girilmesi

- Taşıtların kullanacağı rotalar belirlenmeli ve ilgili rotalar modele tanımlanmalıdır. Tanımlanan rotalara taşıt hacimleri sayısal veya oransal olarak girilmelidir (Şekil 3.7).



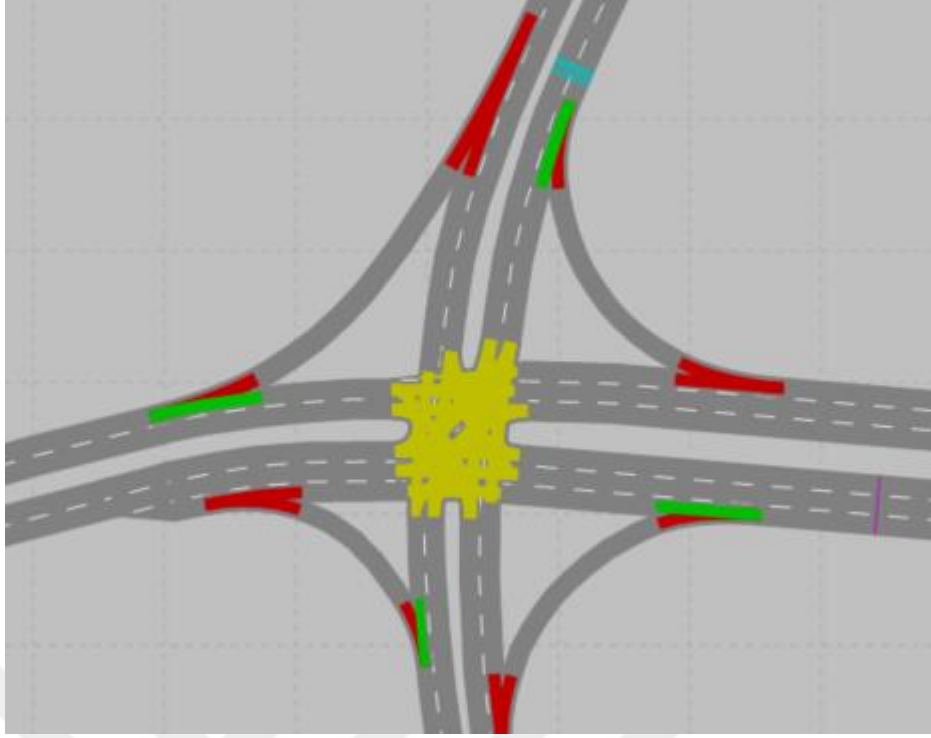
Şekil 3.7 PTV Vissim rotaların eklenmesi

- Modelin belirli alanlarında hızlar sınırlandırılmak isteniyorsa, istenen hız dağılımı veya azaltılmış hız alanları taşıt sınıflarına göre tanımlanmalıdır (Şekil 3.8).



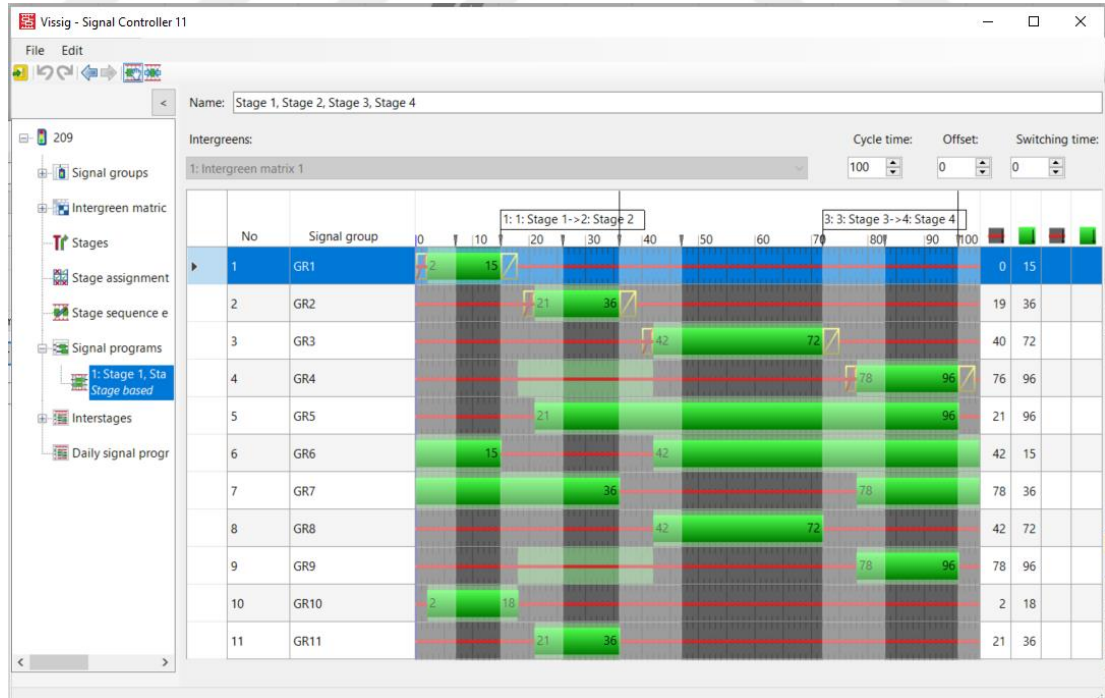
Şekil 3.8 PTV Vissim azaltılmış hız alanları

- Sinyalize olmayan kavşaklarda çatışma alanları ve dur işaretleri tanımlanmalıdır (Şekil 3.9).



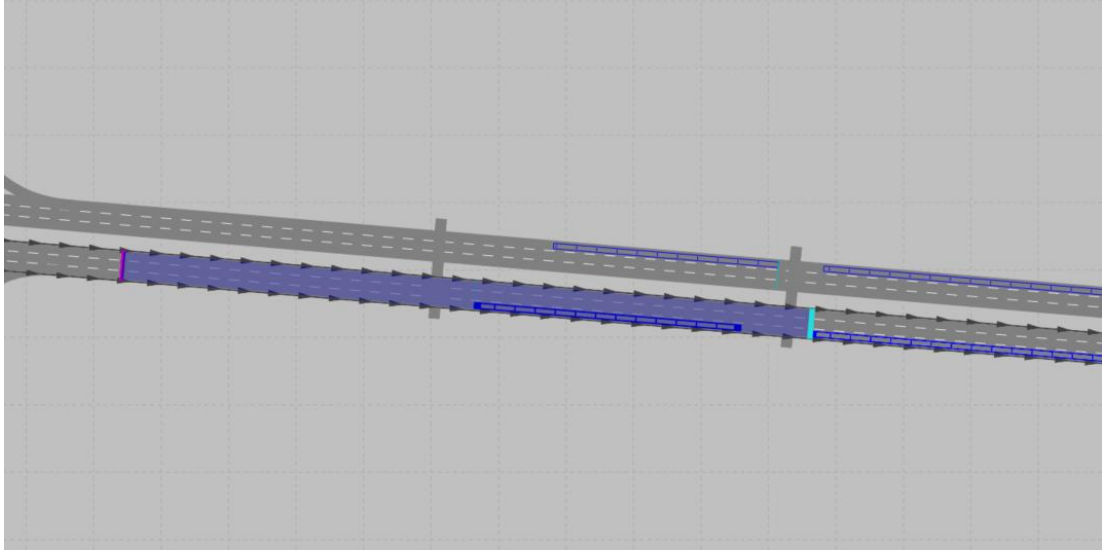
Şekil 3.9 PTV Vissim çakışma alanlarının tanımlanması

- PTV Vissim Sinyalizasyon Modülü'nde (VISSIG) sinyal tasarımı oluşturulmalıdır (Şekil 3.10).



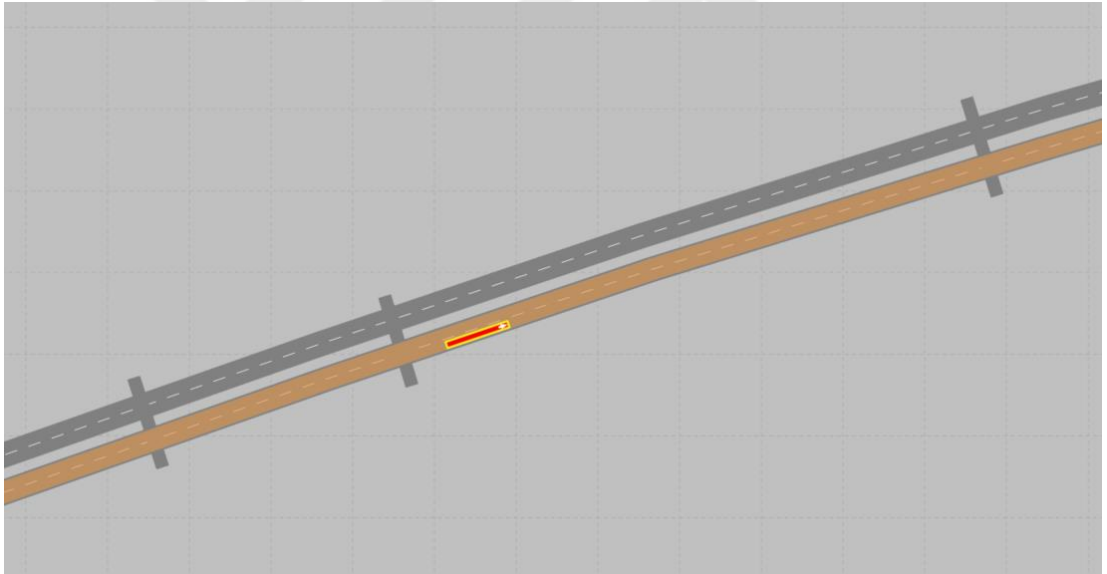
Şekil 3.10 PTV Vissim sinyal planının oluşturulması

- Yol üzeri parklanmalar mevcutsa park yerleri ve park güzergahları tanımlanmalıdır (Şekil 3.11).



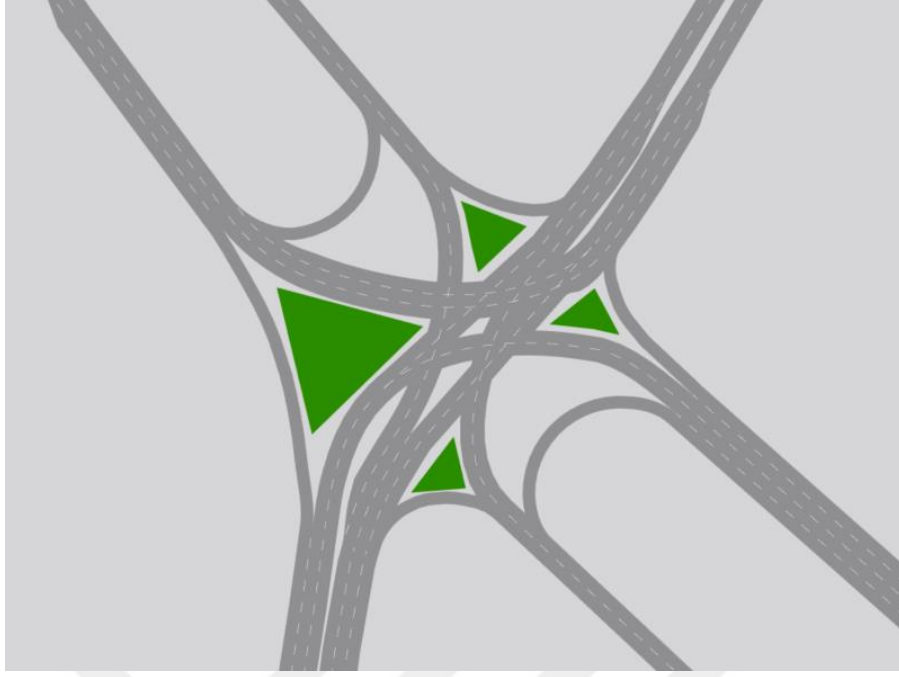
Şekil 3.11 PTV Vissim parklanma eklenmesi

- Modele toplu taşıma girilecekse toplu taşıma durakları ve hatları tanımlanmalıdır ve sefer sıklıkları girilmelidir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 PTV Vissim toplu taşıma güzergahlarının eklenmesi

- Kavşakta görsel etki yaratan refüj, tanımsız alan, yatay ve düşey yol işaretleri, üç boyutlu modeller tasarıma eklenebilir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13 PTV Vissim modelin görselleştirilmesi

- Sonuç alınması istenen parametreler modele eklenmelidir. Değerlendirme alanı çizilir, taşıt verisi toplamak için ilgili noktalar atanır, kuyruk boyu hesabı için ilgili noktalar atanır, seyahat süresi için ilgili yol ağları seçilir.
- Sonuç alınması istenen parametreler değerlendirme kısmından seçilmelidir. Sonuç alınması istenen zaman aralıkları da seçilebilir. Bu parametrelerden değerlendirme alanı, taşıt verisi toplama, kuyruk boyu ölçümü, seyahat süresi ölçümü ve taşıt ağı performansı seçilebilir.
- Model çalıştırılarak izlenmeli ve gerekli kalibrasyon çalışmaları yapılmalıdır. Kalibrasyon sonrasında çıkan sonuçlar değerlendirilmelidir.

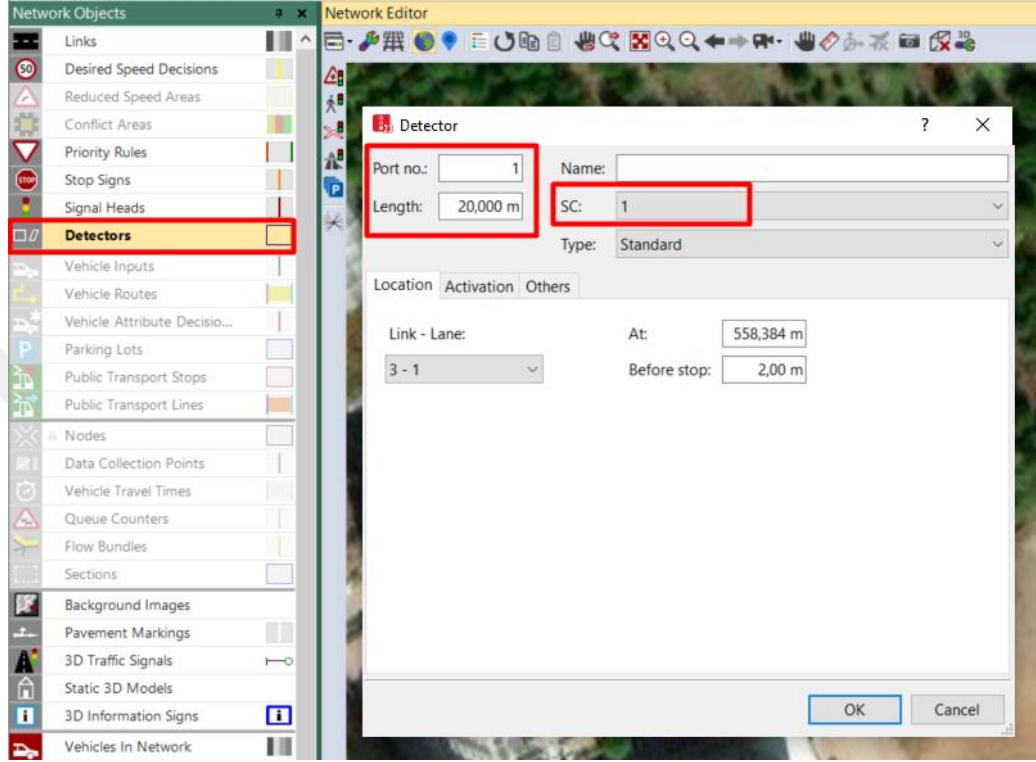
3.3. Tam Trafik Uyarmalı Çalışan Kavşak Modelleme

Tam trafik uyarmalı bir kavşağı PTV Vissim’de modellemek için bir önceki bölümde anlatılan adımlar dışında modele dedektörler eklenmeli ve Vissim’in ek modülü olan VisVap kullanılarak akış şeması hazırlanmalıdır. Hazırlanacak akış şeması Vissim’de gerekli yerlere yerleştirilerek model çalıştırılmalı ve sonuçlar alınmalıdır.

Bu bölümde önce VisVap’ın tanımı ve akış şemasının hazırlanmasındaki yöntem anlatılacaktır, sonra da tam trafik uyarmalı modelde yapılması gereken adımlar maddeler halinde verilecektir.

3.3.1. Tam Trafik Uyarmalı Çalışan Kavşakları PTV Vissim’de Modelleme

- Sol menüdeki ağ nesneleri (Network Objects) kısmından dedektör seçilerek kavşakta ilgili kollara çizilir. Gelen ekranda dedektörün port numarası, uzunluğu ve sinyal kontrolörü girilmelidir (Şekil 3.14).



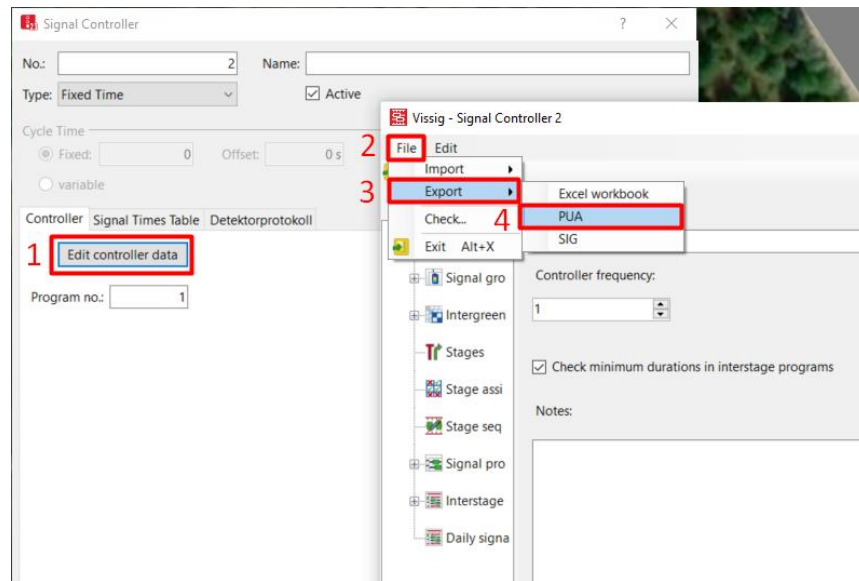
Şekil 3.14 Dedektörlerin modele eklenmesi için açılan pencere ve seçilen değerler

- Tüm kollar için dedektörler eklenir ve ilgili değerleri girilir. Aynı kolda olan dedektörlerin port numaraları aynı olmalıdır (Şekil 3.15).

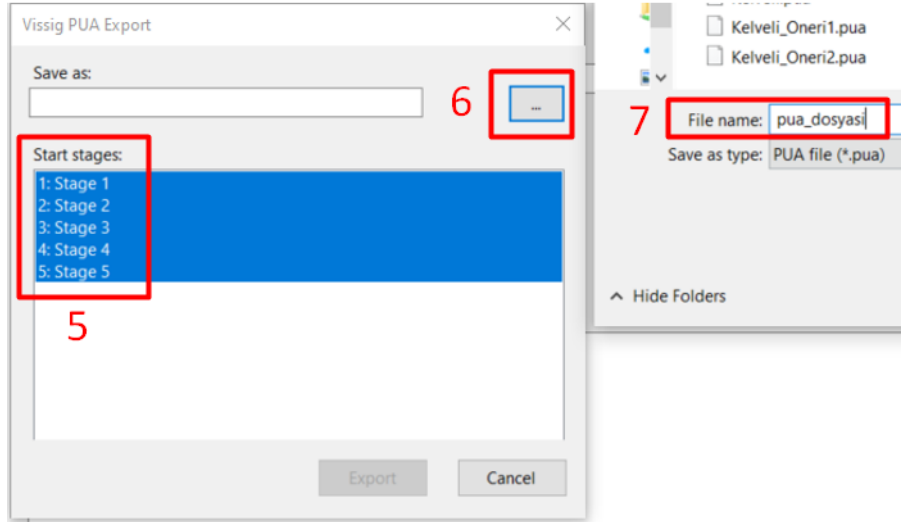


Şekil 3.15 Dedektörleri eklenen örnek bir kavşak modeli

- Dedektörler eklendikten ve “VAP” dosyası oluşturulduktan sonra “Vissig” dosyasından “pua” dosyası çıkartılmalıdır. “pua” dosyası, Vissig’in bir çıktı dosyası ve VAP kontrol mantığı için bir giriş dosyasıdır. Fazlar *.pua dosya formatında dışa aktarılabilir. Bunun için sinyal kontrolleri hazırlanırken sinyal planları faz eklenerek oluşturulmalıdır.
- “pua” dosyasını oluşturmak için Şekil 3.16 ve Şekil 3.17’deki adımlar izlenir.

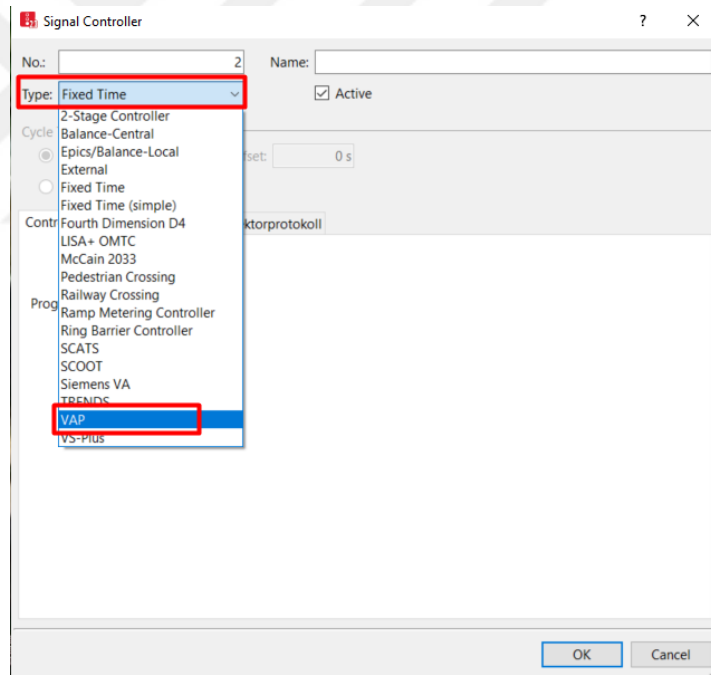


Şekil 3.16 PUA dosyası oluşturma adımları -1



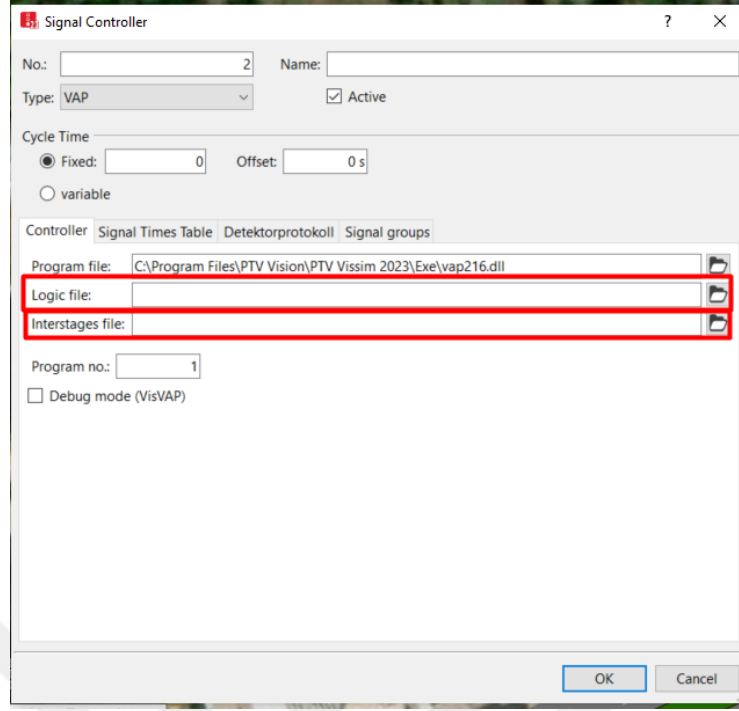
Şekil 3.17 PUA dosyası oluşturma adımları -2

- Sonra sinyal kontrolöründe sinyal tipi sabit süreden VAP'a çevrilmelidir (Şekil 3.18).



Şekil 3.18 Sinyal planını VAP sinyal türüne çevirme

- Sonra sinyal kontrolöründe açılan pencerede sırasıyla oluşturulan “VAP” ve “pua” dosyaları seçilir (Şekil 3.19).



Şekil 3.19 VAP ve PUA dosyalarının plana eklenmesi

- Sonra simülasyon çalıştırılır ve sonuç alınır.

3.3.2. VisVap

VAP, Vissim'in programlanabilir araçla çalıştırılan sinyal kontrollerini simüle etmesini sağlar. Bu hem faz hem de sinyal grubu bazlı sinyal kontrolleri için mümkündür. Vissim simülasyon çalışmaları sırasında veya test modunda VAP, kontrol mantığı komutlarını yorumlar ve ağda etkili olan sinyal kontrolü için sinyal kontrol komutlarını üretir. Bunun tersine, dedektör parametreleri Vissim ağından alınır ve mantıkta işlenir. Sinyal veri dosyası (*.pua) Vissig'den rahatça dışa aktarılabilir veya bir metin düzenleyicide manuel olarak oluşturulabilir. VAP için akış şeması düzenleyicisi: VisVAP (Visual VAP'ın kısaltması), VAP sinyal kontrolörlerinin program mantığını bir akış şeması olarak tanımlamak için kullanımı kolay bir araçtır. Tüm VAP komutları bir işlev kitaplığında listelenir. Dışa aktarma işlevi, kullanıcıların VAP dosyası oluşturmaya olanak tanır ve bu da VAP dosyasındaki ek değişiklikleri kaydeder. Ayrıca VisVAP, Vissim'de çalışan bir simülasyon sırasında kullanıcıların kontrol mantığını kullanarak kontrol mantığını adım adım geçmelerine olanak tanıyan bir hata ayıklama işlevi sağlar. Ayrıca mantıkta kullanılan tüm parametrelerin mevcut değerlerini de gösterir. VisVAP, bir VAP sinyal kontrolünün program mantığını akış şeması olarak kolayca oluşturmanıza olanak sağlayan bir araçtır (PTV, 2023).

3.3.3. Kamera Dedektör ile Visvap Mantığı

Akıllı altyapının ve akıllı ulaşım sistemlerinin yaygınlaştığı bir çağda, kamera tabanlı algılama, trafik akışlarının izlenmesi ve yönetilmesi için umut verici bir çözüm olarak ortaya çıkmaktadır. Gelişmiş görüntü işleme yetenekleriyle donatılmış bu kameralar, gerçek zamanlı trafik verilerinin toplanmasında müdahaleci olmayan ve uygun maliyetli bir yöntem sunar.

Araç sayımlarından hız ölçümlerine, sınıflandırma ve yörünge analizine kadar kamera tabanlı sistemler, trafik simülasyon modellerinin doğruluğunu ve gerçekçiliğini önemli ölçüde artırabilecek zengin miktarda veri sağlar. Potansiyel faydalarına rağmen PTV Vissim, kamera tabanlı dedektörleri simülasyon çerçevesine sorunsuz bir şekilde entegre edecek şekilde tasarlanmamıştır. PTV Vissim, modellerindeki algoritmaları kullanarak kavşakları yönetmek için öncelikle geleneksel döngü dedektörlerine güveniyor. Bu zorluğun üstesinden gelmek için, PTV Vissim içerisindeki "Doluluk Oranı" parametresinin kullanılması uygun olacaktır. Bu parametre, dedektörün geçmiş simülasyon saniyesi sırasında ne kadar süreyle meşgul olduğu zaman kesri olarak tanımlar. Doluluk oranı her simülasyon saniyesi için üstel olarak düzeltilir. Yumuşatma faktörleri aynı zamanda dedektör nitelikleridir.

Aşağıda anlatılan dedektör doluluk oranı ve dedektör parametreleri PTV Vissim Manual 2023'den alınmış ve yorumlanmıştır.

3.3.3.1. Dedektör doluluk oranlarının üstel olarak düzeltilmesi

Bir dedektörün doluluk oranını düzeltmek için üstel düzeltmeyi kullanabilirsiniz. Dedektörlerin ya tamamen dolu olması ya da boş olması ve dolayısıyla sinyal kontrol kararları için yeterli bilgi sağlamaması nedeniyle bu gereklidir.

Vissim, aşağıdaki denklemi kullanarak üstel olarak düzeltilmiş doluluk oranını hesaplar:

$$s(i) = \alpha \cdot x + (1 - \alpha) \cdot s(i - 1) \quad (3.1)$$

Sinyal kontrolörün frekansına bağlı olarak belirlenen sinyal kontrolünün son zaman aralığındaki doluluk oranı da dikkate alınır. Dolayısıyla aşağıdakiler geçerlidir:

- $s(i)$: Yeni, katlanarak düzeltilmiş doluluk oranı
- $s(i - 1)$: Sinyal kontrol cihazının frekansına bağlı olarak belirlenen eski, üstel

olarak düzeltilmiş doluluk oranı

- x : Şu anda ölçülen, düzeltilmemiş dahili doluluk oranı [0 ila 1]
- α : Artırma ve Azaltma için girilebilen yumuşatma faktörü [0 ila 1]
- i : Dahili gösterge numarası

Bundan sonra, yeni üstel olarak düzeltilmiş değer, halihazırda ölçülen düzeltilmemiş doluluk oranının ve sinyal kontrolünün son zaman aralığından düzeltilmiş doluluk oranının ağırlıklı ortalamasıdır.

Yeni dedektör doluluk oranı α ile ağırlıklandırılır. Eski, düzeltilmiş değer $(1 - \alpha)$ ile ağırlıklandırılır.

Vissim'de α (Dedektörlerin nitelikleri) için farklı değerler girmek üzere aşağıdaki nitelikleri kullanabilirsiniz:

Arttırma: X değerlerini arttırmak için ($x > s(t-1)$ için))

Azaltma: X değerlerini azaltmak için ($x < s(t-1)$ için))

Üstel olarak düzeltilmiş doluluk oranı, önceki tüm zaman adımlarının tespit edilen değerlerinin bir tür değişken ortalamasını temsil eder. Böylece en güncel değerler en güçlü şekilde ağırlıklandırılır. $\alpha = 1$ olduğunda yumuşatma yoktur. Denklem daha sonra yeni dedektör değeri x 'e eşittir.

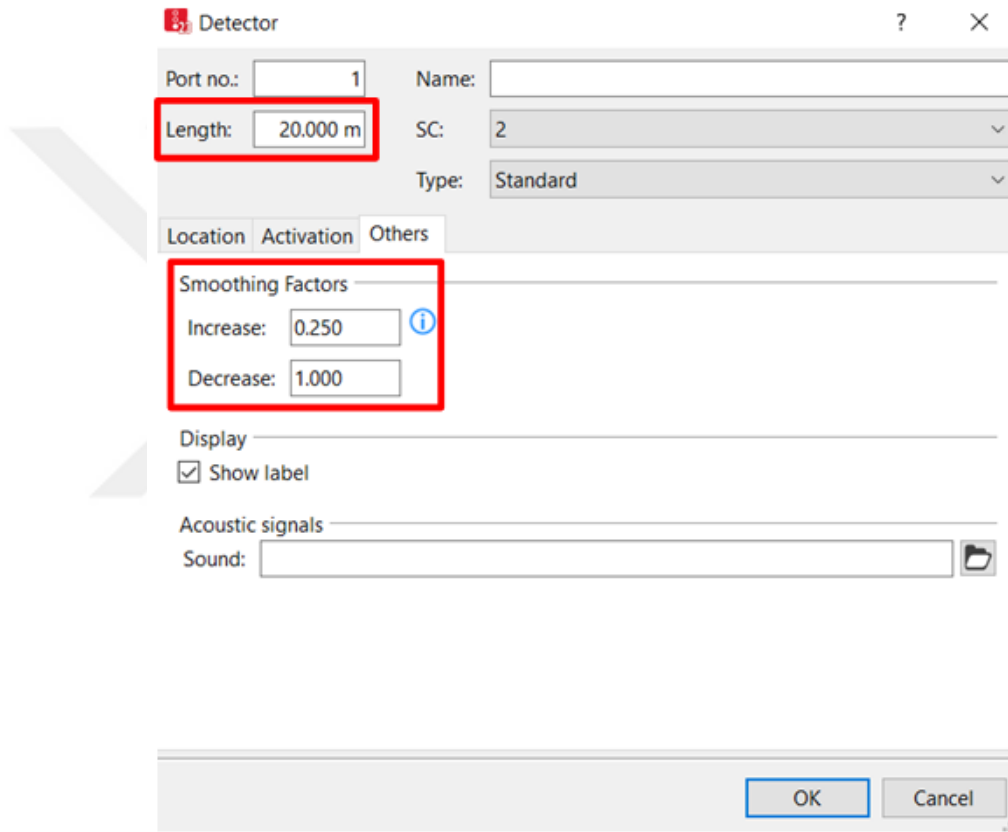
3.3.3.2. Kamera Tabanlı Modelleme İçin Dedektör Parametrelerinin Kullanımı

Artan yumuşatma faktörü, gerçek zamanlı sürücü davranışlarını simüle etmek için 0,25 olarak seçilmiş olup, hesaplamada önceki doluluk oranının daha fazla ağırlıklandırılması sağlanmıştır. Bu yöntem kullanıldığında, belirli araçlar sistemden çıktığında dedektör doluluk oranı daha az artma eğiliminde olur ve takip eden araçların o yöne yönelik sinyal süresinin artmasına neden olmaz.

Kamera tabanlı dedektörler için İlgi Alanı (ROI) davranışını simüle etmek amacıyla azalan yumuşatma faktörü 1,00 olarak seçilir, böylece hesaplamada önceki doluluk oranı daha az ağırlıklandırılır. Bu yöntem kullanılarak dedektör tarafında son araç sistemden ayrıldığında doluluk oranı hızlı bir şekilde düşer ve minimum yeşil sürenin geçmesi durumunda sinyal programı bir sonraki aşamaya geçer.

Dedektör uzunluğu 20,00 m olarak seçilmiş olup, ROI'nin mevcut fazın

sonlandırılmasına karar vermesi için yüzde doluluk oranını ifade etmektedir. 100 m uzunluğunda bir dedektör oluşturup işgal edilen alan bazında doluluk oranını belirlemek mümkün değildir. Yani bu 20,00 m, yaklaşma şeridinin ilk 100 m'si için işgal edilen bölgedir ve dedektörün doluluk oranı %80'in altına düşerse mevcut faz sonlandırılır. Buradaki %80 doluluk oranı ROI doluluk oranı ile karıştırılmamalıdır çünkü dedektörün geçmiş simülasyon saniyesinde ne kadar süre meşgul olduğunun zaman kesri olarak tanımlanan PTV Vissim doluluk oranı parametresi ile ilgilidir (Şekil 3.20).



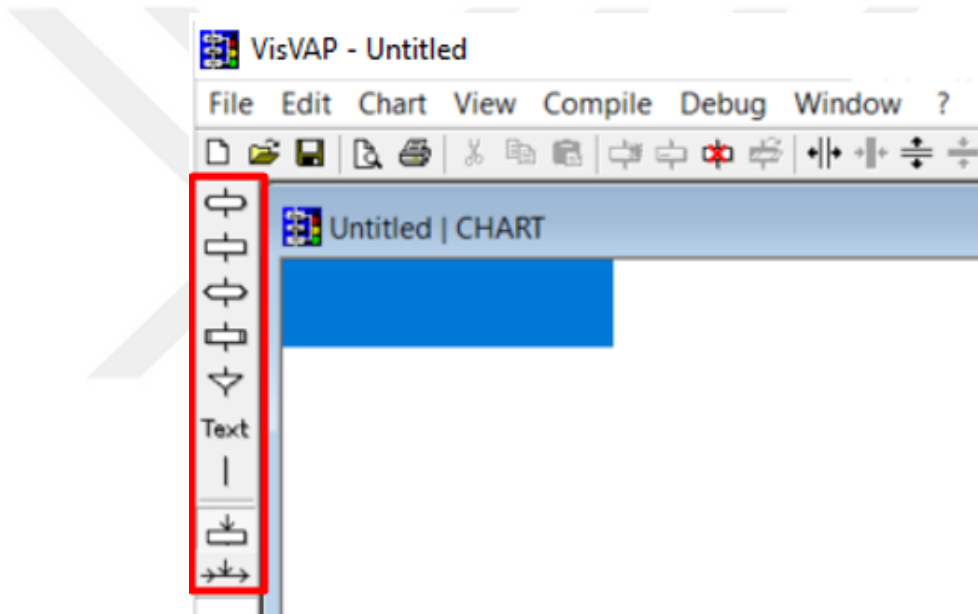
Şekil 3.20 Kamera tabanlı dedektör modelleme için kullanılan parametreler

Kamera algoritmasının çalışma prensibi; Kamera kavşak yapısının uygunluğuna göre yaklaşık 100 metrelik bir alanı görebilmektedir. Kameranın görüş alanı içerisinde geliş kolunda yönetilmek istenilen alan (ROI) tanımlanır. Kamera bu alanda hareket halindeki taşıtların yoğunluklarını hesaplar. Taşıt hareketliliği belirlenen yoğunluğun altına düştüğünde yeşil süresini kapatması için sinyal gönderir. Burada kapatılacak yoğunluk manuel olarak ayarlanabilir. Modeller de yoğunluk değerinin %20 altına düştüğü durum tanımlanmıştır. Yeşil süresinin kapanması için yoğunluk değeri dışında fazın minimum süresinin de dolması gerekmektedir. Fazın

maksimum süresi dolana kadar yoğunluk devam ederse maksimum süre dolduğunda ilgili faz kapatacaktır.

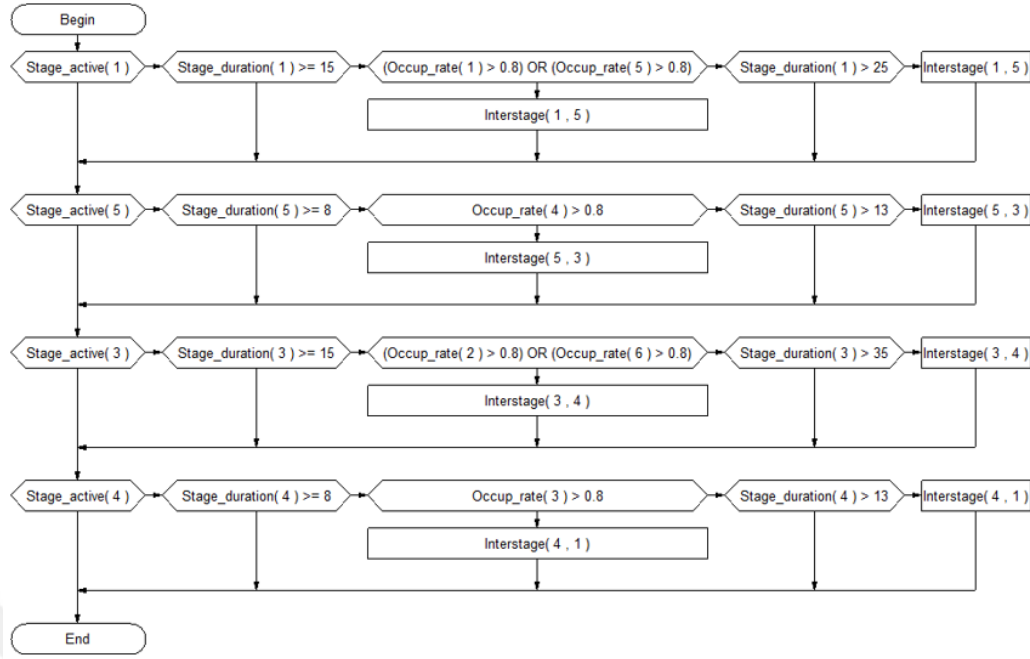
3.3.3.3. Kamera Tabanlı Dedektör Modellemesi İçin Visvap Algoritması

VisVap algoritmasını modellemek için VisVap modülü açılmalıdır ve yeni dosya oluşturulmalıdır. Şekil 3.21’de sol sütunda ilk sırada bulunan oval şeklindeki kutucuk akış şemasının başlangıcında ve bitişinde kullanılmaktadır. İkinci sıradaki dikdörtgen kutucuk fazlar arası geçiş için kullanılmaktadır. Üçüncü sıradaki baklava şeklindeki kutucuk evet-hayır için seçilecek fonksiyonlar için kullanılmaktadır. Sağa doğru “evet” aşağıya doğru “hayır” anlamına gelmektedir. Yedinci sıradaki çizgi işareti de akış şemasındaki bağlantıları sağlamak için kullanılan okları göstermektedir.



Şekil 3.21 VisVap algoritmasını oluşturmak için kullanılan fonksiyonlar

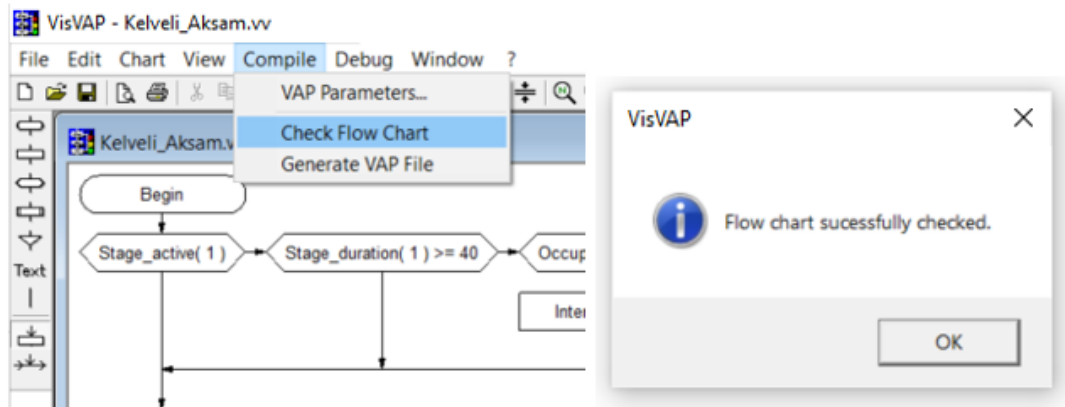
Akıllı Ulaşım Sistemleri için kamera tabanlı bir dedektör sistemi modellenirken, her yön de minimum ve maksimum yeşil süreler için 'Stage_duration' parametreleri kullanılır. Araçların tespiti için de 'Occup_rate' parametresi kullanılır. Yön için iki farklı kameraya ihtiyaç duyulması durumunda sinyal zamanını belirlemek için 'OR' ifadesi kullanılmalıdır. Temel bir algoritmanın temsili bir görüntüsü aşağıda verilmiştir (Şekil 3.22). “Stage_active (a)” aktif olan a fazını göstermektedir. “Interstage (a,b)” ise a fazından b fazına geçmeyi ifade etmektedir.



Şekil 3.22 Standart dört yönlü kavşakta kamera tabanlı dedektörler için örnek bir VisVAP algoritması

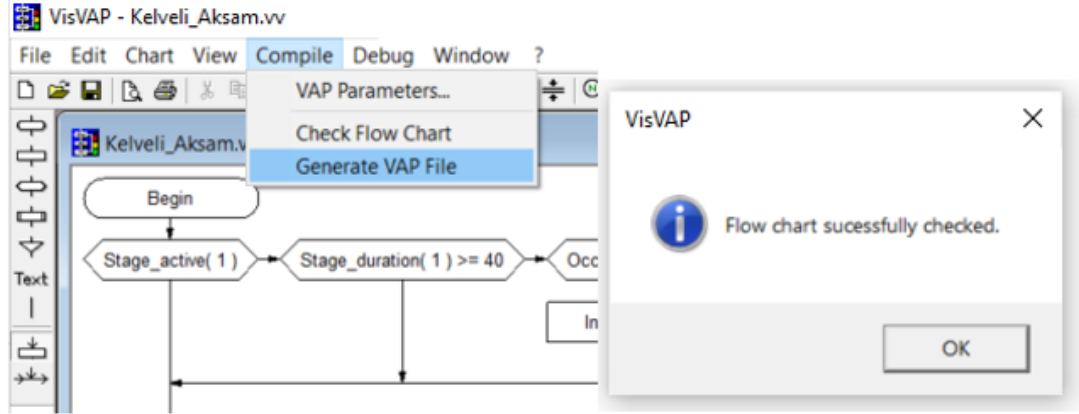
Akış şemasında bulunan ilk sütundaki ifadeler fazlar arası geçişi sağlamak, ikinci ve dördüncü sütundaki ifadeler fazın minimum ve maksimum gidebileceği süreleri belirlemek için kullanılır. Üçüncü sütundaki ifadelerde sahada kullanılacak dedektörlerin girildiği bölümdür. Beşinci sütunda ise hangi fazdan hangi faza geçiş yapılacağını belirlediği bölümdür.

Algoritma tamamlandıktan sonra üst menüde bulunan “Check Flow Chart” seçeneği seçilerek algoritma kontrol edilmelidir (Şekil 3.23).



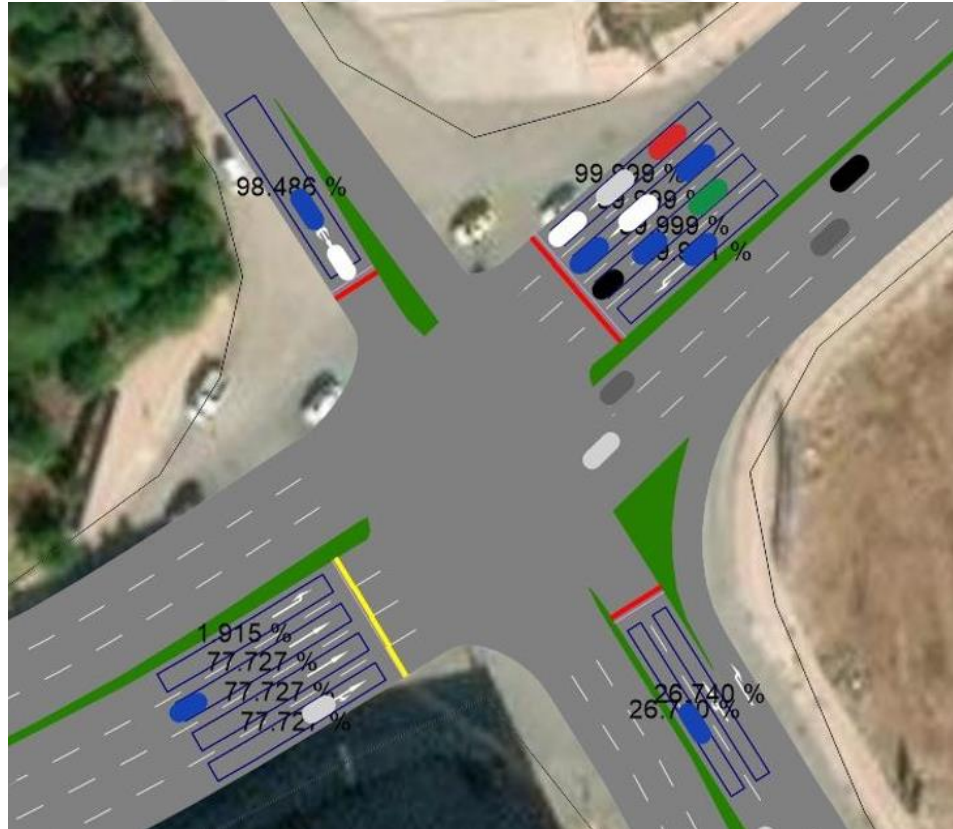
Şekil 3.23 Akış şeması kontrol komutu

Kontrol edildikten sonra üst menüde bulunan “Generate VAP File” seçeneği seçilerek VAP dosyası oluşturulmalıdır. (Şekil 3.24).



Şekil 3.24 VAP dosyası oluşturma komutu

Bir dedektörün 0,25 artan yumuşatma faktörü ile %100 doluluk oranına ulaşması çok fazla zaman alır. Bu nedenle doluluk oranı parametresi 0,8 olarak seçilmiş olup, dedektörün kamera benzeri davranışı için bu değerin iyi çalıştığı görülmektedir (Şekil 3.25).



Şekil 3.25 Farklı yönlerdeki doluluk oranı değerleri

3.4. Kalibrasyon Yöntemleri

Modelleme sonrasında kavşaklar da gerçek trafik koşullarını elde etmek için trafik ve sürücü davranışlarını göz önüne alarak modeller kalibre edilmelidir. Bu sayede gerçeğe en uygun sonuçlar elde edilebilecektir.

Kalibrasyon sırasında uygulanabilecek bazı yöntemler;

- Kuyruklanma ve sürücü davranışları saha gözlemlerine uygun şekilde ayarlanmalıdır.
- Şerit değiştirme mesafesi saha gözlemlerine uygun şekilde ayarlanmalıdır.
- Taşıtların önde ve arkadaki taşıtlara reaksiyon süreleri ayarlanmalıdır.
- GEH istatistiğini kullanarak verilerin doğruluğu teyit edilebilir.

Özetle, önce saha gözlemleri neticesinde model gerçek koşullara uygun hale getirilir ve sonrasında GEH istatistiği kullanılarak verilerin doğruluğu teyit edilebilir.

3.4.1. GEH (Geoffrey E. Havers) Yöntemi

Mevcut durumu simüle eden verilerin değerlendirilmesinde GEH istatistiği kullanılmıştır. Bu istatistik, ulaşım planlamacısı Geoffrey E. Havers tarafından 1970'lerde geliştirilen bir formüldür. Esasen, modellenmiş trafik akışı ile gerçekte gözlemlenen trafik akışı arasındaki uyumun derecesini belirlemek için tasarlanmıştır. GEH istatistiği, özellikle küçük trafik hacimlerinde yüzde hesaplarına göre daha güvenilir sonuçlar sunmaktadır (Feldman, 2012; Kayacan, 2021).

GEH istatistiğinin formülü aşağıda verilmiştir:

$$GEH = \sqrt{\frac{2*(M-C)^2}{M+C}} \quad (3.2)$$

Denklemde;

M = Modellemede elde edilen taşıt sayısı

C = Mevcut durumda gözlemlenen taşıt sayısı

GEH istatistiği ile yapılan analizlerde, elde edilen değer 5'ten küçük olması durumunda, modelleme sonuçlarının gerçek gözlem verileriyle uyumlu olduğu ve kullanılabilir olduğu kabul edilir. Eğer sonuç değeri 5 ile 10 arasında bir değere sahipse, bu, simülasyon verilerinin güvenilir olmadığını ve tekrar gözden geçirilmesi gerektiğini gösterir. Ancak, değer 10'dan büyükse, bu, elde edilen simülasyon

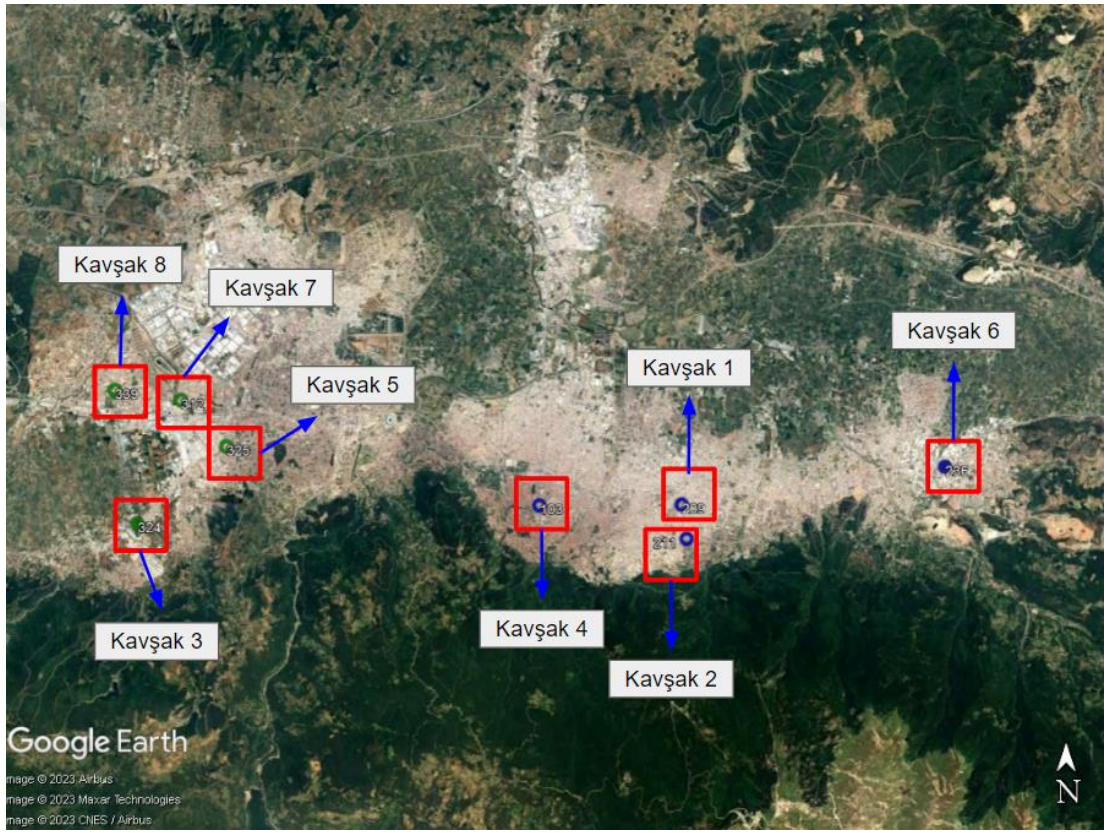
verilerinin mevcut gözlem verileriyle uyumsuz olduğunu ve bu verilerin kullanılamayacağını gösterir (Feldman, 2012; Kayacan, 2021).



4. ANALİZLER VE BULGULAR

4.1. Çalışma Alanı

Çalışma kapsamında, Bursa şehir merkezinde farklı noktalarda bulunan kavşaklardan sabit zamanlı olarak çalışan sekiz kavşak seçilmiştir (Şekil 4.1). Kavşaklardan bir tanesi şehrin doğusunda, üç tanesi şehir merkezine yakın bölgede ve dört tanesi de şehrin batısında bulunmaktadır. Bu kavşaklar seçilirken kavşaklar arasında kıyaslama yapabilmek için farklı kavşak tipleri ve farklı kavşak yoğunlukları dikkate alınmıştır.



Şekil 4.1 Çalışma alanı

Farklı kavşak tiplerine sahip kavşakların sabit zamanlı çalıştığı durum ile tam trafik uyarmalı çalıştığı durum arasındaki performans parametreleri karşılaştırılmıştır. Performans karşılaştırması için PTV Vissim mikro-simülasyon programı kullanılarak mevcut ve öneri durum modellenerek karşılaştırılmış ve analizler yapılmıştır. Öneri durum, kavşaklara kamera dedektörler konularak modellenmiştir. Bu kapsamda incelenen ve analiz edilen kavşaklar ve kavşak türleri Tablo 4.1’de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Seçilen kavşaklar ve kavşak türleri

Kavşak No	Seçilen Kavşaklar	Sinyalize Kavşak Türü
Kavşak 1	209 Eğitim Caddesi	4 Kollu
Kavşak 2	211 Mesken	4 Kollu
Kavşak 3	324 Çalı Alaaddinbey Hasanağa	4 Kollu
Kavşak 4	103 Şehreküstü	3 Kollu Dönel Adalı
Kavşak 5	325 Çalı Yolu Beşevler Girişi	3 Kollu Dönel Adalı
Kavşak 6	236 Kestel	4 Kollu Dönel Adalı
Kavşak 7	312 Altınşehir Mah. Hipodrom	4 Kollu Dönel Adalı
Kavşak 8	339 Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri	4 Kollu Dönel Adalı

4.1.1. Kavşak 1 – Eğitim Caddesi

Eğitim Caddesi Kavşağı, Mimar Sinan Bulvarı, Prof. Tezok Caddesi ve Eğitim Caddesi arasında bir bağlantı görevinde bulunan, ana yön akımı Kuzey-Güney yönünde seyreden dört kollu sinyalize bir kavşaktır (Şekil 4.2). Kavşağın Kuzey Geliş kolu D200'e bağlanmaktadır diğer üç yön ise konut bölgelerindeki trafiği toplamaktadır.

Kavşağın Doğu ve Batı Geliş kolları üç şerit iken Kuzey ve Güney Geliş kolları iki şerittir. Şerit genişlikleri 3 metreden oluşmaktadır. Kavşakta dört yönde de sağa dönüş adası bulunmaktadır.



Şekil 4.2. Eğitim Caddesi Kavşağı uydu görüntüsü

4.1.2. Kavşak 2 – Mesken

Mesken Kavşağı, Ertuğrulgazi Caddesi, Prof. Tezok Caddesi, Teyyareci Mehmet Ali Caddesi ve Selçuk Bey Caddesi arasında bir bağlantı görevinde bulunan, ana yön akımı Kuzey-Güney yönünde seyreden dört kollu sinyalizasyonlu bir kavşaktır (Şekil 4.3). Kavşağın Kuzey Geliş kolu D200'e bağlanmaktadır diğer üç yön ise konut bölgelerindeki trafiği toplamaktadır.

Kavşağın dört yönü de iki şerittir. Şerit genişlikleri 3 metreden oluşmaktadır. Kavşakta Batı Geliş kolunda sağa dönüş adası bulunmaktadır.



Şekil 4.3. Mesken Kavşağı uydu görüntüsü

4.1.3. Kavşak 3 – Çalı Alaaddinbey Hasanağa

Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı, Bursa Balıkesir Yolu, Ahıska Caddesi ve Alaaddinbey Caddesi arasında bir bağlantı görevinde bulunan, ana yön akımı Kuzeydoğu-Güneybatı yönünde seyreden dört kollu sinyalizasyonlu bir kavşaktır (Şekil 4.4). Kavşağın batısında sanayi bölgesi bulunmaktadır.

Kavşağın Kuzeydoğu, Güneydoğu ve Güneybatı Geliş kolları üç şerit iken Kuzeybatı Geliş kolu iki şerittir. Şerit genişlikleri 2,75 metreden oluşmaktadır. Kavşakta Güneybatı Geliş kolunda sağa dönüş adası bulunmaktadır.



Şekil 4.4. Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı uydu görüntüsü

4.1.4. Kavşak 4 – Şehreküstü

Şehreküstü Kavşağı, Fevzi Çakmak Caddesi, Ahmet Hamdi Tanpınar Caddesi ve Haşim İşcan Caddesi arasında bir bağlantı görevinde bulunan, ana yön akımı Doğu-Batı yönünde seyreden üç kollu dönel adalı sinyalize bir kavşaktır (Şekil 4.5). Kavşağın Kuzey Geliş kolu Bursa Kent Meydanı'na çıkmaktadır. Kavşak taşıt ve yaya trafiğinin yüksek olduğu bir birleşim noktasıdır.

Kavşağın Doğu ve Kuzey Geliş kolları üç şerit iken Batı Geliş kolu iki şerittir. Şerit genişlikleri 3 metreden oluşmaktadır. Kavşakta 20 metre çapında dönel ada bulunmaktadır. Kavşakta Doğu Geliş yönünde sağa dönüş adası bulunmaktadır. Batı gidiş kolunda yayaları geçirebilmek için sinyal direği bulunmaktadır.



Şekil 4.5. Şehreküstü Kavşağı uydu görüntüsü

4.1.5. Kavşak 5 – Çalı Yolu Beşevler Girişi

Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı, Ahıska Caddesi ve Gümüşdere Caddesi arasında bir bağlantı görevinde bulunan, ana yön akımı Kuzey-Güneybatı yönünde seyreden üç kollu dönel adalı sinyalizasyonlu bir kavşaktır (Şekil 4.6). Kavşağın Kuzey Geliş kolu D200'e bağlanmaktadır. Kavşağın batısında sanayi bölgesi bulunmaktadır.

Kavşağın Kuzey Geliş kolu üç şerit iken Güneybatı ve Güneydoğu Geliş kolları iki şerittir. Şerit genişlikleri 3,5 metreden oluşmaktadır. Kavşakta 23 metre çapında dönel ada bulunmaktadır. Kavşakta Güneydoğu ve Güneybatı Geliş yönlerinde sağa dönüş adası bulunmaktadır.

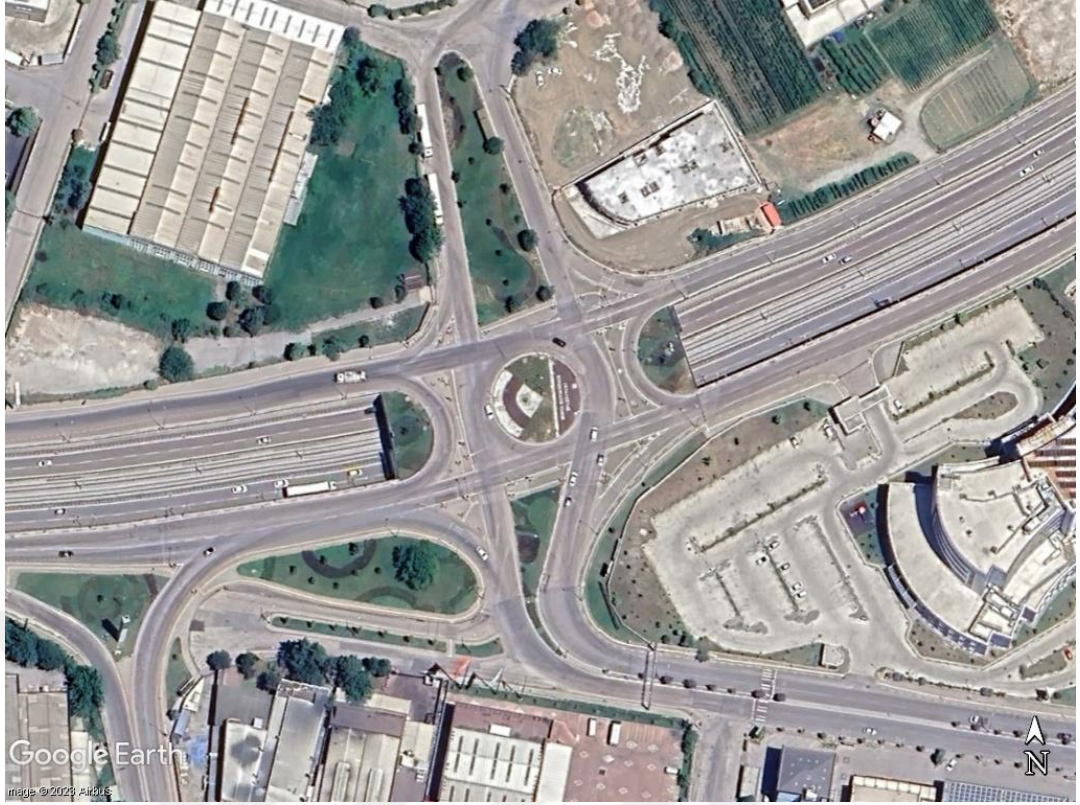


Şekil 4.6. Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı uydu görüntüsü

4.1.6. Kavşak 6 - Kestel

Kestel Kavşağı, D200 yolu, Bursa Caddesi ve Hünkar Caddesi arasında bir bağlantı görevinde bulunan, ana yön akımı Doğu-Batı yönünde seyreden dört kollu dönel adalı sinyalizasyonlu bir kavşaktır (Şekil 4.7). Kavşak hem şehirlerarası transit geçişler hem de şehir içi trafik akışlarına hizmet vermektedir. Kavşağın Güney’inde Kestel Devlet Hastanesi, Kuzey’inde ise iş merkezleri bulunmaktadır.

Kavşağın Güney Geliş kolu üç şerit iken Doğu, Batı ve Kuzey Geliş kolları iki şerittir. Şerit genişlikleri 3,25 metreden oluşmaktadır. Kavşakta 28 metre çapında dönel ada bulunmaktadır. Kavşakta dört yönde de sağa dönüş adası bulunmaktadır. Ayrıca Doğu ve Batı yönleri için de U dönüş cebi bulunmaktadır. Batı Geliş yönünün 100 metre gerisinde sağdan kavşağa katılım kolu bulunmaktadır, bu yüzden kavşağın 100 metre gerisinde ana yön ve katılım kolunun kesişimi için sinyalizasyon sistemi kullanılmaktadır.



Şekil 4.7. Kestel Kavşağı uydu görüntüsü

4.1.7. Kavşak 7 - Altınşehir Mah. Hipodrom

Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı, Uğur Mumcu Bulvarı, Hipodrom ve Yunusemre Caddesi arasında bir bağlantı görevinde bulunan dört kollu dönel adalı sinyalizasyonlu bir kavşaktır (Şekil 4.8). Kavşağın Güney Geliş kolu D200'e bağlanmaktadır. Kuzey'inde Hipodrom, Doğu ve Batısında konut bölgeleri bulunmaktadır.

Kavşağın Kuzey ve Güney Geliş kolları üç şerit iken Doğu ve Batı Geliş kolları iki şerittir. Şerit genişlikleri 3,5 metreden oluşmaktadır. Kavşakta 45 metre çapında dönel ada bulunmaktadır.



Şekil 4.8. Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı uydu görüntüsü

4.1.8. Kavşak 8 - Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri

Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı, Doğan Avcıoğlu Caddesi ve Ahmet Taner Kışlalı Caddesi arasında bir bağlantı görevinde bulunan, ana yön akımı Kuzey-Güney yönünde seyreden dört kollu dönel adalı sinyalizasyonlu bir kavşaktır (Şekil 4.9). Kavşağın Güney Geliş kolu D200'e bağlanmaktadır. Kuzey Geliş kolu sanayi bölgesine bağlanmaktadır. Doğu ve batısında ise konut bölgeleri bulunmaktadır.

Kavşağın Kuzey ve Güney Geliş kolları üç şerit iken Doğu ve Batı Geliş kolları tek şerittir. Şerit genişlikleri 3,25 metreden oluşmaktadır. Kavşakta 21 metre çapında dönel ada bulunmaktadır.



Şekil 4.9. Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı uydu görüntüsü

4.2. Verilerin Toplanması

Kavşakların sabit zamanlı çalıştığı durum ile tam trafik uyarmalı çalıştığı durum arasındaki performans parametreleri PTV Vissim mikro-simülasyon programı kullanılarak belirlenecektir. Kavşakların modellenebilmesi için kavşaklar ile ilgili saha verilerinin toplanması gerekmektedir. Her kavşak için zirve saat taşıt sayımı, grup yeri ve faz düzeni verileri toplanmalıdır. Kavşaklar saha da gözlemlenerek gerekli veriler ve notlar toplanmalıdır.

4.2.1. Sayım Verileri

Sayım verilerini belirlemek için kavşağa kamera kurularak sabah, öğle ve akşam saatleri için video kayıtları alınmıştır. Video kayıtları ISSD Bilişim Elektronik A.Ş. şirketi tarafından kurulan kameralardan alınmıştır. Alınan video kayıtları deşifre edilerek zirve saatler belirlenmiştir. Analizlerde en yüksek trafik hacmine sahip olan zirve saat sayımları kullanılmıştır. Sayım deşifresi otomobil ve ağır taşıt olmak üzere iki farklı taşıt türüne göre yapılmıştır. Belirlenen zirve saatler için sahada gerekli gözlemler de yapılmıştır.

Yapılan trafik sayım çalışmasına göre, zirve saat trafik sayım değerleri Tablo 4.2-4.17’de verilmiştir.

4.2.1.1. Kavşak 1 - Eğitim Caddesi

Eğitim Caddesi Kavşağı'nda trafik hacim değerlerinin sabah ve akşam zirve saatlerde birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir. Toplam trafik hacmi sabah 3325 tş/sa ve akşam 3250 tş/sa'dır. (Tablo 4.2) Saha gözlemi sonrası akşam trafiğinin daha kritik olduğu gözlemlendiği için analizlerde akşam zirve saat sayımı kullanılmıştır.

Tablo 4.2 Eğitim Caddesi Kavşağı zirve saat trafik sayım değerleri

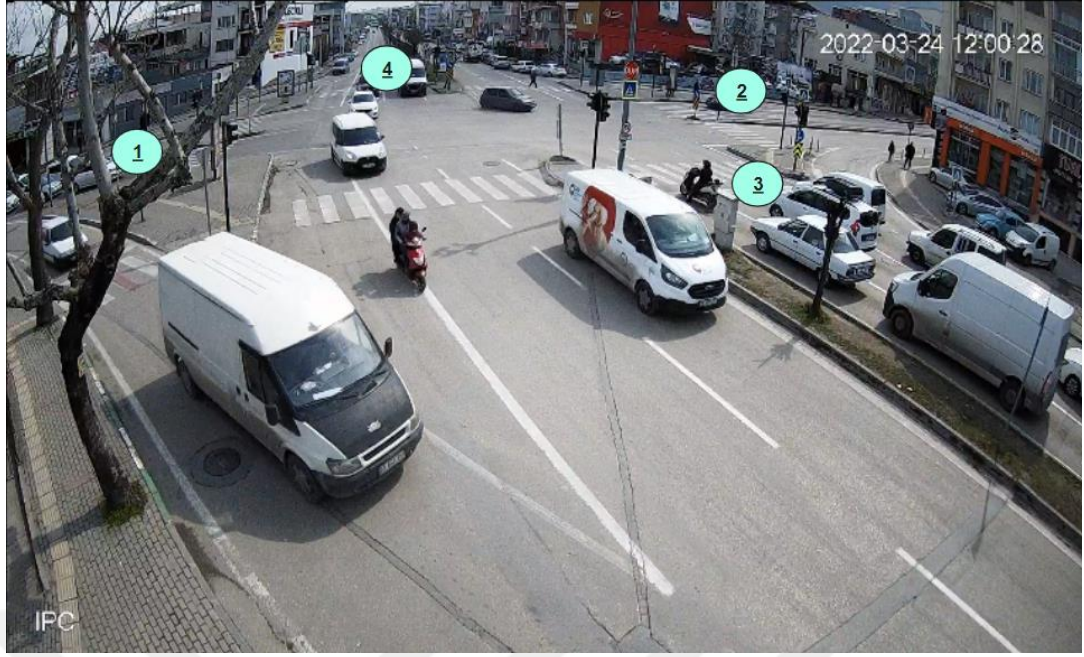
Zirve Saat		Toplam Trafik Hacmi (tş/sa)
Sabah	07:45-08:45	3325
Öğle	13:00-14:00	2979
Akşam	18:00-19:00	3250

Trafik sayım tarihi: 24.03.2022

Eğitim Caddesi Kavşağı'na ait yaklaşım kolları Şekil 4.10'da video kamera görüntüleri de Şekil 4.11'de görülmektedir.



Şekil 4.10. Eğitim Caddesi Kavşağı'na ait yaklaşım kolları



Şekil 4.11. Eğitim Caddesi Kavşağı'na ait kamera görüntüsü

Eğitim Caddesi Kavşağı'na ait kol bazlı akşam zirve saat trafik sayım hacimleri Tablo 4.3'de görülmektedir. Tabloda yukarıdan aşağıya doğru sıralanan rakamlar taşıtların kavşağa geliş yönünü, soldan sağa doğru olan rakamlar ise taşıtların hangi yöne gittiğini ifade etmektedir.

Tablo 4.3. Eğitim Caddesi Kavşağı'na ait kol bazlı akşam zirve saat trafik sayım hacimleri (tş/sa)

	Akşam	1	2	3	4	Toplam
Otomobil & Minibüs (tş/sa)	1	14	669	316	220	1219
	2	472	0	88	75	635
	3	340	50	21	298	709
	4	181	83	316	33	613
	Toplam	1007	802	741	626	3176
	Akşam	1	2	3	4	Toplam
Ağır Taşıt (Otobüs & Kamyon & Tır) (tş/sa)	1	0	8	6	2	16
	2	17	0	11	1	29
	3	4	6	0	7	17
	4	4	1	7	0	12
	Toplam	25	15	24	10	74
	Akşam	1	2	3	4	Toplam
Toplam Trafik Hacmi (tş/sa)	1	14	677	322	222	1235
	2	489	0	99	76	664
	3	344	56	21	305	726
	4	185	84	323	33	625
	Toplam	1032	817	765	636	3250

Trafik hacim değerleri incelendiğinde akşam zirvesinde kavşaktaki trafiğin %98'ini otomobil, %2'sini ise ağır taşıt oluşturmaktadır. Kavşakta ki en yoğun kolun 1 numaralı Kuzey Geliş kolunda olduğu ve D200 yolundan gelen trafiğin konut bۆlgelerine dağıldığı gۆrۆlmektedir. Kavşaktaki yۆn dağılımı incelendiğinde tۆm kollar için dۆz gidiş oranlarının, 3 numaralı kol içinse dۆz ve sola dۆnۆř oranının yۆksek olduğu gۆrۆlmektedir.

4.2.1.2. Kavşak 2 - Mesken

Mesken Kavşağı'nda en yۆksek trafik hacim değeri akşam zirve saatte gۆzlemlenmiřtir ve toplam trafik hacmi 1894 tş/sa'dir. (Tablo 4.4) Analizlerde en yۆksek trafik hacmine sahip olan akşam zirve saat sayımı kullanılmıştır.

Tablo 4.4 Mesken Kavşağı zirve saat trafik sayım değerleri

	Zirve Saat	Toplam Trafik Hacmi (tş/sa)
Sabah	07:15-08:15	1736
ۆgle	12:30-13:30	1652
Akşam	18:45-19:45	1894
Trafik sayım tarihi: 24.03.2022		

Mesken Kavşağı'na ait yaklaşım kolları şekil 4.12'de video kamera gۆrۆntۆleri de şekil 4.13'de gۆrۆlmektedir.



Şekil 4.12. Mesken Kavşağı'na ait yaklaşım kolları



Şekil 4.13. Mesken Kavşağı'na ait kamera görüntüsü

Mesken Kavşağı'na ait kol bazlı akşam zirve saat trafik sayım hacimleri Tablo 4.5'de görülmektedir. Tabloda yukarıdan aşağıya doğru sıralanan rakamlar taşıtların kavşağa geliş yönünü, soldan sağa doğru olan rakamlar ise hangi yöne gittiğini ifade

etmektedir.

Tablo 4.5. Mesken Kavşağı'na ait kol bazlı akşam zirve saat trafik sayım hacimleri (tş/sa)

	Akşam	1	2	3	4	Toplam
Otomobil & Minibüs (tş/sa)	1	0	205	234	133	572
	2	175	0	39	41	255
	3	232	50	2	257	541
	4	109	41	300	1	451
	Toplam	516	296	575	432	1819
	Akşam	1	2	3	4	Toplam
Ağır Taşıt (Otobüs & Kamyon & Tır) (tş/sa)	1	0	6	3	11	20
	2	1	1	3	0	5
	3	3	5	0	7	15
	4	27	0	8	0	35
	Toplam	31	12	14	18	75
	Akşam	1	2	3	4	Toplam
Toplam Trafik Hacmi (tş/sa)	1	0	211	237	144	592
	2	176	1	42	41	260
	3	235	55	2	264	556
	4	136	41	308	1	486
	Toplam	547	308	589	450	1894

Trafik hacim değerleri incelendiğinde akşam zirvesinde kavşaktaki trafiğin %96'sını otomobil, %4'ünü ise ağır taşıt oluşturmaktadır. Kavşakta 1,3 ve 4 numaralı kollarındaki hacim değerlerinin birbirine yakın olduğu ve 2 numaralı Güney Geliş kolunun daha az hacim değerine sahip olduğu görülmektedir.

4.2.1.3. Kavşak 3 - Çalı Alaaddinbey Hasanağa

Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı'nda en yüksek trafik hacim değeri akşam zirve saatte gözlemlenmiştir ve toplam trafik hacmi 2329 teş/sa'dır. (Tablo 4.6) Analizlerde en yüksek trafik hacmine sahip olan akşam zirve saat sayımı kullanılmıştır.

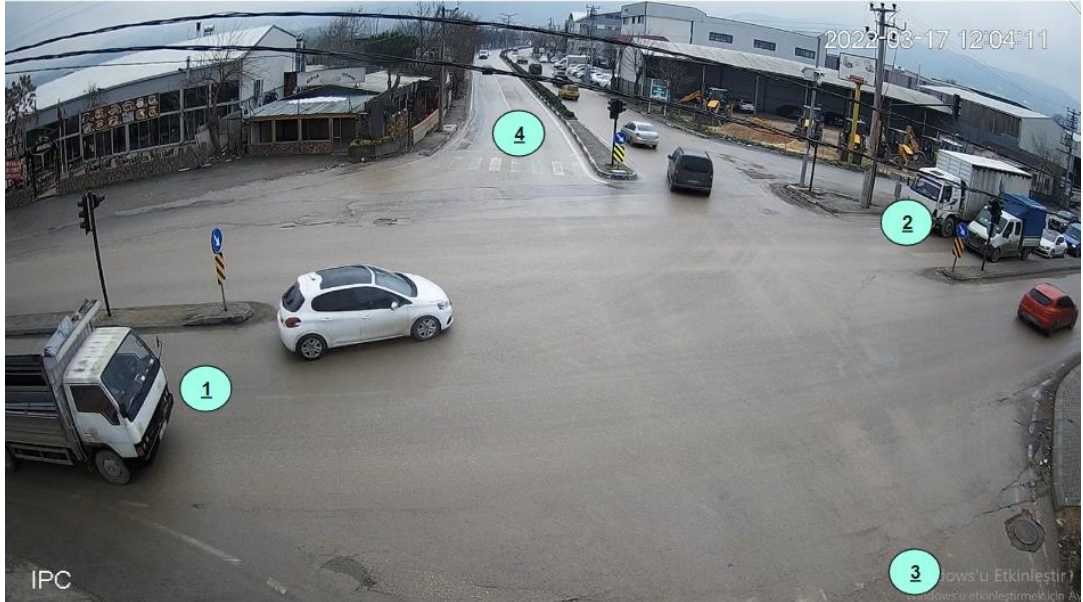
Tablo 4.6 Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı zirve saat trafik sayım değerleri

	Zirve Saat	Toplam Trafik Hacmi (tş/sa)
Sabah	07:30-08:30	2235
Öğle	13:00-14:00	1885
Akşam	17:30-18:30	2329
Trafik sayım tarihi: 17.03.2022		

Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı'na ait yaklaşım kolları Şekil 4.14'de video kamera görüntüleri de Şekil 4.15'de görülmektedir.



Şekil 4.14. Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı'na ait yaklaşım kolları



Şekil 4.15. Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı'na ait kamera görüntüsü

Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı'na ait kol bazlı akşam zirve saat trafik sayım hacimleri Tablo 4.7'de görülmektedir. Tabloda yukarıdan aşağıya doğru

sıralanan rakamlar taşıtların kavşağa geliş yönünü, soldan sağa doğru olan rakamlar ise hangi yöne gittiğini ifade etmektedir.

Tablo 4.7. Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı'na ait kol bazlı akşam zirve saat trafik sayım hacimleri (tş/sa)

	Akşam	1	2	3	4	Toplam
Otomobil & Minibüs (tş/sa)	1	1	461	32	346	840
	2	581	0	4	80	665
	3	21	18	0	148	187
	4	336	48	157	4	545
	Toplam	939	527	193	578	2237
	Akşam	1	2	3	4	Toplam
Ağır Taşıt (Otobüs & Kamyon & Tır) (tş/sa)	1	0	15	0	14	29
	2	30	0	3	3	36
	3	0	2	0	5	7
	4	12	2	6	0	20
	Toplam	42	19	9	22	92
	Akşam	1	2	3	4	Toplam
Toplam Trafik Hacmi (tş/sa)	1	1	476	32	360	869
	2	611	0	7	83	701
	3	21	20	0	153	194
	4	348	50	163	4	565
	Toplam	981	546	202	600	2329

Trafik hacim değerleri incelendiğinde akşam zirvesinde kavşaktaki trafiğin %96'sını otomobil, %4'ünü ise ağır taşıt oluşturmaktadır. Kavşakta ki en yoğun kolun 1 numaralı Kuzeydoğu Geliş kolunda olduğu ve yaklaşık %55'inin düz ve %42'sinin sola dönüş yaptığı görülmektedir.

4.2.1.4. Kavşak 4 - Şehreküstü

Şehreküstü Kavşağı'nda en yüksek trafik hacim değeri akşam zirve saatte gözlemlenmiştir ve toplam trafik hacmi 3444 teş/sa'dır. (Tablo 4.8) Analizlerde en yüksek trafik hacmine sahip olan akşam zirve saat sayımı kullanılmıştır.

Tablo 4.8 Şehreküstü Kavşağı zirve saat trafik sayım değerleri

	Zirve Saat	Toplam Trafik Hacmi (tş/sa)
Sabah	08:15-09:15	2921
Öğle	13:00-14:00	3046
Akşam	18:15-19:15	3444
Trafik sayım tarihi: 07.03.2022		

Şehreküstü Kavşağı'na ait yaklaşım kolları Şekil 4.16'da video kamera görüntüleri de Şekil 4.17'de görülmektedir.



Şekil 4.16. Şehreküstü Kavşağı'na ait yaklaşım kolları



Şekil 4.17. Şehreküstü Kavşağı'na ait kamera görüntüsü

Şehreküstü Kavşağı'na ait kol bazlı akşam zirve saat trafik sayım hacimleri Tablo 4.9'de görülmektedir. Tabloda yukarıdan aşağıya doğru sıralanan rakamlar

taşıtların kavşağa geliş yönünü, soldan sağa doğru olan rakamlar ise hangi yöne gittiğini ifade etmektedir.

Tablo 4.9. Şehreküstü Kavşağı'na ait kol bazlı akşam zirve saat trafik sayım hacimleri (tş/sa)

	Akşam	1	2	3	Toplam
Otomobil & Minibüs (tş/sa)	1	51	794	186	1031
	2	196	112	443	751
	3	130	1377	1	1508
	Toplam	377	2283	630	3290
	Akşam	1	2	3	Toplam
Ağır Taşıt (Otobüs & Kamyon & Tır) (tş/sa)	1	2	62	1	65
	2	2	0	2	4
	3	14	71	0	85
	Toplam	18	133	3	154
	Akşam	1	2	3	Toplam
Toplam Trafik Hacmi (tş/sa)	1	53	856	187	1096
	2	198	112	445	755
	3	144	1448	1	1593
	Toplam	395	2416	633	3444

Trafik hacim değerleri incelendiğinde akşam zirvesinde kavşaktaki trafiğin %96'sını otomobil, %4'ünü ise ağır taşıt oluşturmaktadır. Kavşakta ki en yoğun kolun 3 numaralı Doğu Geliş kolunda olduğu ve yaklaşık %91'inin düz gittiği görülmektedir. Diğer en yoğun kolun 1 numaralı Kuzey Geliş kolunda olduğu ve yaklaşık %78'inin sağa dönüş yaptığı görülmektedir.

4.2.1.5. Kavşak 5 - Çalı Yolu Beşevler Girişi

Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı'nda en yüksek trafik hacim değeri sabah zirve saatte gözlemlenmiştir ve toplam trafik hacmi 4104 teş/sa'dır. (Tablo 4.10) Analizlerde en yüksek trafik hacmine sahip olan sabah zirve saat sayımı kullanılmıştır.

Tablo 4.10 Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı zirve saat trafik sayım değerleri

	Zirve Saat	Toplam Trafik Hacmi (tş/sa)
Sabah	08:00-09:00	4104
Öğle	13:00-14:00	2909
Akşam	18:00-19:00	3888
Trafik sayım tarihi: 17.03.2022		

Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı'na ait yaklaşım kolları Şekil 4.18'de video kamera görüntüleri de Şekil 4.19'da görülmektedir.



Şekil 4.18. Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı'na ait yaklaşım kolları



Şekil 4.19. Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı'na ait kamera görüntüsü

Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı'na ait kol bazlı sabah zirve saat trafik sayım hacimleri Tablo 4.11'de görülmektedir. Tabloda yukarıdan aşağıya doğru sıralanan rakamlar taşıtların kavşağa geliş yönünü, soldan sağa doğru olan rakamlar ise hangi yöne gittiğini ifade etmektedir.

Tablo 4.11. Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı'na ait kol bazlı sabah zirve saat trafik sayım hacimleri (tş/sa)

	Sabah	1	2	3	Toplam
Otomobil & Minibüs (tş/sa)	1	6	840	396	1242
	2	1139	1	325	1465
	3	665	595	3	1263
	Toplam	1810	1436	724	3970
	Sabah	1	2	3	Toplam
Ağır Taşıt (Otobüs & Kamyon & Tır) (tş/sa)	1	5	50	10	65
	2	39	0	10	49
	3	14	6	0	20
	Toplam	58	56	20	134
	Sabah	1	2	3	Toplam
Toplam Trafik Hacmi (tş/sa)	1	11	890	406	1307
	2	1178	1	335	1514
	3	679	601	3	1283
	Toplam	1868	1492	744	4104

Trafik hacim değerleri incelendiğinde sabah zirvesinde kavşaktaki trafiğin %97'sini otomobil, %3'ünü ise ağır taşıt oluşturmaktadır. Kavşakta ki en yoğun kolun 2 numaralı Güneybatı Geliş kolunda olduğu ve yaklaşık %78'inin düz giderek D200 yoluna bağlandığı görülmektedir.

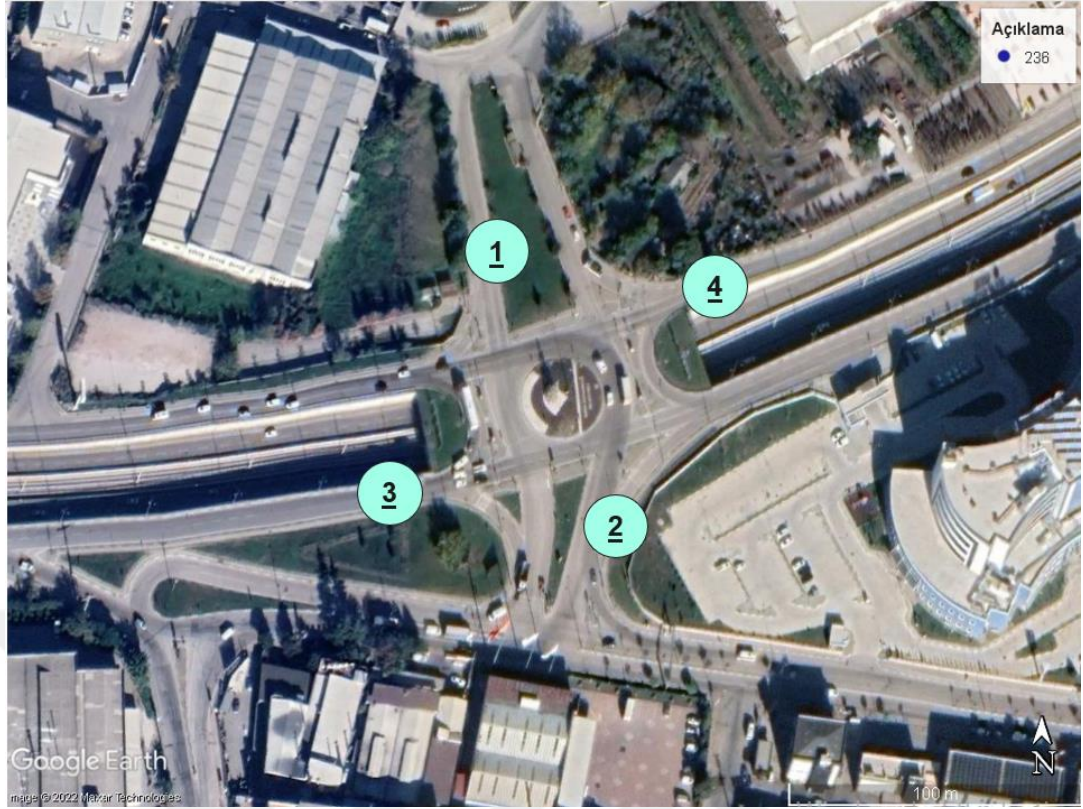
4.2.1.6. Kavşak 6 - Kestel

Kestel Kavşağı'nda en yüksek trafik hacim değeri sabah zirve saatte gözlemlenmiştir ve toplam trafik hacmi 3628 teş/sa'dir. (Tablo 4.12) Analizlerde en yüksek trafik hacmine sahip olan sabah zirve saat sayımı kullanılmıştır.

Tablo 4.12 Kestel Kavşağı zirve saat trafik sayım değerleri

	Zirve Saat	Toplam Trafik Hacmi (tş/sa)
Sabah	08:15-09:15	3628
Öğle	13:00-14:00	2509
Akşam	16:15-17:15	3276
Trafik sayım tarihi: 03.03.2022		

Kestel Kavşağı'na ait yaklaşım kolları Şekil 4.20'de video kamera görüntüleri de Şekil 4.21 ve Şekil 4.22'de görülmektedir.



Şekil 4.20. Kestel Kavşağı'na ait yaklaşım kolları



Şekil 4.21. Kestel Kavşağı'na ait kamera görüntüsü -1



Şekil 4.22. Kestel Kavşağı'na ait kamera görüntüsü -2

Kestel Kavşağı'na ait kol bazlı sabah zirve saat trafik sayım hacimleri Tablo 4.13'de görülmektedir. Tabloda yukarıdan aşağıya doğru sıralanan rakamlar taşıtların kavşağa geliş yönünü, soldan sağa doğru olan rakamlar ise hangi yöne gittiğini ifade etmektedir.

Tablo 4.13. Kestel Kavşağı'na ait kol bazlı sabah zirve saat trafik sayım hacimleri (tş/sa)

	Sabah	1	2	3	4	Toplam
Otomobil & Minibüs (tş/sa)	1	0	238	47	112	397
	2	174	5	894	17	1090
	3	375	440	815	143	1773
	4	37	49	44	101	231
	Toplam	586	732	1800	373	3491
	Sabah	1	2	3	4	Toplam
Ağır Taşıt (Otobüs & Kamyon & Tır) (tş/sa)	1	0	7	1	2	10
	2	1	0	20	8	29
	3	12	10	48	9	79
	4	0	5	1	13	19
	Toplam	13	22	70	32	137
	Sabah	1	2	3	4	Toplam
Toplam Trafik Hacmi (tş/sa)	1	0	245	48	114	407
	2	175	5	914	25	1119
	3	387	450	863	152	1852
	4	37	54	45	114	250
	Toplam	599	754	1870	405	3628

Trafik hacim değerleri incelendiğinde sabah zirvesinde kavşaktaki trafiğin %96'sını otomobil, %4'ünü ise ağır taşıt oluşturmaktadır. Kavşakta ki en yoğun kolun 3 numaralı Batı Geliş yönünde olduğu ve yaklaşık %50'sinin U dönüşü yaparak Gürsu ve şehir merkezine gittiği görölmektedir, Diğer en yoğun kolun 2 numaralı Güney Geliş yönünde olduğu ve yaklaşık %50'sinin U dönüşü yaparak şehir merkezine gittiği görölmektedir. 3 ve 4 numaralı kollardan transit geçiş olduğu için düz gidişlerdeki sayım değerleri düşük gelmiştir. 1 numaralı Kuzey Geliş kolunda iş merkezleri olduğu için sabah zirve saatte yoğunluk görölmemektedir.

4.2.1.7. Kavşak 7 - Altınşehir Mah. Hipodrom

Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'nda en yüksek trafik hacim değeri akşam zirve saatte gözlemlenmiştir ve toplam trafik hacmi 4745 tş/sa'dır. (Tablo 4.14) Analizlerde en yüksek trafik hacmine sahip olan akşam zirve saat sayımı kullanılmıştır.

Tablo 4.14 Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı zirve saat trafik sayım değerleri

	Zirve Saat	Toplam Trafik Hacmi (tş/sa)
Sabah	08:15-09:15	4190
Öğle	12:45-13:45	3586
Akşam	17:45-18:45	4745
Trafik sayım tarihi: 17.03.2022		

Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'na ait yaklaşım kolları Şekil 4.23'de video kamera görüntüleri de Şekil 4.24 ve Şekil 4.25'de görölmektedir.



Şekil 4.23. Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'na ait yaklaşım kolları



Şekil 4.24. Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'na ait kamera görüntüsü -1



Şekil 4.25. Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'na ait kamera görüntüsü -2

Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'na ait kol bazlı akşam zirve saat trafik sayım hacimleri Tablo 15'de görülmektedir. Tabloda yukarıdan aşağıya doğru sıralanan rakamlar taşıtların kavşağa geliş yönünü, soldan sağa doğru olan rakamlar ise hangi yöne gittiğini ifade etmektedir.

Tablo 4.15. Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'na ait kol bazlı akşam zirve saat trafik sayım hacimleri (tş/sa)

	Akşam	1	2	3	4	Toplam
Otomobil & Minibüs (tş/sa)	1	3	570	90	15	678
	2	793	49	487	108	1437
	3	321	812	6	637	1776
	4	67	312	292	1	672
	Toplam	1184	1743	875	761	4563
	Akşam	1	2	3	4	Toplam
Ağır Taşıt (Otobüs & Kamyon & Tır) (tş/sa)	1	0	51	2	1	54
	2	62	4	6	3	75
	3	4	20	0	13	37
	4	1	4	11	0	16
	Toplam	67	79	19	17	182
	Akşam	1	2	3	4	Toplam
Toplam Trafik Hacmi (tş/sa)	1	3	621	92	16	732
	2	855	53	493	111	1512
	3	325	832	6	650	1813
	4	68	316	303	1	688
	Toplam	1251	1822	894	778	4745

Trafik hacim değerleri incelendiğinde akşam zirvesinde kavşaktaki trafiğin %96'sını otomobil, %4'ünü ise ağır taşıt oluşturmaktadır. Kavşakta ki en yoğun kolun 3 numaralı Batı Geliş kolunda olduğu ve yaklaşık %36'sının düz, %46'sının sağa döneş yaptığı gürölmektedir.

4.2.1.8. Kavşak 8 - Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri

Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı'nda en yüksek trafik hacim değeri sabah zirve saatte gözlemlenmiştir ve toplam trafik hacmi 4042 tş/sa'dir. (Tablo 4.16) Analizlerde en yüksek trafik hacmine sahip olan sabah zirve saat sayımı kullanılmıştır.

Tablo 4.16 Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı zirve saat trafik sayım değerleri

Zirve Saat		Toplam Trafik Hacmi (tş/sa)
Sabah	08:15-09:15	4042
Öğle	12:45-13:45	3069
Akşam	16:15-17:15	3802
Trafik sayım tarihi: 24.02.2022		

Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı'na ait yaklaşım kolları şekil 4.26'da video kamera gürüntüleri de şekil 4.27'de gürölmektedir.



şekil 4.26. Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı'na ait yaklaşım kolları



Şekil 4.27. Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı'na ait kamera görüntüsü

Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı'na ait kol bazlı sabah zirve saat trafik sayım hacimleri Tablo 4.17'de görülmektedir. Tabloda yukarıdan aşağıya doğru sıralanan rakamlar taşıtların kavşağa geliş yönünü, soldan sağa doğru olan rakamlar ise hangi yöne gittiğini ifade etmektedir.

Tablo 4.17. Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı'na ait kol bazlı sabah zirve saat trafik sayım hacimleri (tş/sa)

	Sabah	1	2	3	4	Toplam
Otomobil & Minibüs (tş/sa)	1	4	1597	112	150	1863
	2	952	156	90	72	1270
	3	104	320	0	117	541
	4	166	70	30	0	266
	Toplam	1226	2143	232	339	3940
	Sabah	1	2	3	4	Toplam
Ağır Taşıt (Otobüs & Kamyon & Tır) (tş/sa)	1	0	20	1	3	24
	2	56	19	0	3	78
	3	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0
	Toplam	56	39	1	6	102
	Sabah	1	2	3	4	Toplam
Toplam Trafik Hacmi (tş/sa)	1	4	1617	113	153	1887
	2	1008	175	90	75	1348
	3	104	320	0	117	541
	4	166	70	30	0	266
	Toplam	1282	2182	233	345	4042

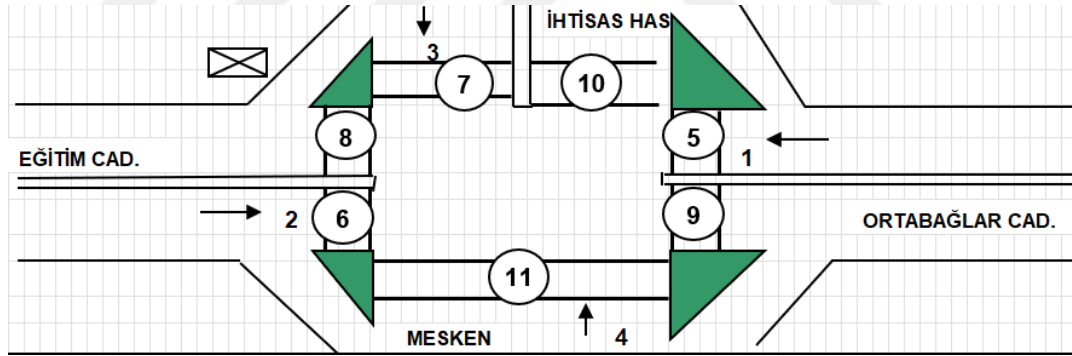
Trafik hacim değerleri incelendiğinde sabah zirvesinde kavşaktaki trafiğin %97'sini otomobil, %3'ünü ise ağır taşıt oluşturmaktadır. Kavşakta ki en yoğun kolun 1 numaralı Kuzey Geliş kolunda olduğu ve yaklaşık %86'sının düz gittiği görülmektedir.

4.2.1. Faz Verilerinin Belirlenmesi

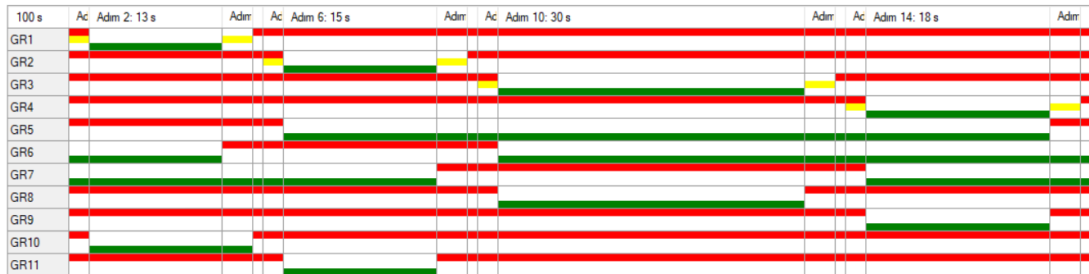
Kavşakların PTV Vissim programında modellenmesi ve analiz edilmesi için kavşak krokilerine ve sinyal programlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Kavşak krokileri ve sinyal programları Bursa Büyükşehir Belediyesi Trafik Şube Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan kavşakların 5 tanesi Maestro ve 3 tanesi de İsbak kavşak kontrol cihazından oluşmaktadır. Maestro kavşakların sinyal programları v2.2.2 arayüzü ile İsbak kavşakların sinyal programları da JPx7 arayüzü ile açılarak incelenmiş ve faz verileri çıkartılmıştır.

4.2.1.1. Kavşak 1 - Eğitim Caddesi

Kavşağın sinyal grubu krokisi ve sinyal programı Şekil 4.28 ve Şekil 4.29'da görülmektedir.



Şekil 4.28. Eğitim Caddesi Kavşağı'na ait sinyal grubu krokisi



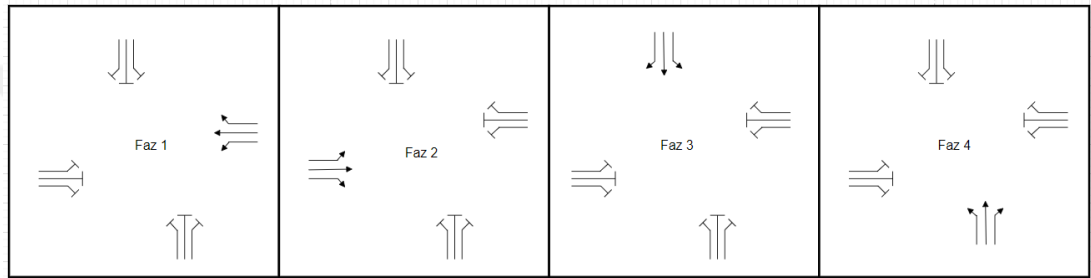
Şekil 4.29. Eğitim Caddesi Kavşağı'na ait akşam zirve saat sinyal programı

Eğitim Caddesi Kavşağı 4 fazlı sinyalize bir kavşaktır. Sinyal programında 4 yön ayrı ayrı fazlarda açacak şekilde çalışmaktadır. Faz 1 Doğu Geliş yönü, Faz 2 Batı

Geliş yönü, Faz 3 Kuzey Geliş yönü ve Faz 4 Güney Geliş yönü için kullanılmaktadır. Akşam zirve saatte 100 saniyelik döngü süresi kullanılmaktadır. Tablo 4.18’ de kavşağa ait faz verileri ve Şekil 4.30’da faz düzeni gösterilmektedir.

Tablo 4.18. Eğitim Caddesi Kavşağı’na ait faz verileri

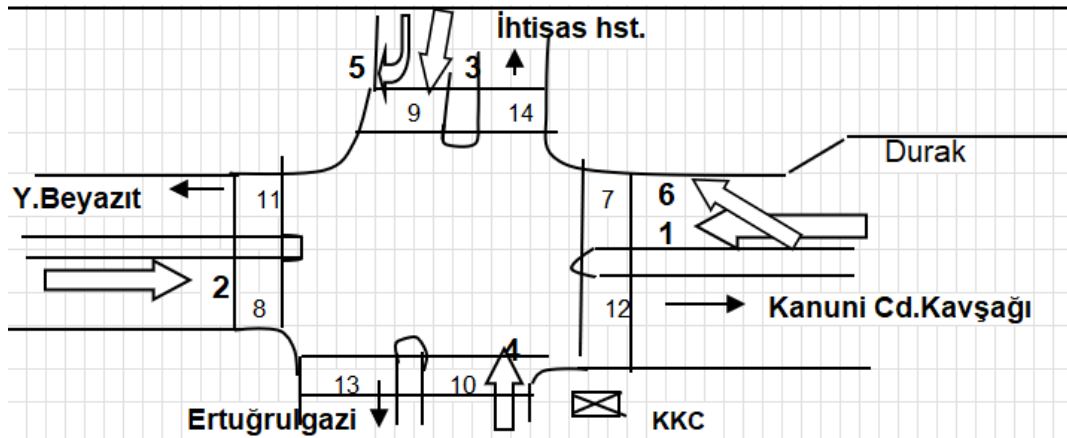
Faz No	Faz Adı	Yeşil Süresi (ort)	Koruma Süresi	Döngü Süresi
1	Doğu Geliş	13	6	100
2	Batı Geliş	15	6	
3	Kuzey Geliş	30	6	
4	Güney Geliş	18	6	



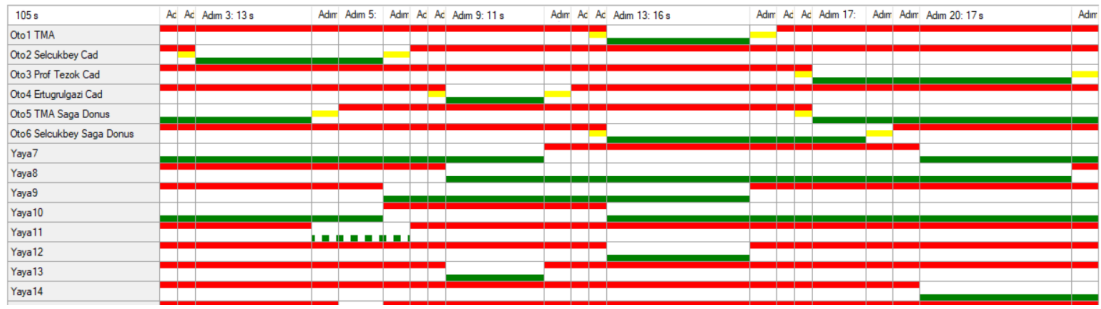
Şekil 4.30. Eğitim Caddesi Kavşağı'na ait faz düzeni

4.2.1.2. Kavşak 2 - Mesken

Kavşağın sinyal grubu krokisi ve sinyal programı Şekil 4.31 ve Şekil 4.32’de görülmektedir.



Şekil 4.31. Mesken Kavşağı'na ait sinyal grubu krokisi

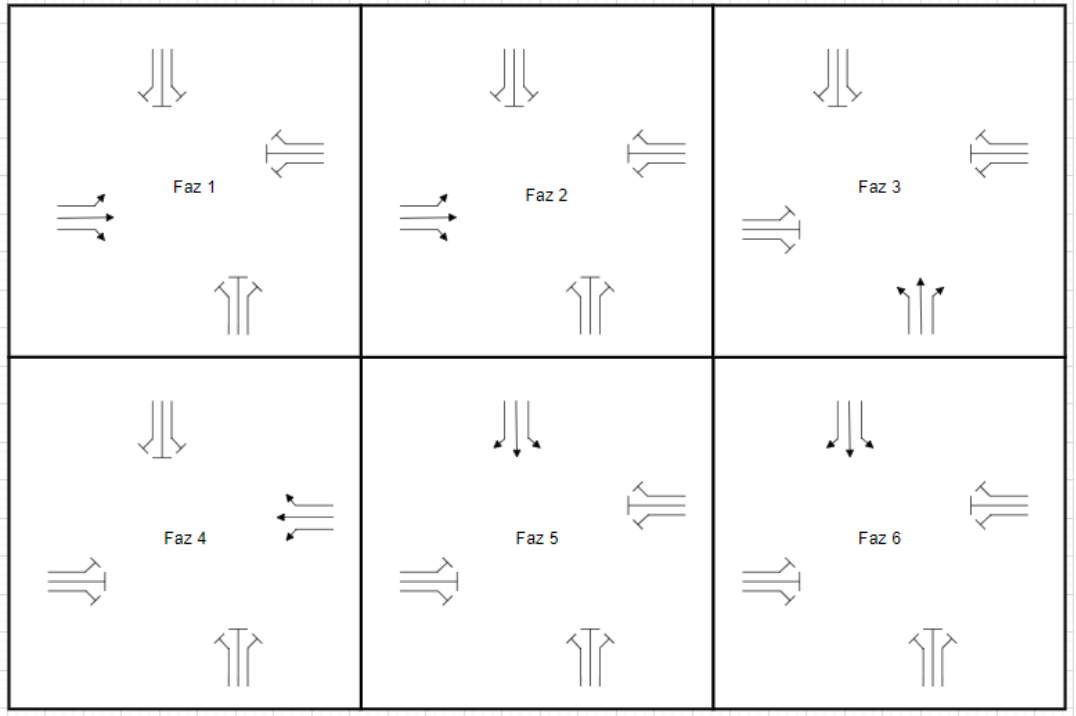


Şekil 4.32. Mesken Kavşağı'na ait akşam zirve saat sinyal programı

Mesken Kavşağı 6 fazlı sinyalizasyon bir kavşaktır. Sinyal programında Faz 1 ve Faz 2 Batı Geliş yönü için kullanılmaktadır, yaya gruplarını açabilmek için faz ikiye bölünmüştür. Faz 3 Güney Geliş yönü, Faz 4 de Doğu Geliş yönü için kullanılmaktadır. Faz 5 ve Faz 6 da Kuzey Geliş yönü için kullanılmaktadır, yaya gruplarını açabilmek için faz ikiye bölünmüştür. Akşam zirve saatte 105 saniyelik döngü süresi kullanılmaktadır. Tablo 4.19'da kavşağına ait faz verileri ve Şekil 4.33'de faz düzeni gösterilmektedir.

Tablo 4.19. Mesken Kavşağı'na ait faz verileri

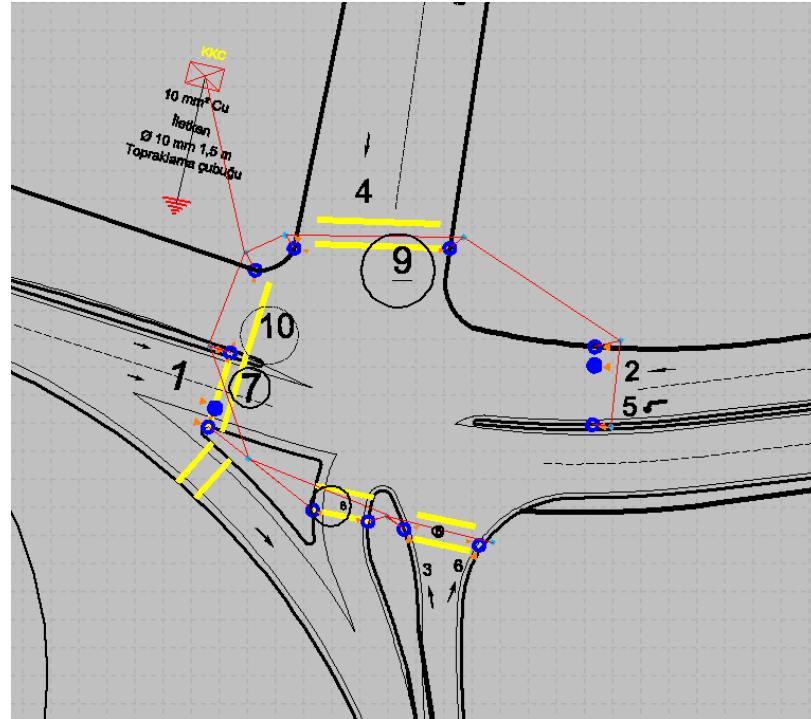
Faz No	Faz Adı	Yeşil Süresi (ort)	Koruma Süresi	Döngü Süresi
1	Batı Geliş	13	7	105
2	Batı Geliş	5	3	
3	Güney Geliş	11	7	
4	Doğu Geliş	16	7	
5	Kuzey Geliş	6	7	
6	Kuzey Geliş	17	6	



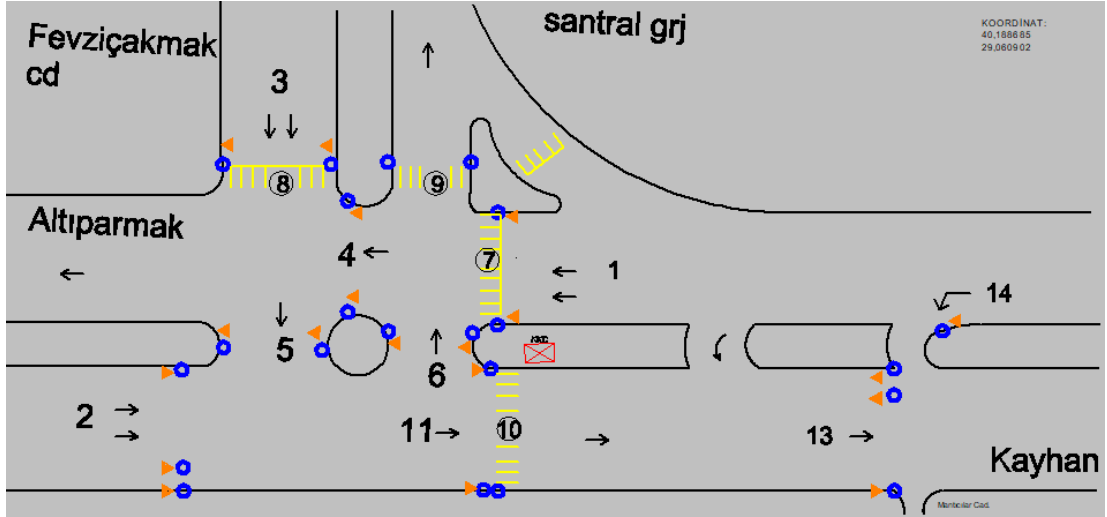
Şekil 4.33. Mesken Kavşağı'na ait faz düzeni

4.2.1.3. Kavşak 3 - Çalı Alaaddinbey Hasanağa

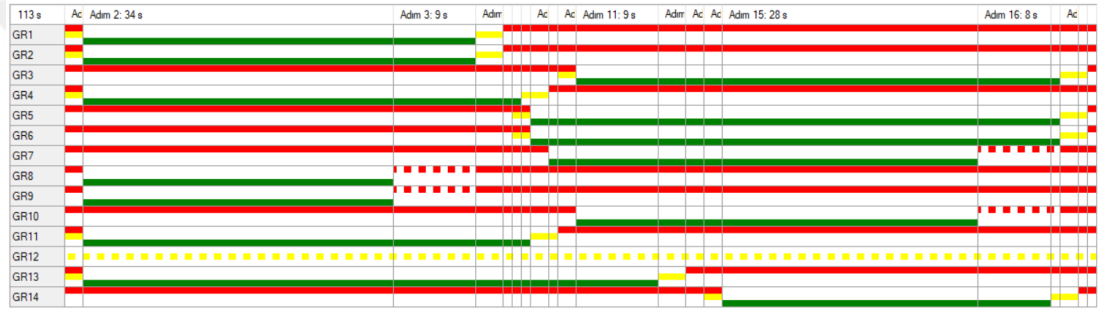
Kavşağın sinyal grubu krokisi ve sinyal programı Şekil 4.34 ve Şekil 4.35’de görülmektedir.



Şekil 4.34. Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı'na ait sinyal grubu krokisi



Şekil 4.37. Şehreküstü Kavşağı'na ait sinyal grubu krokisi

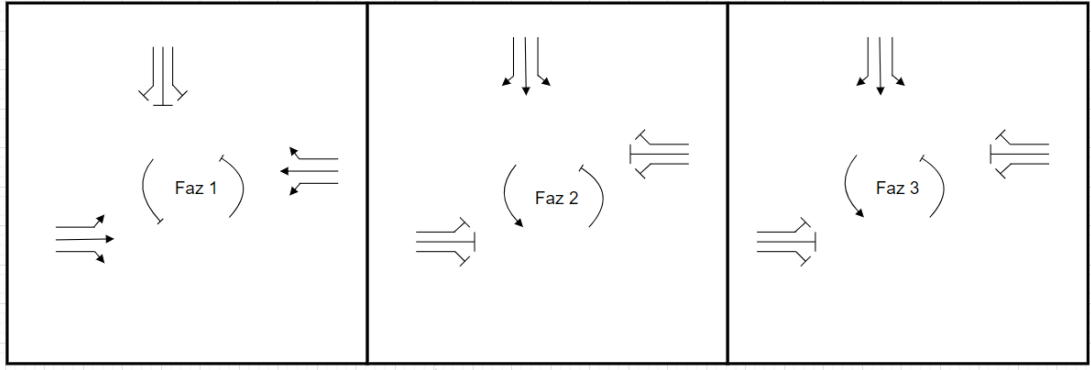


Şekil 4.38. Şehreküstü Kavşağı'na ait akşam zirve saat sinyal programı

Şehreküstü Kavşağı 3 fazlı dönel adalı sinyalizasyon bir kavşaktır. Sinyal programında ana yönler birlikte açılarak kuzeyden gelen sola dönüşler dönel ada içerisinde bekletilmektedir. Dönel ada içerisinde bulunan sinyal gruplarını ana yönlerden erken açarak depo alanının boşaltılması sağlanmaktadır. Bu süreler ve yaya için flaş yapılan adımlar koruma süresinin içerisinde yer almaktadır. Faz 2 ve Faz 3 Kuzey Geliş yönü için kullanılmaktadır. Doğu Geliş arkasında bulunan U dönüşünden dolayı iki faza ayrılmıştır. Akşam zirve saatte 113 saniyelik döngü süresi kullanılmaktadır. Tablo 4.21' de kavşağa ait faz verileri ve Şekil 4.39'de faz düzeni gösterilmektedir.

Tablo 4.21. Şehreküstü Kavşağı'na ait faz verileri

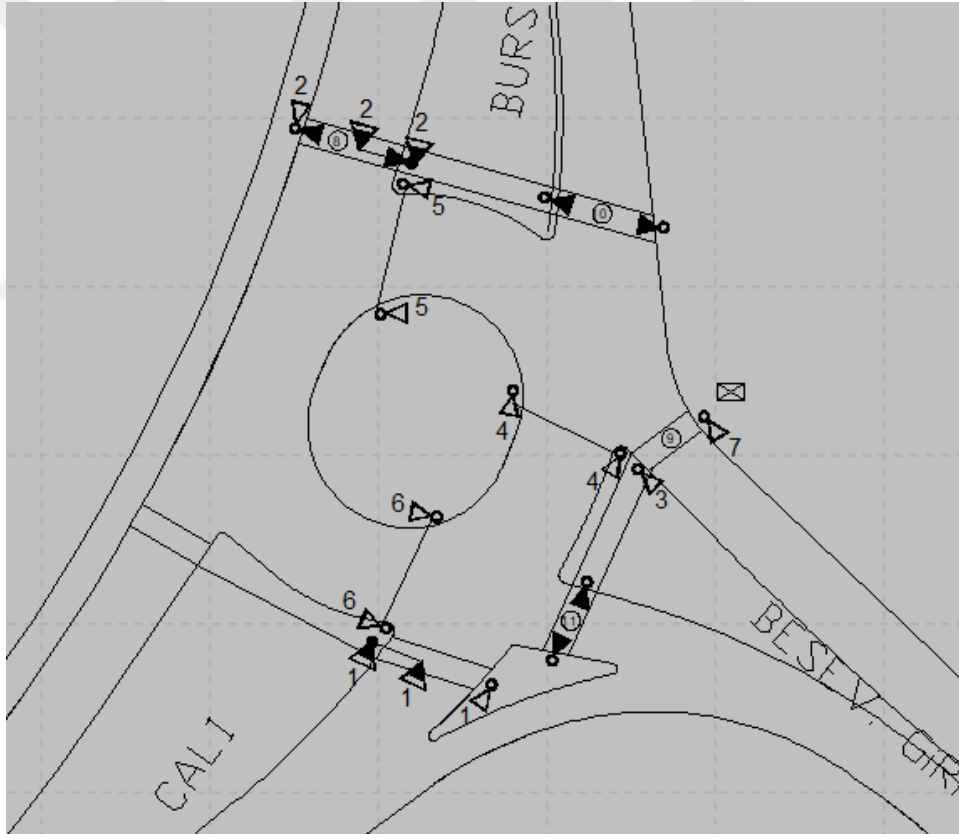
Faz No	Faz Adı	Yeşil Süresi (ort)	Koruma Süresi	Döngü Süresi
1	Doğu ve Batı Geliş	34	15	113
2	Kuzey Geliş	9	20	
3	Kuzey Geliş ve U Dönüşü	28	7	



Şekil 4.39. Şehreküstü Kavşağı'na ait faz düzeni

4.2.1.5. Kavşak 5 - Çalı Yolu Beşevler Girişi

Kavşağın sinyal grubu krokisi ve sinyal programı Şekil 4.40 ve Şekil 4.41'de görülmektedir.



Şekil 4.40. Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı'na ait sinyal grubu krokisi

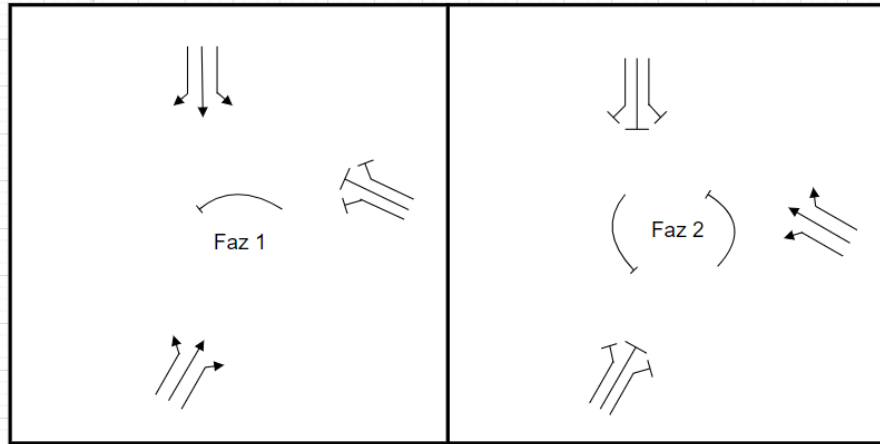
Adm	Faz	Mod	Loop & Buton	LY	TS	DA	YA	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	GAP	MIN	PL1	MA11	PL2	MA12	PL3	MA13	
1	0	SABİT_SÜRE				2																				2	2	2	2			
2	0	SABİT_SÜRE				3																				20	16	16				
3	0	SABİT_SÜRE				4																				3	3	3	3			
4	0	SABİT_SÜRE				5																				1	1	1	1			
5	0	SABİT_SÜRE				6																				2	2	2	2			
6	0	SABİT_SÜRE				7																				1	1	1	1			
7	0	SABİT_SÜRE				8																				1	1	1	1			
8	0	SABİT_SÜRE				9																				1	1	1	1			
9	0	SABİT_SÜRE				10																				2	2	2	2			
10	0	SABİT_SÜRE				11																				2	2	2	2			
11	0	SABİT_SÜRE				12																				20	10	14				
12	0	SABİT_SÜRE				13																				1	1	1	1			
13	0	SABİT_SÜRE				14																				2	2	2	2			
14	0	SABİT_SÜRE				15																				1	1	1	1			
15	0	SABİT_SÜRE				16																				1	1	1	1			
16	0	SABİT_SÜRE				17																				1	1	1	1			
17	0	SABİT_SÜRE				18																				2	2	2	2			
18	0	SABİT_SÜRE				1																				1	1	1	1			
19																																
20																																
MP																										64	50	54				
TU																										64	50	54				

Şekil 4.41. Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı'na ait sabah zirve saat sinyal programı

Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı 2 fazlı dönel adalı sinyalizasyon bir kavşaktır. Faz 1 Kuzey ve Güneybatı Geliş yönü, Faz 2 de Güneydoğu Geliş yönü için kullanılmaktadır. Sinyal programında ana yönler birlikte açılarak sola dönüşler dönel ada içerisinde bekletilmektedir. Dönel ada içerisinde bulunan sinyal gruplarını ana yönlerden erken açarak ve geç kapatılarak depo alanının boşaltılması sağlanmaktadır. Bu süreler koruma süresinin içerisinde yer almaktadır. Sabah zirve saatte 64 saniyelik döngü süresi kullanılmaktadır. Tablo 4.22’de kavşağa ait faz verileri ve Şekil 4.42’de faz düzeni gösterilmektedir.

Tablo 4.22. Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı'na ait faz verileri

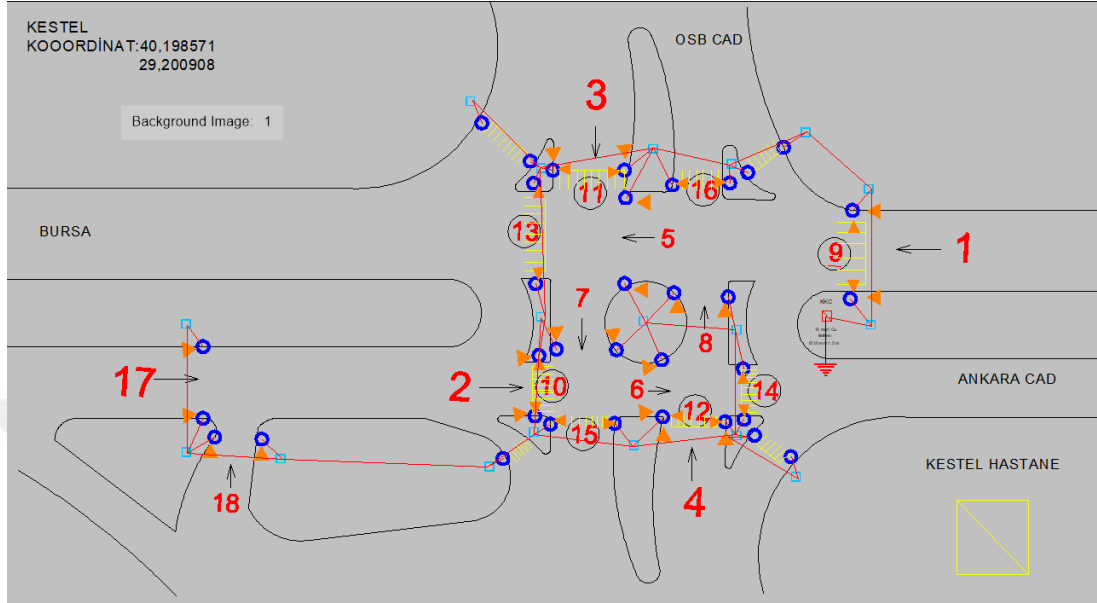
Faz No	Faz Adı	Yeşil Süresi (ort)	Koruma Süresi	Döngü Süresi
1	Kuzey ve Güneybatı Geliş	20	11	64
2	Güneydoğu Geliş	20	13	



Şekil 4.42. Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı'na ait faz düzeni

4.2.1.6. Kavşak 6 - Kestel

Kavşağın sinyal grubu krokisi ve sinyal programı Şekil 4.43 ve Şekil 4.44’de görülmektedir.



Şekil 4.43. Kestel Kavşağı'na ait sinyal grubu krokisi

Adım	Faz	Mod	Loop & Buton	LY	TS	DA	YA	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20	GAP	MIN	PL1	MAX1
1	99	SABIT_SURE	L16-L32			2																								2	
2	1	SABIT_SURE	L16-L32																											1	
3	1	SABIT_SURE	L16-L32																											1	
4	1	SABIT_SURE	L16-L32																											2	
5	1	DEGISKEN_SURE	L16-L32		6																						2	5	7	80	
6	99	SABIT_SURE	L16-L32																											3	
7	99	SABIT_SURE	L16-L32																											1	
8	99	SABIT_SURE	L16-L32																											2	
9	99	SABIT_SURE	L16-L32																											1	
10	99	SABIT_SURE	L16-L32																											1	
11	99	SABIT_SURE	L16-L32																											1	
12	99	SABIT_SURE	L16-L32			13																								1	
13	3	SABIT_SURE	L16-L32																											1	
14	3	SABIT_SURE	L16-L32																											1	
15	3	DEGISKEN_SURE	L16-L32		16																						2	3	3	80	
16	99	SABIT_SURE	L16-L32		17																									3	
17	2	SABIT_SURE	L16-L32																											1	
18	2	SABIT_SURE	L16-L32																											2	
19	2	DEGISKEN_SURE	L16-L32		20																						2	5	5	80	
20	99	SABIT_SURE	L16-L32																											1	
21	99	SABIT_SURE	L16-L32																											2	
22	99	SABIT_SURE	L16-L32																											1	

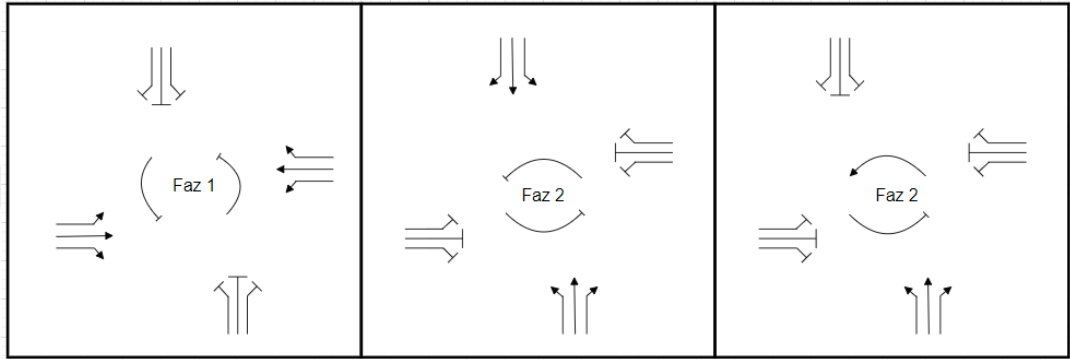
Şekil 4.44. Kestel Kavşağı'na ait sabah zirve saat sinyal programı

Kestel Kavşağı 3 fazlı dönel adalı sinyalizasyon bir kavşaktır. Faz 1 Doğu ve Batı Geliş yönü, Faz 3 Kuzey ve Güney Geliş yönü için kullanılmaktadır. Faz 2 ise Güney Geliş yönündeki talebin fazla olmasından dolayı Faz 3'den sonra açmaya devam etmektedir. Sinyal programında ana yönler birlikte açılarak sola dönüşler dönel ada içerisinde bekletilmektedir. Dönel ada içerisinde bulunan sinyal gruplarını ana yönlerden erken açarak ve geç kapatılarak depo alanının boşaltılması sağlanmaktadır. Bu süreler koruma süresinin içerisinde yer almaktadır. Sabah zirve saatte 43 saniyelik

döngü süresi kullanılmaktadır. Tablo 4.23’ de kavşağa ait faz verileri ve Şekil 4.45’de faz düzeni gösterilmektedir.

Tablo 4.23. Kestel Kavşağı’na ait faz verileri

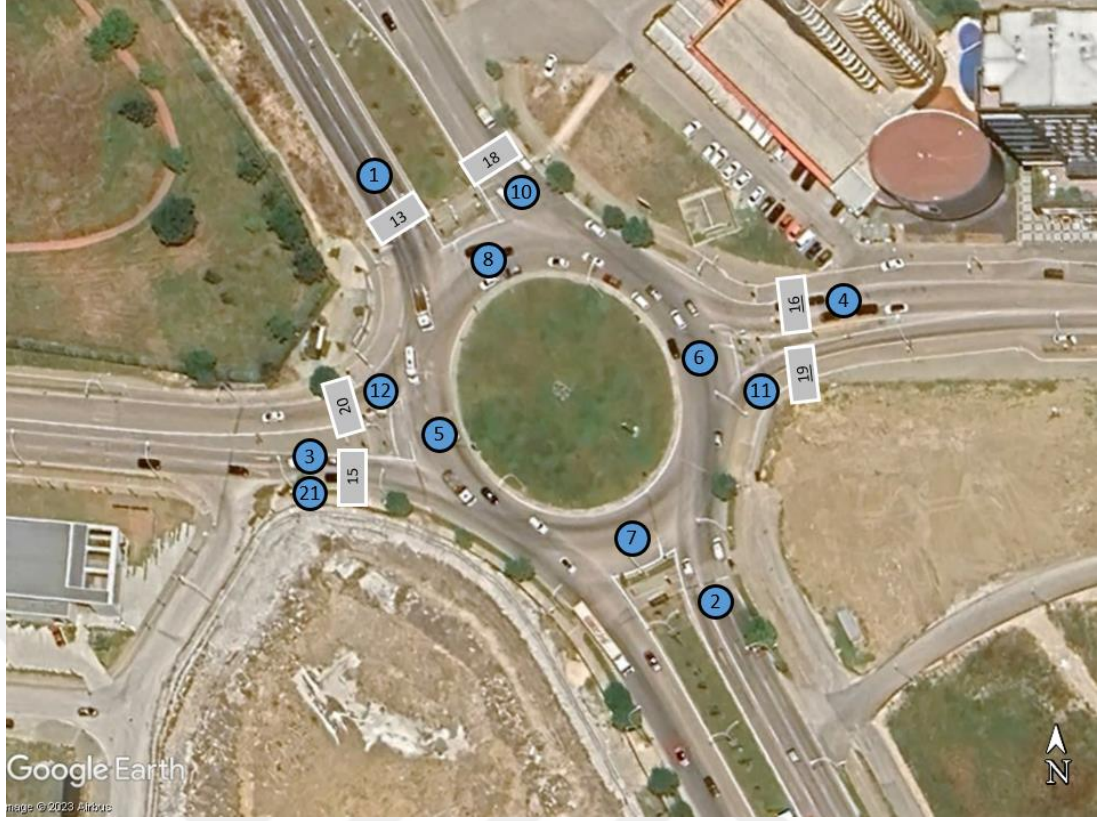
Faz No	Faz Adı	Yeşil Süresi (ort)	Koruma Süresi	Döngü Süresi
1	Doğu ve Batı Geliş	7	10	
3	Kuzey ve Güney Geliş	3	12	43
2	Güney Geliş	5	6	



Şekil 4.45. Kestel Kavşağı'na ait faz düzeni

4.2.1.7. Kavşak 7 - Altınşehir Mah. Hipodrom

Kavşağın sinyal grubu krokisi ve sinyal programı Şekil 4.46 ve Şekil 4.47’de görülmektedir.



Şekil 4.46. Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'na ait sinyal grubu krokisi

116 s	Ac	Adm 2: 13 s	Adm	Adm 6: 7 s	Ac	Ac	Adm	Adm	Ac	Adm 15: 28 s	Adm	Ac	Ac	Adm 24: 14 s	Adm	Ac	Ac
Oto 1 İzmir Yol Gidiş																	
Oto 2 Otluice Gidiş																	
Oto 3 Altınşehir Çıkış																	
Oto 4 Akavler Çıkış																	
Oto 5 Anayol																	
Oto 6 Anayol																	
Oto 7 Yanayol																	
Oto 8 Yanayol																	
Oto 9 Anayol																	
Oto 10 Anayol																	
Oto 11 Anayol																	
Oto 12 Anayol																	
Yaya 13																	
Yaya 14																	
Yaya 15																	
Yaya 16																	
Yaya 17																	
Yaya 18																	
Yaya 19																	
Yaya 20																	
Oto 21																	

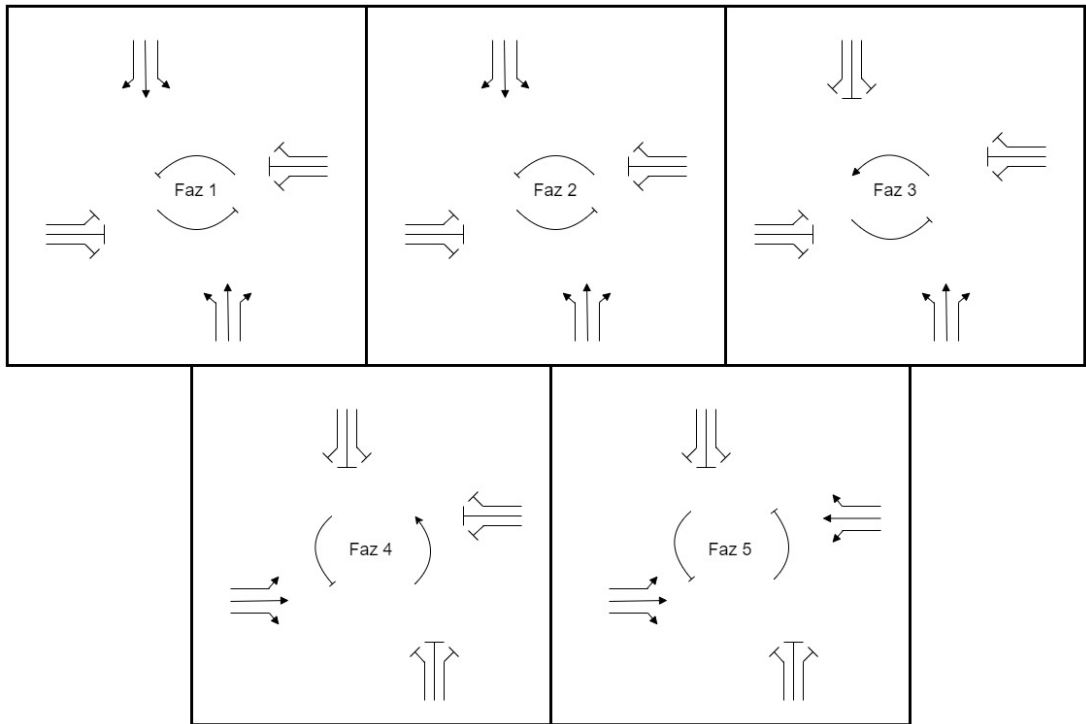
Şekil 4.47. Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'na ait akşam zirve saat sinyal programı

Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı 5 fazlı dönel adalı sinyalizasyon bir kavşaktır. Faz 1 ve Faz 2 Doğu ve Batı Geliş yönünü birlikte açmak için kullanılmaktadır. Yayalardan dolayı iki farklı faza ayrılmıştır. Faz 3 ise Batı fazını devam ettirmek için kullanılmaktadır. Faz 4 Kuzey Geliş yönü için ve Faz 5 Kuzey ve Güney Geliş yönünü birlikte açmak için kullanılmaktadır. Akşam zirve saatte 85 saniyelik döngü süresi kullanılmaktadır. Sinyal programında dönel ada içerisinde bulunan sinyal gruplarını ana yönlerden erken açarak ve geç kapatılarak depo alanının boşaltılması sağlanmaktadır. Bu süreler koruma süresinin içerisinde yer almaktadır. Akşam zirve

saatte 116 saniyelik döngü süresi kullanılmaktadır. Tablo 4.24’de kavşağa ait faz verileri ve Şekil 4.48’de faz düzeni gösterilmektedir.

Tablo 4.24. Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı’na ait faz verileri

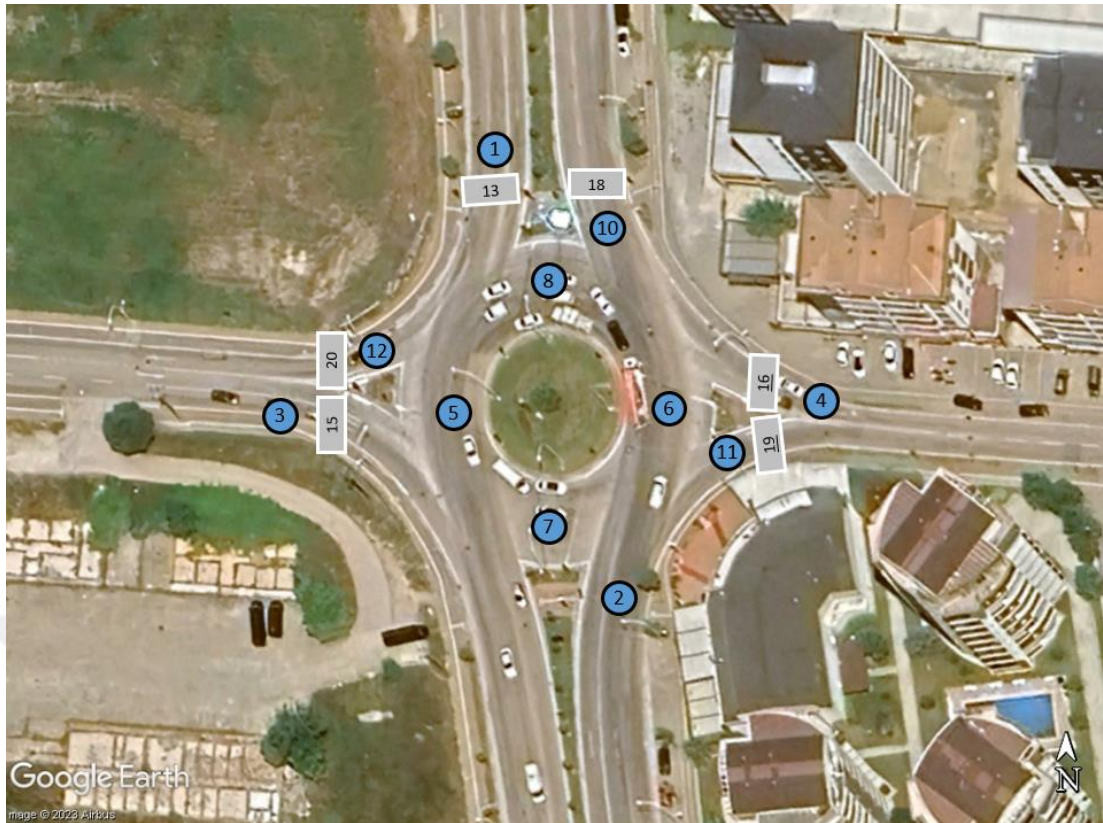
Faz No	Faz Adı	Yeşil Süresi (ort)	Koruma Süresi	Döngü Süresi
1	Kuzey ve Güney Geliş	13	20	116
2	Kuzey ve Güney Geliş	7	5	
3	Güney Geliş	5	6	
4	Batı Geliş	28	6	
5	Doğu ve Batı Geliş	14	12	



Şekil 4.48. Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'na ait faz düzeni

4.2.1.8. Kavşak 8 - Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri

Kavşağın sinyal grubu krokisi ve sinyal programı Şekil 4.49 ve Şekil 4.50’de görülmektedir.



Şekil 4.49. Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı'na ait sinyal grubu krokisi

91 s	Adırr: Adım 2: 30 s	Adırr: Ac: Adım 5:	Adırr: Ac: Ac: Adırr: Ac: Adım 13: 8 s	Adım: Adırr: Ac: Ac: Ac: Adırr: Adırr: Ac: Ac:
Oto1 İzmir Yol Gidiş				
Oto2 Ozlüce Gidiş				
Oto3 Tes Çıkış				
Oto4 Hastane Çıkış				
Oto5 Anayol				
Oto6 Anayol				
Oto7 Yarıyol				
Oto8 Yarıyol				
Oto9 Anayol				
Oto10 Anayol				
Oto11 Anayol				
Oto12 Anayol				
Yaya13				
Yaya14				
Yaya15				
Yaya16				
Yaya17				
Yaya18				
Yaya19				
Yaya20				

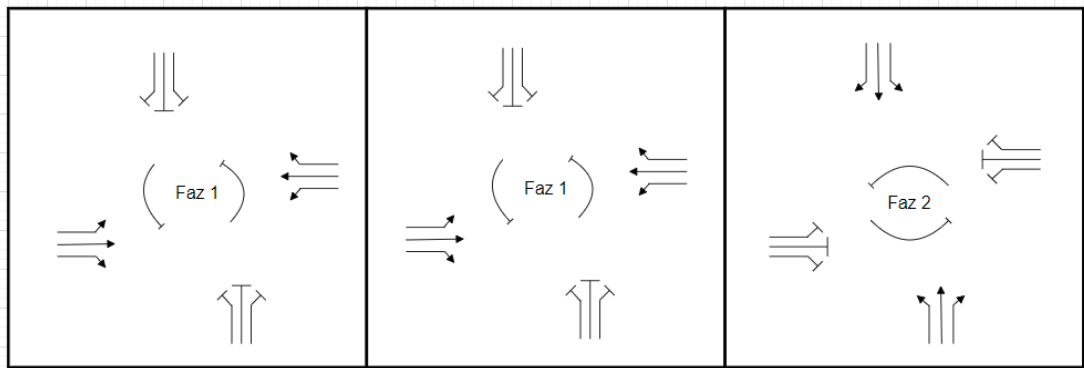
Şekil 4.50. Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı'na ait sabah zirve saat sinyal programı

Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı 3 fazlı dönel adalı sinyalizasyon bir kavşaktır. Sinyal programında ana yönler birlikte açılarak sola dönüşler dönel ada içerisinde bekletilmektedir. Dönel ada içerisinde bulunan sinyal gruplarını ana yönlerden erken açarak ve geç kapatılarak depo alanının boşaltılması sağlanmaktadır. Bu süreler koruma süresinin içerisinde yer almaktadır. Sabah zirve

saatte 91 saniyelik döngü süresi kullanılmaktadır. Tablo 4.25’de kavşağa ait faz verileri ve Şekil 51’de faz düzeni gösterilmektedir.

Tablo 4.25. Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı’na ait faz verileri

Faz No	Faz Adı	Yeşil Süresi (ort)	Koruma Süresi	Döngü Süresi
1	Doğu ve Batı Geliş	30	25	91
2	Doğu ve Batı Geliş	5	14	
3	Kuzey ve Güney Geliş	12	5	



Şekil 4.51. Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı'na ait faz düzeni

4.3. Simülasyon Modelleri ve Sonuçları

Kavşakların sabit zamanlı çalıştığı durum ile tam trafik uyarmalı çalıştığı durum arasındaki performans parametreleri PTV Vissim mikro-simülasyon programı kullanılarak belirlenmiştir.

Yapılan analizlerin karşılaştırılmasında kullanılan performans parametreleri Tablo 4.26’da gösterilmiştir.

Tablo 4.26 Analizlerin karşılaştırılmasında kullanılan performans parametreleri

Performans Parametreleri
Taşıt başına düşen gecikme
Taşıt başına durma sayısı
Ortalama hız
Yakıt tüketimi
Emisyon değerleri
Ortalama kuyruk boyları

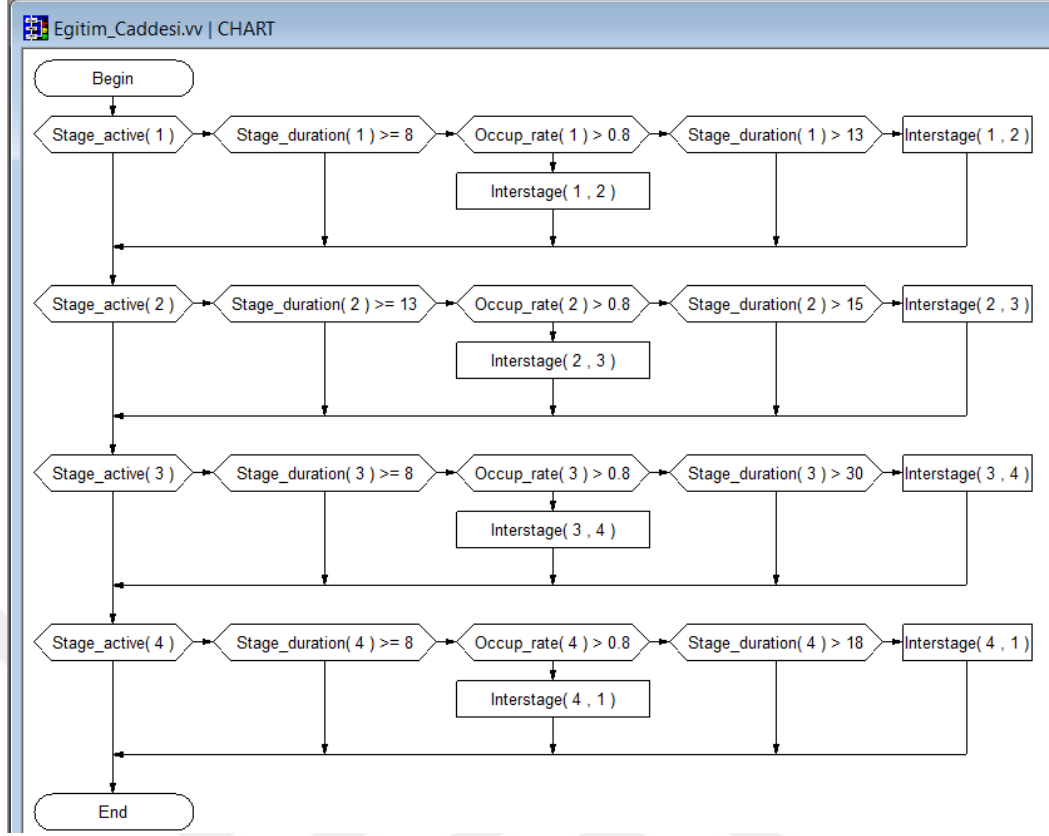
4.3.1. Kavşak 1 – Eğitim Caddesi

Eğitim Caddesi Kavşağı’nın sabit süreli durumu PTV Vissim’de modellenmiştir ve analiz edilmiştir. Tam trafik uyarmalı durum için 4 kola kamera dedektörler konularak model tekrar analiz edilmiştir (Şekil 4.52). Kamera dedektörlerin çalışması

için PTV Vissim'in Visvap modülü kullanılmıştır. Visvap modülünde kavşak için gerekli olan akış şeması tasarlanmıştır ve modelde çalıştırılmıştır (şekil 4.53). Simülasyon modelinden elde edilen analiz sonuçları sabit süreli ve tam trafik uyarmalı durum için karşılaştırılarak aşağıdaki Tablo 4.27 ve şekil 4.54'de gösterilmiştir.



şekil 4.52. Eğitim Caddesi Kavşağı'na ait PTV Vissim ekran görüntüsü



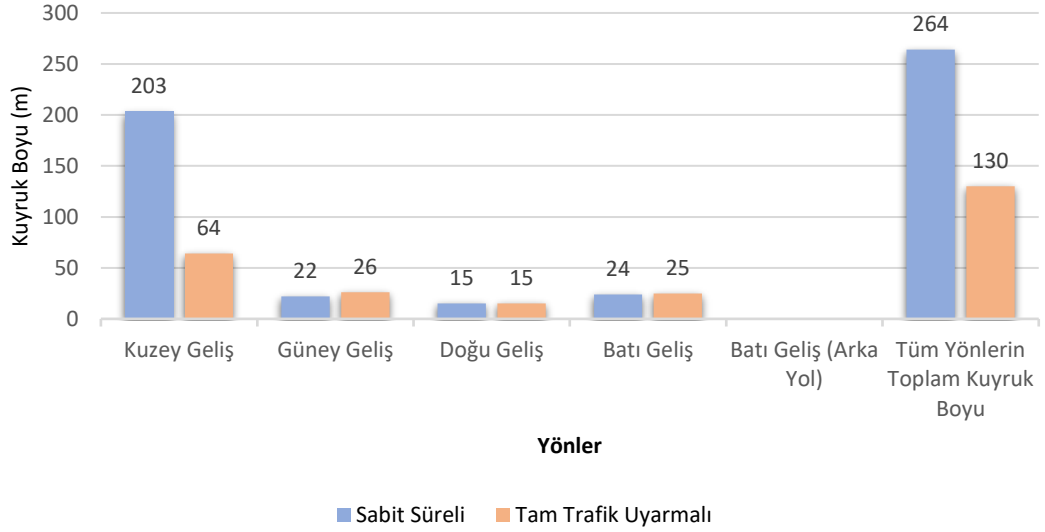
Şekil 4.53. Eğitim Caddesi Kavşağı'na ait PTV VisVap akış şeması

Eğitim Caddesi kavşağında akış şeması oluşturulurken verilen minimum süreler kavşaktaki yaya geçişleri dikkate alınarak ayarlanmıştır. Maksimum süreler için de tur süresi değişmemesi için sabit programdaki süreler kullanılmıştır. Kamera dedektörler yoğunluğa göre bu belirlenen aralıklarda dinamik yönetim sağlayacaktır.

Tablo 4.27. Eğitim Caddesi Kavşağı'na ait sabit süreli ve tam trafik uyarmalı analiz sonuçları

Performans Kriterleri		Sabit Süreli	Tam Trafik Uyarmalı
Hizmet düzeyi		E	D
Taşıt başına düşen gecikme (s)		60,53	38,83
Taşıt başına durma sayısı		1,49	0,88
Ortalama hız (km/h)		25	27
Yakıt Tüketimi (ABD sıvı galonu)		98,28	74,35
Emisyon	CO (g/km)	6870,28	5197,19
	NOx (g/km)	1336,70	1011,18
	VOC (g)	1592,25	1204,49

Yön Bazlı Ortalama Kuyruk Boyları



Şekil 4.54 Eğitim Caddesi Kavşağı'na ait yön bazlı ortalama kuyruk boyları

Sabit süreli ve tam trafik uyarımlı durum arasındaki analiz sonuçları karşılaştırıldığında çıkan sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- Taşıt başına düşen gecikme miktarında %36 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.
- Taşıt başına durma sayısı miktarında %41 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.
- Ortalama hız değerinde %7 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.
- Yakıt tüketimi kullanımının %24 azaldığı görülmektedir.
- CO salınımının %24 azaldığı görülmektedir.
- NOx salınımının %24 azaldığı görülmektedir.
- VOC salınımının %24 azaldığı görülmektedir.
- Kuyruk uzunluğunda ortalama %51 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.

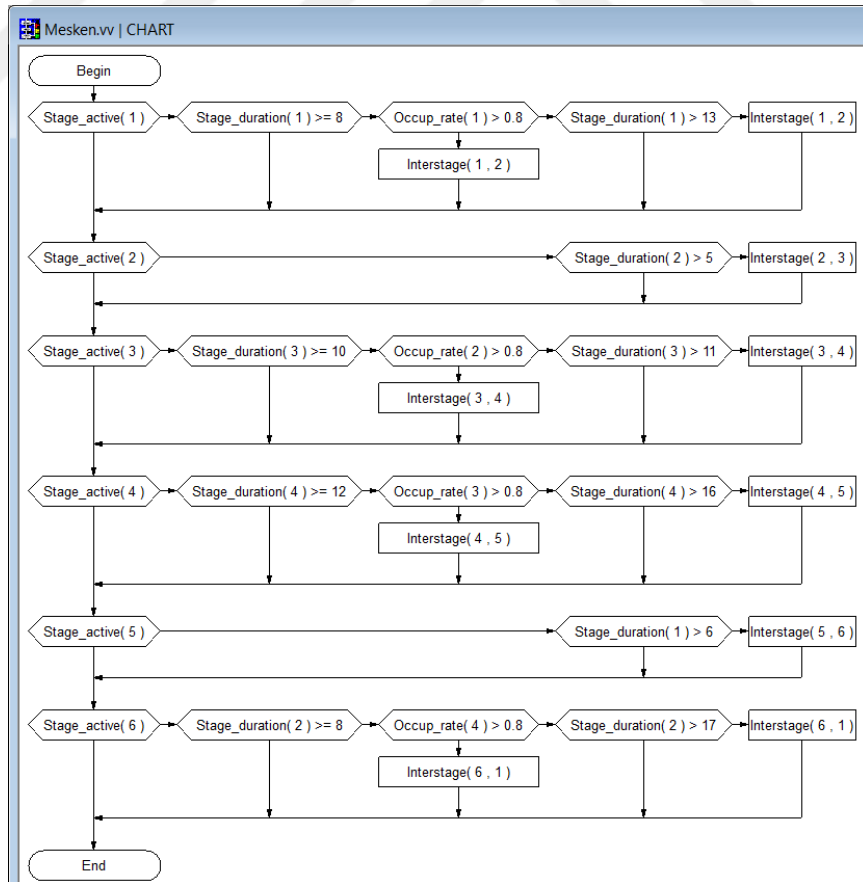
4.3.2. Kavşak 2 - Mesken

Mesken Kavşağı'nın sabit süreli durumu PTV Vissim'de modellenmiştir ve analiz edilmiştir. Tam trafik uyarımlı durum için 4 kola kamera dedektörler konularak model tekrar analiz edilmiştir (Şekil 4.55). Kamera dedektörlerin çalışması için PTV Vissim'in Visvap modülü kullanılmıştır. Visvap modülünde kavşak için gerekli olan

akış şeması tasarlanmıştır ve modelde çalıştırılmıştır (Şekil 4.56). Simülasyon modelinden elde edilen analiz sonuçları sabit süreli ve tam trafik uyarmalı durum için karşılaştırılarak aşağıdaki Tablo 4.28 ve Şekil 4.57’de gösterilmiştir.



Şekil 4.55. Mesken Kavşağı’na ait PTV Vissim ekran görüntüsü



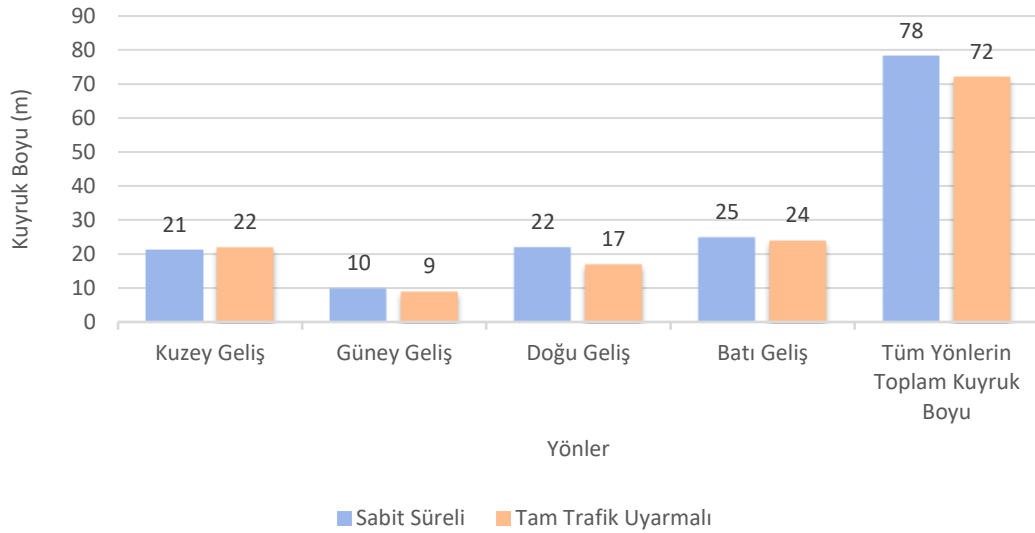
Şekil 4.56. Mesken Kavşağı’na ait PTV VisVap akış şeması

Mesken Kavşağı'nda akış şeması oluşturulurken verilen minimum süreler kavşaktaki yaya geçişleri dikkate alınarak ayarlanmıştır. Maksimum süreler için de tur süresi değişmemesi için sabit programdaki süreler kullanılmıştır. Kamera dedektörler yoğunluğa göre bu belirlenen aralıklarda dinamik yönetim sağlayacaktır. Faz 2 ve Faz 5 yayalar için oluşturulan kısa parçalı fazlar olduğu için onların sürelerinin tur süresinin değişmemesi için sabit tutulması tercih edilmiştir.

Tablo 4.28. Mesken Kavşağı'na ait sabit süreli ve tam trafik uyarmalı analiz sonuçları

Performans Kriterleri		Sabit Süreli	Tam Trafik Uyarmalı
Hizmet düzeyi		D	C
Taşıt başına düşen gecikme (s)		43	38
Taşıt başına durma sayısı		0,88	0,82
Ortalama hız (km/h)		31	37
Yakıt Tüketimi (ABD sıvı galonu)		61,95	58,97
Emisyon	CO (g/km)	4330,69	4122,34
	NOx (g/km)	842,59	802,05
	VOC (g)	1003,67	955,39

Yön Bazlı Ortalama Kuyruk Boyları



Şekil 4.57 Mesken Kavşağı'na ait yön bazlı ortalama kuyruk boyları

Sabit süreli ve tam trafik uyarmalı durum arasındaki analiz sonuçları karşılaştırıldığında çıkan sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- Taşıt başına düşen gecikme miktarında %12 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.

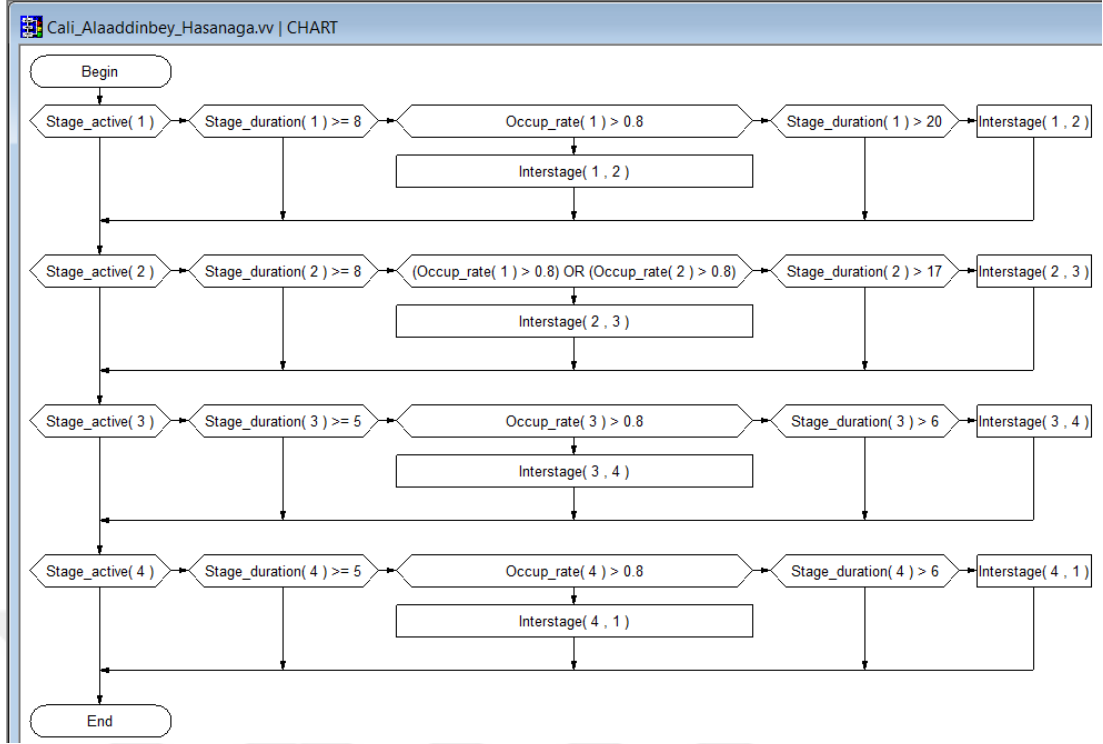
- Taşıt başına durma sayısı miktarında %7 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.
- Ortalama hız değerinde %16 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.
- Yakıt tüketimi kullanımının %5 azaldığı görülmektedir.
- CO salınımının %5 azaldığı görülmektedir.
- NOx salınımının %5 azaldığı görülmektedir.
- VOC salınımının %5 azaldığı görülmektedir.
- Kuyruk uzunluğunda ortalama %8 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.

4.3.3. Kavşak 3 - Çalı Alaaddinbey Hasanağa

Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı'nın sabit süreli durumu PTV Vissim'de modellenmiştir ve analiz edilmiştir. Tam trafik uyarmalı durum için 4 kola kamera dedektörler konularak model tekrar analiz edilmiştir (Şekil 4.58). Kamera dedektörlerin çalışması için PTV Vissim'in Visvap modülü kullanılmıştır. Visvap modülünde kavşak için gerekli olan akış şeması tasarlanmıştır ve modelde çalıştırılmıştır (Şekil 4.59). Simülasyon modelinden elde edilen analiz sonuçları sabit süreli ve tam trafik uyarmalı durum için karşılaştırılarak aşağıdaki Tablo 4.29 ve Şekil 4.60'da gösterilmiştir.



Şekil 4.58. Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı'na ait PTV Vissim ekran görüntüsü

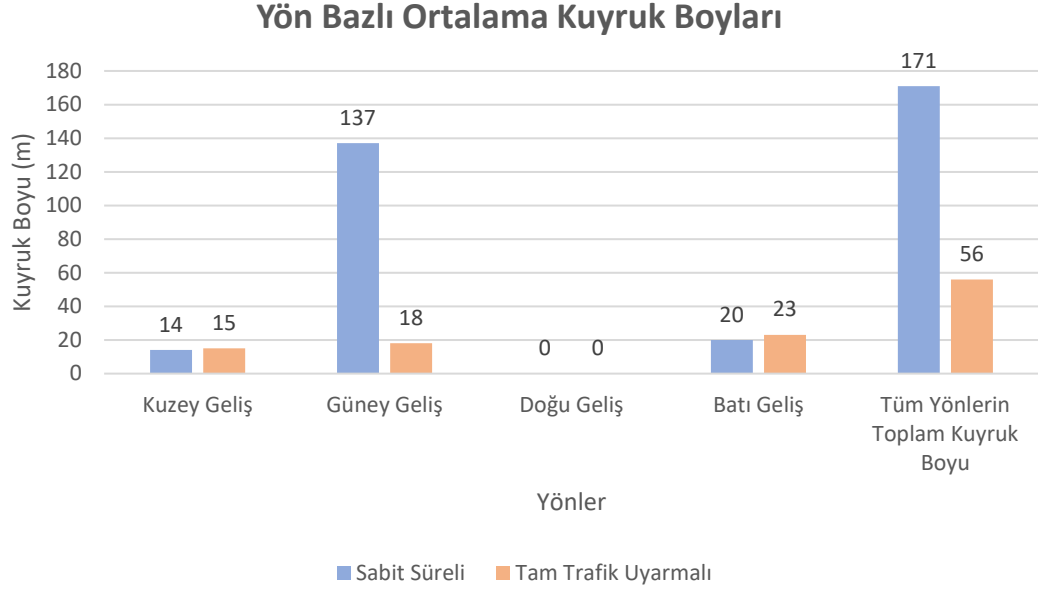


Şekil 4.59. Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı'na ait PTV VisVap akış şeması

Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı'nda akış şeması oluşturulurken verilen minimum süreler kavşaktaki yaya geçişleri dikkate alınarak ayarlanmıştır. Maksimum süreler için de tur süresi değişmemesi için sabit programdaki süreler kullanılmıştır. Kamera dedektörler yoğunluğa göre bu belirlenen aralıklarda dinamik yönetim sağlayacaktır. Faz 2 doğu-batı karşılıklı açtığı için iki kamera ile yoğunluk kontrolü yapacaktır.

Tablo 4.29. Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı'na ait sabit süreli ve tam trafik uyarımalı analiz sonuçları

Performans Kriterleri		Sabit Süreli	Tam Trafik Uyarımalı
Hizmet düzeyi		E	C
Taşıt başına düşen gecikme (s)		60	32
Taşıt başına durma sayısı		1,34	0,8
Ortalama hız (km/h)		29	37
Yakıt Tüketimi (ABD sıvı galonu)		104,84	83,55
CO (g/km)		7328,76	5840,62
Emisyon	NOx (g/km)	1425,91	1136,37
	VOC (g)	1698,51	1353,62



Şekil 4.60 Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı'na ait yön bazlı ortalama kuyruk boyları

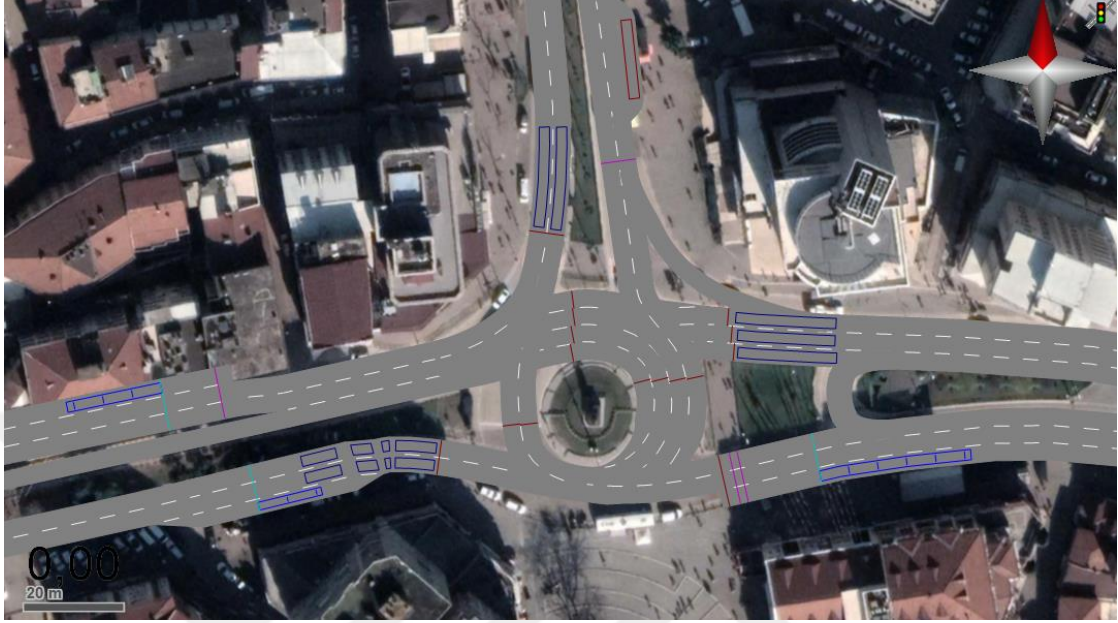
Sabit süreli ve tam trafik uyarımlı durum arasındaki analiz sonuçları karşılaştırıldığında çıkan sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- Taşıt başına düşen gecikme miktarında %47 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.
- Taşıt başına durma sayısı miktarında %40 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.
- Ortalama hız değerinde %21 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.
- Yakıt tüketimi kullanımının %20 azaldığı görülmektedir.
- CO salınımının %20 azaldığı görülmektedir.
- NOx salınımının %20 azaldığı görülmektedir.
- VOC salınımının %20 azaldığı görülmektedir.
- Kuyruk uzunluğunda ortalama %67 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.

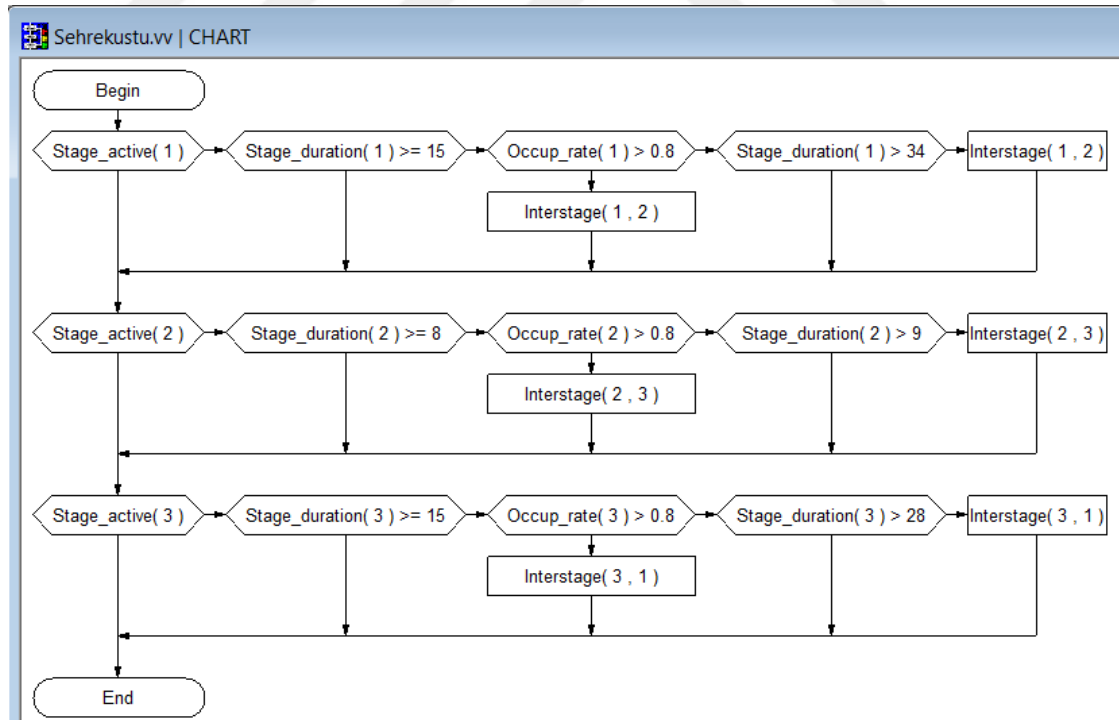
4.3.4. Kavşak 4 - Şehreküstü

Şehreküstü Kavşağı'nın sabit süreli durumu PTV Vissim'de modellenmiştir ve analiz edilmiştir. Tam trafik uyarımlı durum için 4 kola kamera dedektörler konularak model tekrar analiz edilmiştir (Şekil 4.61). Kamera dedektörlerin çalışması için PTV Vissim'in Visvap modülü kullanılmıştır. Visvap modülünde kavşak için gerekli olan

akış şeması tasarlanmıştır ve modelde çalıştırılmıştır (Şekil 4.62). Simülasyon modelinden elde edilen analiz sonuçları sabit süreli ve tam trafik uyarmalı durum için karşılaştırılarak aşağıdaki Tablo 4.30 ve Şekil 4.63’de gösterilmiştir.



Şekil 4.61. Şehreküstü Kavşağı’na ait PTV Vissim ekran görüntüsü



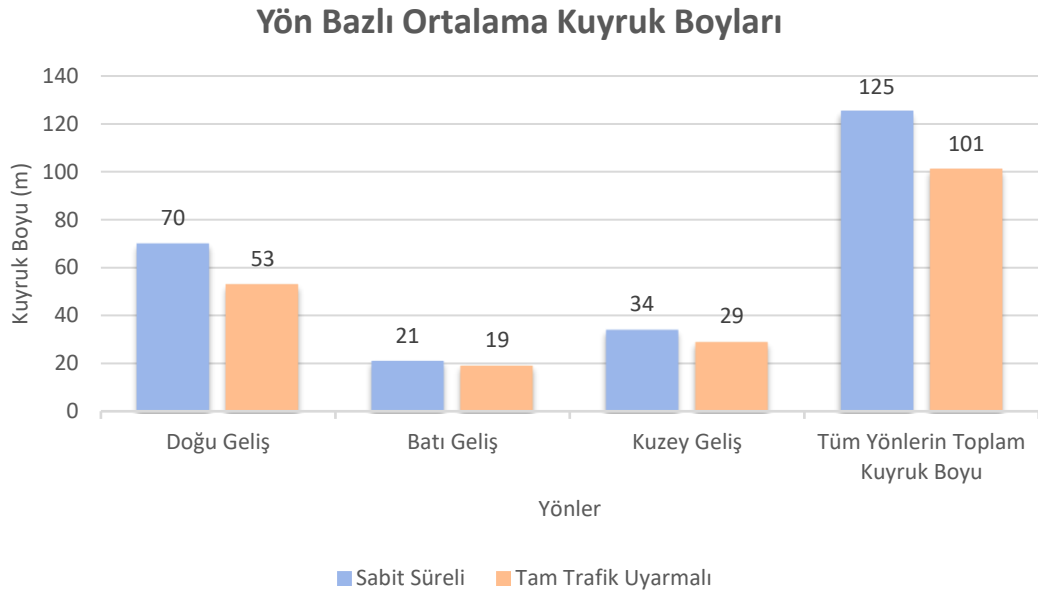
Şekil 4.62. Şehreküstü Kavşağı’na ait PTV VisVap akış şeması

Şehreküstü Kavşağı’nda akış şeması oluşturulurken verilen minimum süreler kavşaktaki yaya geçişleri dikkate alınarak ayarlanmıştır. Maksimum süreler için de tur

süresi değişmemesi için sabit programdaki süreler kullanılmıştır. Kamera dedektörler yoğunluğa göre bu belirlenen aralıklarda dinamik yönetim sağlayacaktır.

Tablo 4.30. Şehreküstü Kavşağı'na ait sabit süreli ve tam trafik uyarmalı analiz sonuçları

Performans Kriterleri		Sabit Süreli	Tam Trafik Uyarmalı
Hizmet düzeyi		D	D
Taşıt başına düşen gecikme (s)		47,6	36,93
Taşıt başına durma sayısı		1,21	1,06
Ortalama hız (km/h)		23,55	25,13
Yakıt Tüketimi (ABD sıvı galonu)		103,07	92,13
Emisyon	CO (g/km)	7204,93	6440,06
	NOx (g/km)	1401,81	1253,00
	VOC (g)	1669,81	1492,54



Şekil 4.63 Şehreküstü Kavşağı'na ait yön bazlı ortalama kuyruk boyları

Sabit süreli ve tam trafik uyarmalı durum arasındaki analiz sonuçları karşılaştırıldığında çıkan sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- Taşıt başına düşen gecikme miktarında %22 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.
- Taşıt başına durma sayısı miktarında %12 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.
- Ortalama hız değerinde %6 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.

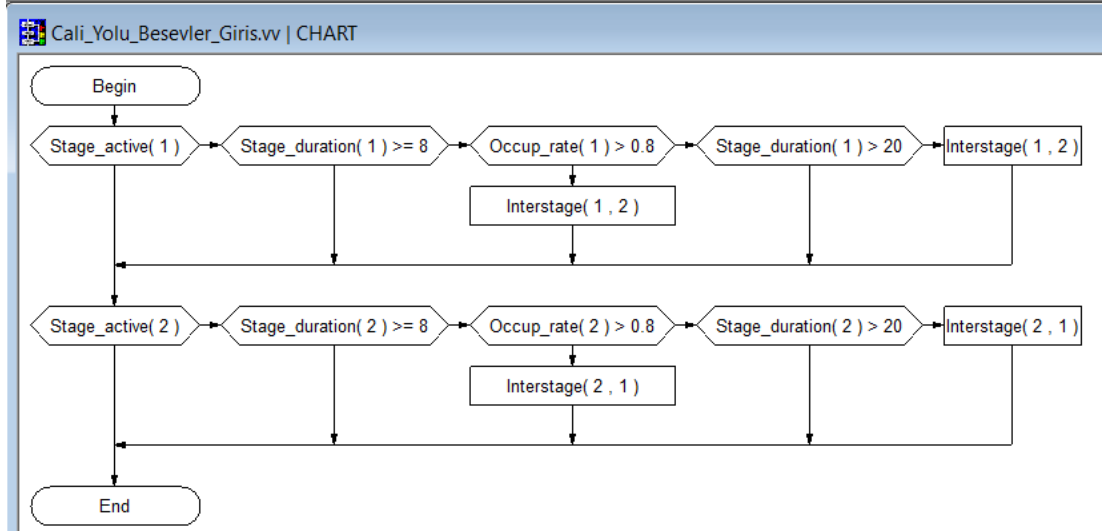
- Yakıt tüketimi kullanımının %11 azaldığı görülmektedir.
- CO salınımının %11 azaldığı görülmektedir.
- NOx salınımının %11 azaldığı görülmektedir.
- VOC salınımının %11 azaldığı görülmektedir.
- Kuyruk uzunluğunda ortalama %19 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.

4.3.5. Kavşak 5 - Çalı Yolu Beşevler Girişi

Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı'nın sabit süreli durumu PTV Vissim'de modellenmiştir ve analiz edilmiştir. Tam trafik uyarımlı durum için 4 kola kamera dedektörler konularak model tekrar analiz edilmiştir (Şekil 4.64). Kamera dedektörlerin çalışması için PTV Vissim'in Visvap modülü kullanılmıştır. Visvap modülünde kavşak için gerekli olan akış şeması tasarlanmıştır ve modelde çalıştırılmıştır (Şekil 4.65). Simülasyon modelinden elde edilen analiz sonuçları sabit süreli ve tam trafik uyarımlı durum için karşılaştırılarak aşağıdaki Tablo 4.31 ve Şekil 4.66'da gösterilmiştir.



Şekil 4.64. Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı'na ait PTV Vissim ekran görüntüsü

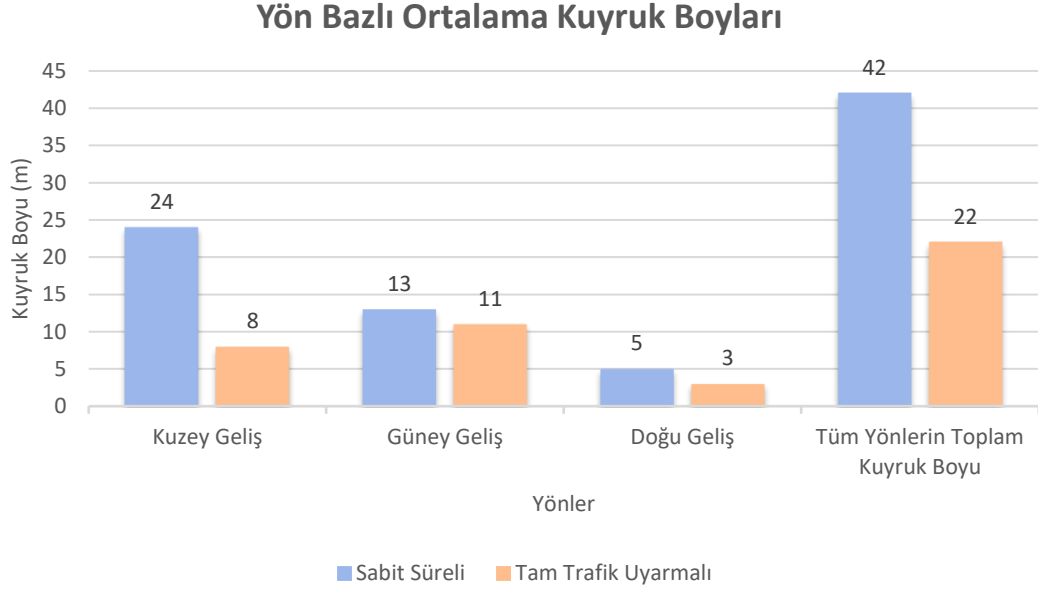


Şekil 4.65. Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı'na ait PTV Visvap akış şeması

Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı'nda akış şeması oluşturulurken verilen minimum süreler kavşaktaki yaya geçişleri dikkate alınarak ayarlanmıştır. Maksimum süreler için de tur süresi değişmemesi için sabit programdaki süreler kullanılmıştır. Kamera dedektörler yoğunluğa göre bu belirlenen aralıklarda dinamik yönetim sağlayacaktır.

Tablo 4.31. Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı'na ait sabit süreli ve tam trafik uyarımalı analiz sonuçları

Performans Kriterleri		Sabit Süreli	Tam Trafik Uyarımalı
Hizmet düzeyi		B	B
Taşıt başına düşen gecikme (s)		17,54	11,71
Taşıt başına durma sayısı		0,86	0,51
Ortalama hız (km/h)		24,9	25,1
Yakıt Tüketimi (ABD sıvı galonu)		58,12	35,66
Emisyon	CO (g/km)	4062,74	2492,85
	NOx (g/km)	790,46	485,01
	VOC (g)	941,58	577,74



Şekil 4.66 Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı'na ait yön bazlı ortalama kuyruk boyları

Sabit süreli ve tam trafik uyarımlı durum arasındaki analiz sonuçları karşılaştırıldığında çıkan sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- Taşıt başına düşen gecikme miktarında %33 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.
- Taşıt başına durma sayısı miktarında %41 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.
- Ortalama hız değerinde %1 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.
- Yakıt tüketimi kullanımının %39 azaldığı görülmektedir.
- CO salınımının %39 azaldığı görülmektedir.
- NO_x salınımının %39 azaldığı görülmektedir.
- VOC salınımının %39 azaldığı görülmektedir.
- Kuyruk uzunluğunda ortalama %48 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.

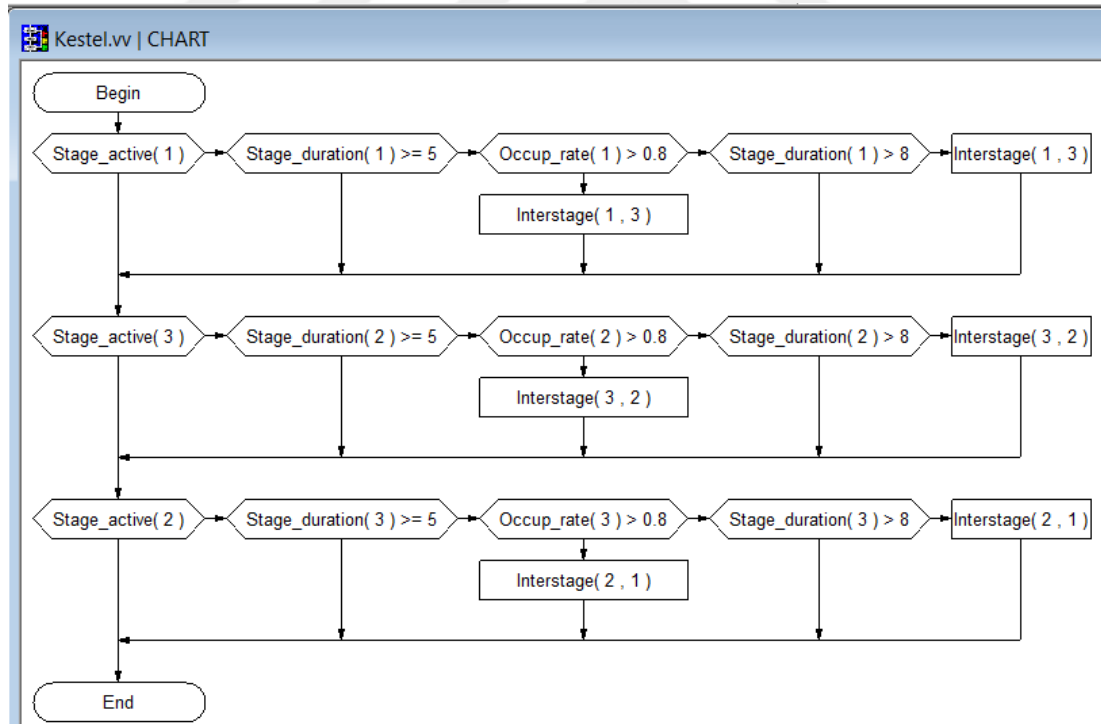
4.3.6. Kavşak 6 - Kestel

Kestel Kavşağı'nın sabit süreli durumu PTV Vissim'de modellenmiştir ve analiz edilmiştir. Tam trafik uyarımlı durum için 4 kola kamera dedektörler konularak model tekrar analiz edilmiştir (Şekil 4.67). Kamera dedektörlerin çalışması için PTV Vissim'in Visvap modülü kullanılmıştır. Visvap modülünde kavşak için gerekli olan

akış şeması tasarlanmıştır ve modelde çalıştırılmıştır (Şekil 4.68). Simülasyon modelinden elde edilen analiz sonuçları sabit süreli ve tam trafik uyarımalı durum için karşılaştırılarak aşağıdaki Tablo 4.32 ve Şekil 4.69’da gösterilmiştir.



Şekil 4.67. Kestel Kavşağı’na ait PTV Vissim ekran görüntüsü

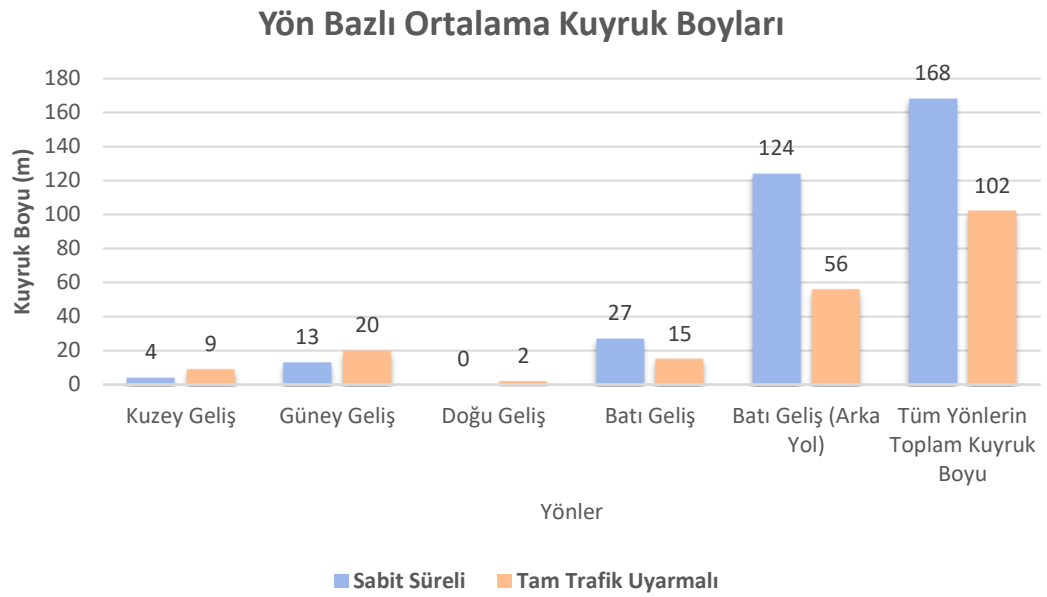


Şekil 4.68. Kestel Kavşağı’na ait PTV Visvap akış şeması

Kestel Kavşağı’nda akış şeması oluşturulurken verilen minimum süreler çok az kalacağı için tur süresinde 9 saniyelik bir artış yapılmıştır. Kamera dedektörler yoğunluğa göre bu belirlenen aralıklarda dinamik yönetim sağlayacaktır.

Tablo 4.32. Kestel Kavşağı'na ait sabit süreli ve tam trafik uyarımalı analiz sonuçları

Performans Kriterleri		Sabit Süreli	Tam Trafik Uyarımalı
Hizmet düzeyi		D	C
Taşıt başına düşen gecikme (s)		32,02	26,33
Taşıt başına durma sayısı		1,68	1,05
Ortalama hız (km/h)		39,79	41,14
Yakıt Tüketimi (ABD sıvı galonu)		153,63	125,61
CO (g/km)		10739,30	8780,63
Emisyon	NOx (g/km)	2089,47	1708,39
	VOC (g)	2488,93	2034,99



Şekil 4.69 Kestel Kavşağı'na ait yön bazlı ortalama kuyruk boyları

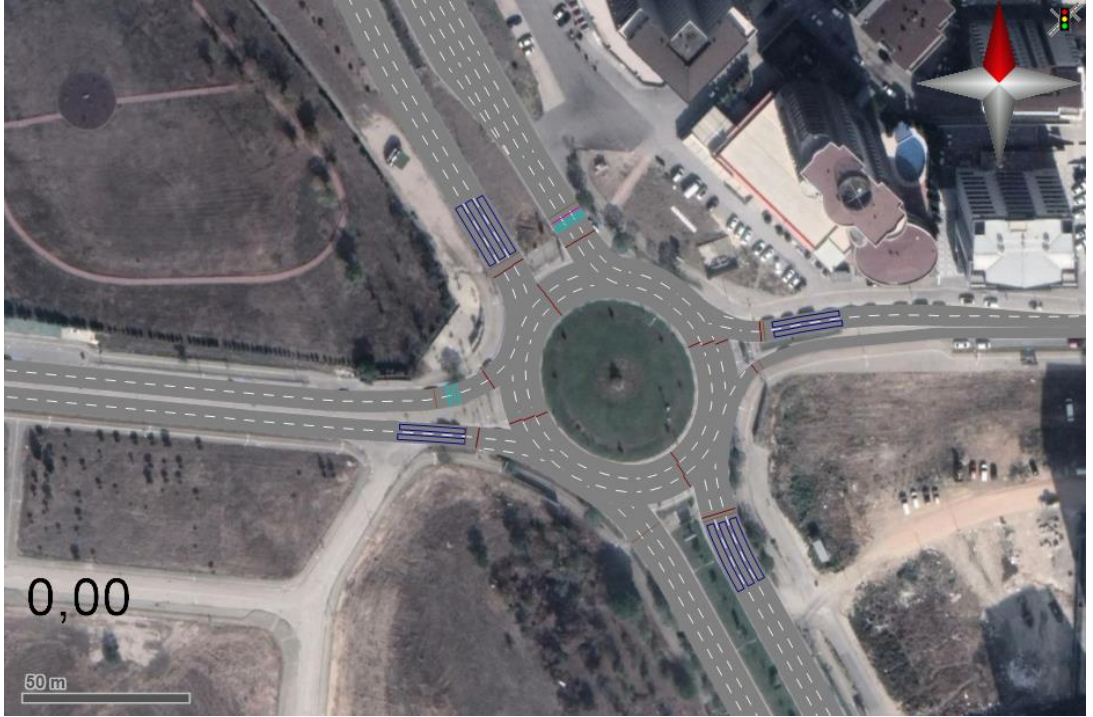
Sabit süreli ve tam trafik uyarımalı durum arasındaki analiz sonuçları karşılaştırıldığında çıkan sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- Taşıt başına düşen gecikme miktarında %18 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.
- Taşıt başına durma sayısı miktarında %38 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.
- Ortalama hız değerinde %3 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.
- Yakıt tüketimi kullanımının %18 azaldığı görülmektedir.
- CO salınımının %18 azaldığı görülmektedir.

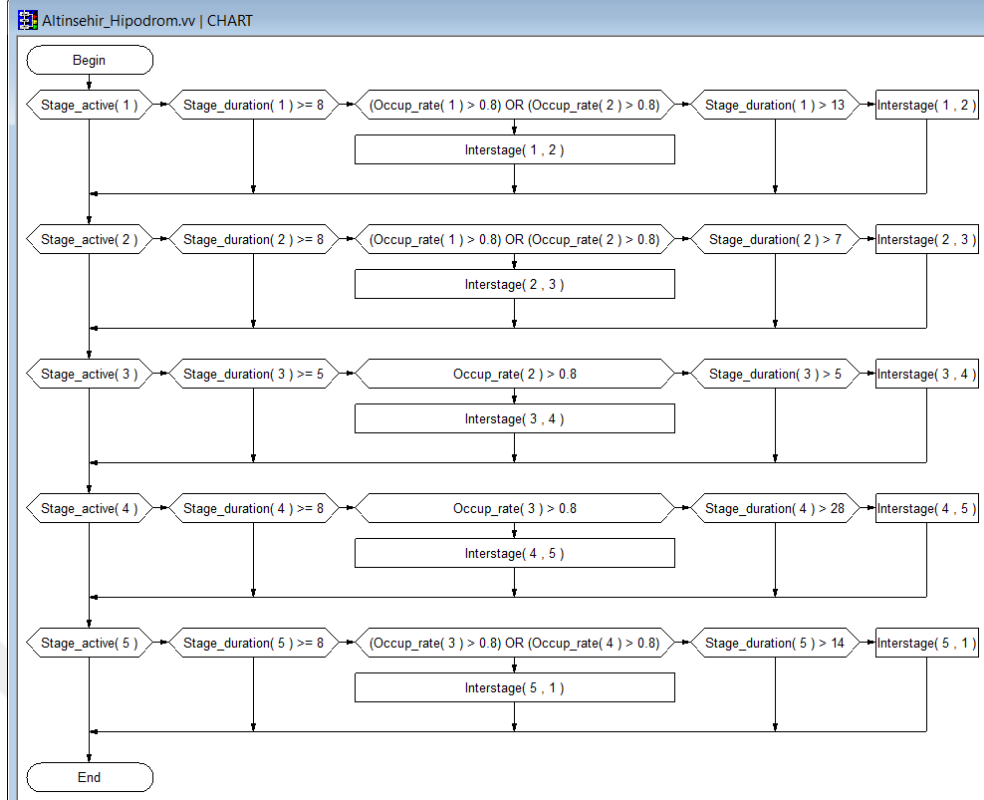
- NOx salınımının %18 azaldığı görülmektedir.
- VOC salınımının %18 azaldığı görülmektedir.
- Kuyruk uzunluğunda ortalama %39 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.

4.3.7. Kavşak 7 - Altınşehir Mah. Hipodrom

Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'nın sabit süreli durumu PTV Vissim'de modellenmiştir ve analiz edilmiştir. Tam trafik uyarmalı durum için 4 kola kamera dedektörler konularak model tekrar analiz edilmiştir (Şekil 4.70). Kamera dedektörlerin çalışması için PTV Vissim'in Visvap modülü kullanılmıştır. Visvap modülünde kavşak için gerekli olan akış şeması tasarlanmıştır ve modelde çalıştırılmıştır (Şekil 4.71). Simülasyon modelinden elde edilen analiz sonuçları sabit süreli ve tam trafik uyarmalı durum için karşılaştırılarak aşağıdaki Tablo 4.33 ve Şekil 4.72'de gösterilmiştir.



Şekil 4.70. Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'na ait PTV Vissim ekran görüntüsü



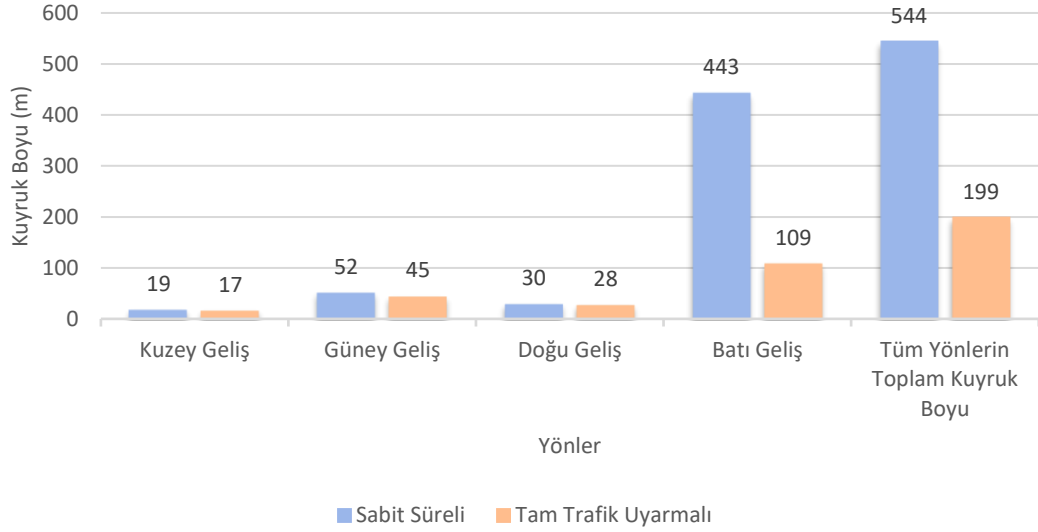
Şekil 4.71. Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'na ait PTV VisVap akış şeması

Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'nda akış şeması oluşturulurken verilen minimum süreler kavşaktaki yaya geçişleri dikkate alınarak ayarlanmıştır. Maksimum süreler için de tur süresi değişmemesi için sabit programdaki süreler kullanılmıştır. Kamera dedektörler yoğunluğa göre bu belirlenen aralıklarda dinamik yönetim sağlayacaktır.

Tablo 4.33. Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'na ait sabit süreli ve tam trafik uyarımlı analiz sonuçları

Performans Kriterleri		Sabit Süreli	Tam Trafik Uyarımlı
Hizmet düzeyi		D	D
Taşıt başına düşen gecikme (s)		44	38
Taşıt başına durma sayısı		0,96	0,94
Ortalama hız (km/h)		24,9	36,3
Yakıt Tüketimi (ABD sıvı galonu)		128,3	125,14
Emisyon	CO (g/km)	8968,15	8747,42
	NOx (g/km)	1744,87	1701,93
	VOC (g)	2078,45	2027,30

Yön Bazlı Ortalama Kuyruk Boyları



Şekil 4.72 Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'na ait yön bazlı ortalama kuyruk boyları

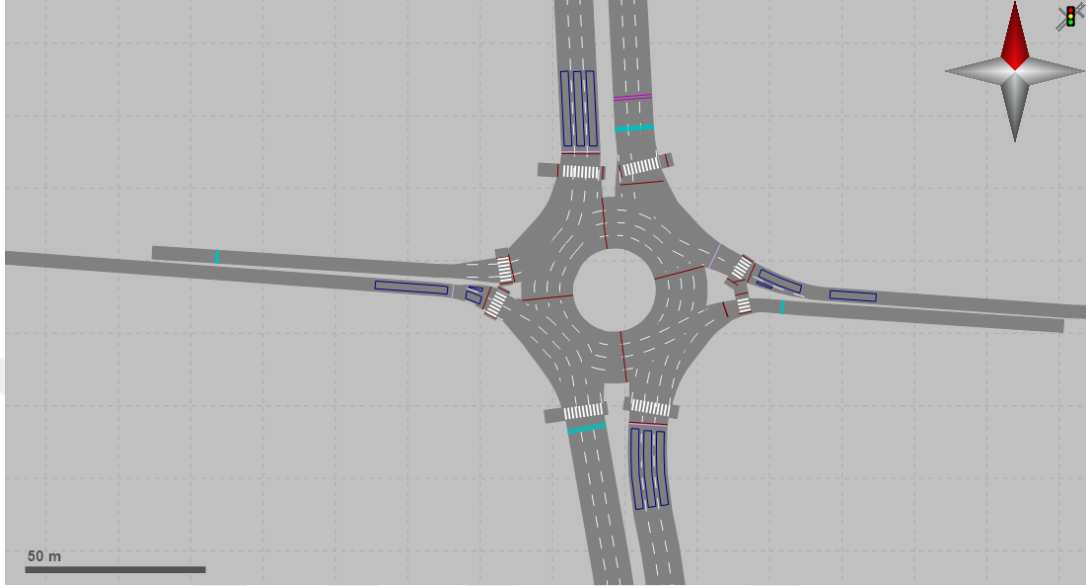
Sabit süreli ve tam trafik uyarımlı durum arasındaki analiz sonuçları karşılaştırıldığında çıkan sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- Taşıt başına düşen gecikme miktarında %14 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.
- Taşıt başına durma sayısı miktarında %2 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.
- Ortalama hız değerinde %31 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.
- Yakıt tüketimi kullanımının %2 azaldığı görülmektedir.
- CO salınımının %2 azaldığı görülmektedir.
- NOx salınımının %2 azaldığı görülmektedir.
- VOC salınımının %2 azaldığı görülmektedir.
- Kuyruk uzunluğunda ortalama %63 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.

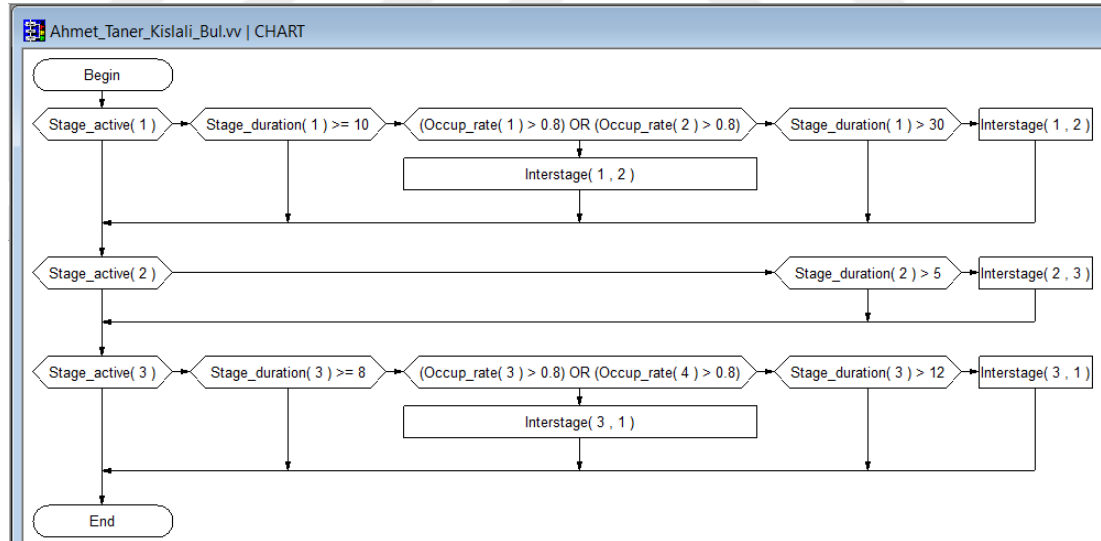
4.3.8. Kavşak 8 - Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri

Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı'nın sabit süreli durumu PTV Vissim'de modellenmiştir ve analiz edilmiştir. Tam trafik uyarımlı durum için 4 kola kamera dedektörler konularak model tekrar analiz edilmiştir (Şekil 4.73). Kamera dedektörlerin çalışması için PTV Vissim'in Visvap modülü kullanılmıştır. Visvap

modülünde kavşak için gerekli olan akış şeması tasarlanmıştır ve modelde çalıştırılmıştır (Şekil 4.74). Simülasyon modelinden elde edilen analiz sonuçları sabit süreli ve tam trafik uyarmalı durum için karşılaştırılarak aşağıdaki Tablo 4.34 ve Şekil 4.75’de gösterilmiştir.



Şekil 4.73. Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı'na ait PTV Vissim ekran görüntüsü



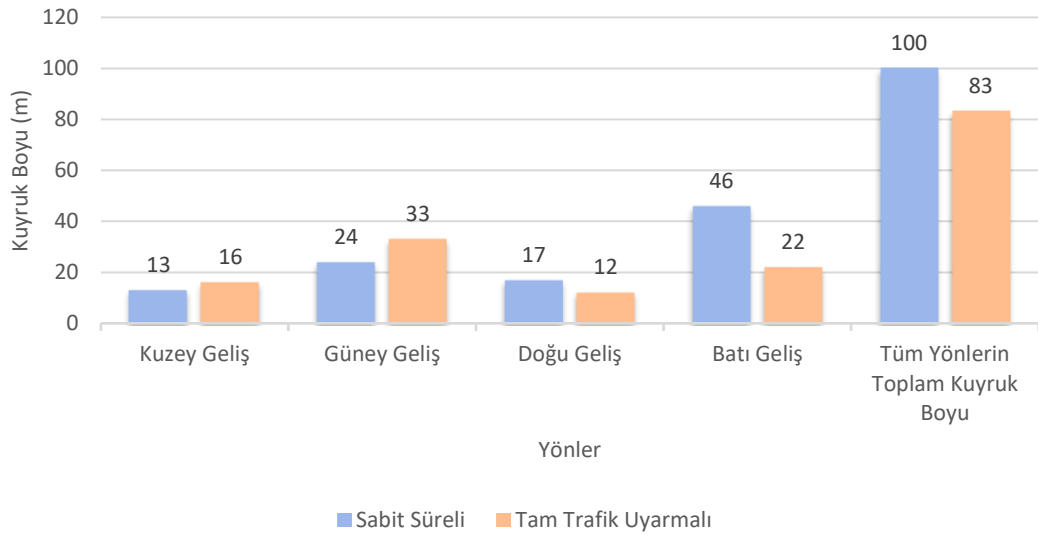
Şekil 4.74. Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı'na ait PTV VisVap akış şeması

Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı'nda akış şeması oluşturulurken verilen minimum süreler kavşaktaki yaya geçişleri dikkate alınarak ayarlanmıştır. Maksimum süreler için de tur süresi değişmemesi için sabit programdaki süreler kullanılmıştır. Kamera dedektörler yoğunluğa göre bu belirlenen aralıklarda dinamik yönetim sağlayacaktır.

Tablo 4.34. Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı'na ait sabit süreli ve tam trafik uyarımalı analiz sonuçları

Performans Kriterleri		Sabit Süreli	Tam Trafik Uyarımalı
Hizmet düzeyi		D	D
Taşıt başına düşen gecikme (s)		40	35
Taşıt başına durma sayısı		1,64	1,47
Ortalama hız (km/h)		32,75	34,68
Yakıt Tüketimi (ABD sıvı galonu)		93,75	87,05
Emisyon	CO (g/km)	6553,64	6084,79
	NOx (g/km)	1275,10	1183,87
	VOC (g)	1518,87	1410,20

Yön Bazlı Ortalama Kuyruk Boyları



Şekil 4.75 Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı'na ait yön bazlı ortalama kuyruk boyları

Sabit süreli ve tam trafik uyarımalı durum arasındaki analiz sonuçları karşılaştırıldığında çıkan sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- Taşıt başına düşen gecikme miktarında %13 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.
- Taşıt başına durma sayısı miktarında %10 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.
- Ortalama hız değerinde %6 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.
- Yakıt tüketimi kullanımının %7 azaldığı görülmektedir.
- CO salınımının %7 azaldığı görülmektedir.
- NOx salınımının %7 azaldığı görülmektedir.

- VOC salınımının %7 azaldığı görülmektedir.
- Kuyruk uzunluğunda ortalama %17 iyileşme meydana geldiği görülmektedir.

4.4. Kavşak Performanslarının Karşılaştırılması

Bu bölüm, analizi yapılan kavşakların sonuçlarını performans parametrelerine göre ayrılmış grafikler üzerinde sunmaktadır. Grafiklerde kavşak bazlı veriler sunulmuştur.

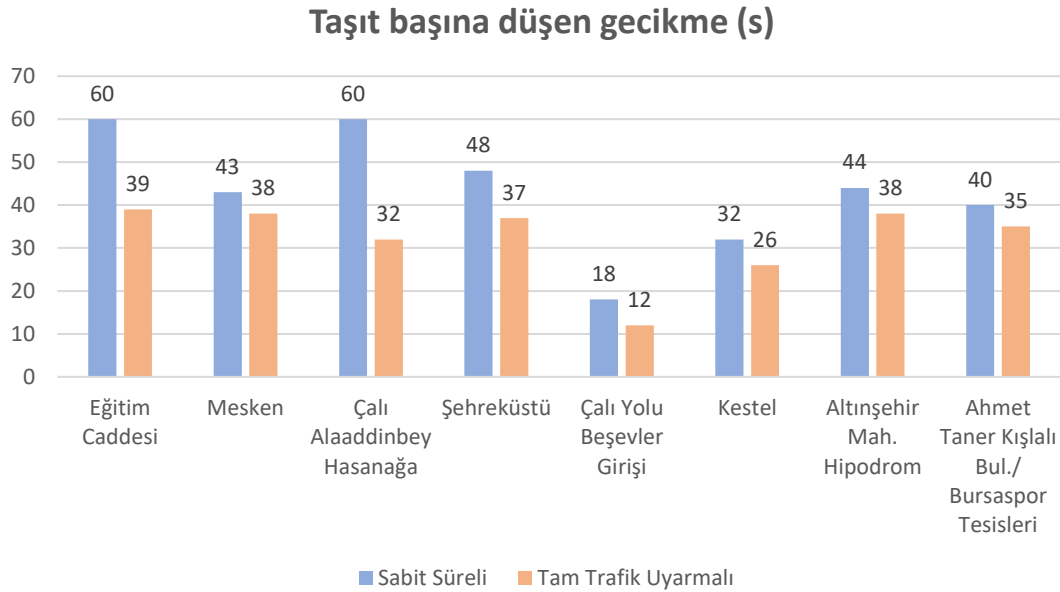
Tablo 4.35, çalışma kapsamında ele alınan sinyalize kavşakların bilgilerini içermektedir.

Tablo 4.35. Seçilen kavşaklar ve kavşak türleri

Kavşak No	Seçilen Kavşaklar		Sinyalize Kavşak Türü
Kavşak 1	209	Eğitim Caddesi	4 Kollu
Kavşak 2	211	Mesken	4 Kollu
Kavşak 3	324	Çalı Alaaddinbey Hasanağa	4 Kollu
Kavşak 4	103	Şehreküstü	3 Kollu Dönel Adalı
Kavşak 5	325	Çalı Yolu Beşevler Girişi	3 Kollu Dönel Adalı
Kavşak 6	236	Kestel	4 Kollu Dönel Adalı
Kavşak 7	312	Altınşehir Mah. Hipodrom	4 Kollu Dönel Adalı
Kavşak 8	339	Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri	4 Kollu Dönel Adalı

Şekil 4.76 ve Şekil 4.77’de kavşakların gecikme sürelerinin karşılaştırılması verilmiştir. Grafikteki analizler incelendiğinde dört kollu sinyalize kavşaklarda tam trafik uyarmalı sistemlerin sabit süreli sistemlere kıyasla belirgin bir üstünlük sağladığı görülmektedir. Örneğin, Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı’nda gecikme süresi tam trafik uyarmalı sistemle %47 oranında iyileşerek 60 saniyeden 32 saniyeye düşmüştür. Buna karşılık, Mesken Kavşağı’ndaki iyileşme dar ve tek şeritli yolların olumsuz etkisiyle sınırlı kalmış ve %12 oranında bir iyileşme ile 43 saniyeden 38 saniyeye inmiştir. Eğitim Caddesi Kavşağı’nda ise D200’den gelen talebi karşıladığı ve gidişte yer yer deşarj sorunu olduğu için %36 oranında bir iyileşme sağlanmıştır. Üç kollu dönel adalı kavşaklarda, tam trafik uyarmalı sistem kullanıldığında, sabit süreli sistemlere göre gecikme sürelerinde gözle görülür bir iyileşme olduğu görülmektedir. Şehreküstü kavşağında, tam trafik uyarmalı sistem, gecikme süresini sabit süreli sisteme göre 48 saniyeden 37 saniyeye düşürerek %22 oranında bir iyileşme sağlanmıştır. Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı’nda da tam trafik uyarmalı

sistem, gecikme süresini 12 saniyeye indirerek %33 oranında bir iyileşme elde etmiştir. Şhreküstü Kavşığı'nda elde edilen iyileşmenin Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşığı'ndan az olmasının sebebi Şhreküstü Kavşığı'nın şehir meydanında olması ve taşıt-yaya talebinin yüksek olmasıdır. Dört kollu dönel adalı kavşaklarda ise iyileşme oranları diğer kavşak türlerine göre daha az olmuştur. Kestel Kavşığında, sabit süreli sistemle elde edilen 32 saniyelik gecikme süresi, tam trafik uyarmalı sistem kullanıldığında 26 saniyeye düşmüş ve %18 oranında bir iyileşme sağlanmıştır. Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşığında, sabit süreli sistemle elde edilen 44 saniyelik gecikme süresi, tam trafik uyarmalı sistem kullanıldığında 38 saniyeye düşmüş ve %14 oranında bir iyileşme sağlanmıştır. Ahmet Taner Kışlalı Bul./Bursaspor Tesisleri Kavşığı'nda, tam trafik uyarmalı sistem kullanımıyla gecikme süresi sabit süreli sistemdeki 40 saniyeden 35 saniyeye inmiş ve %12 oranında bir iyileşme sağlanmıştır. Kestel Kavşığı kısa tur süresi ile çalıştığı için iyileşme değeri dört kollu dönel adalı kavşaklara göre daha iyi gelmiştir. Dört kollu dönel adalı kavşaklarda kavşığı daha verimli çalıştırabilmek için tur süresine dikkat edilmesi gerektiği tespit edilmiştir.



Şekil 4.76 Taşıt başına düşen gecikme süreleri analiz sonuçlarının karşılaştırılması

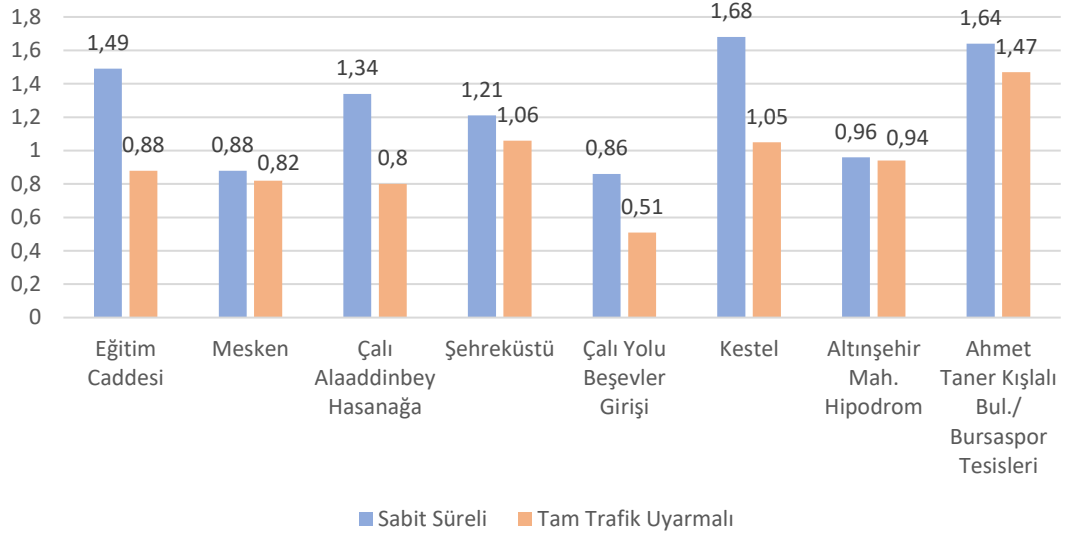
Taşıt Başına Düşen Gecikme Süresinin Karşılaştırılması (%)



Şekil 4.77 Taşıt başına düşen gecikme süresinin karşılaştırılması (%)

Şekil 4.78 ve Şekil 4.79’da tam trafik uyarmalı sistemlerin ve sabit süreli sistemlerin taşıt başına durma sayısına etkisinin karşılaştırılması verilmiştir. Tam trafik uyarmalı sistemler, genellikle taşıtların durma sayısını azaltmada sabit süreli sistemlere göre daha etkili olmuştur. Dört kollu sinyalizasyonlu kavşakların iyileşme oranları diğer kavşak türlerine göre daha iyi gelmiştir. Örneğin, Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı’nda tam trafik uyarmalı sistem, durma sayısını sabit süreli sisteme göre %41 oranında iyileşerek 0.86’dan 0.51’e düşmüştür. Mesken Kavşağı’nda ise, kavşak geometrisinden ve kavşak ağzındaki parklanmalardan dolayı iyileşme değeri %7 de kalmıştır. Üç kollü dönel adalı sinyalizasyonlu kavşak olan Şehreküstü Kavşağı’nda ise yaya trafiğinin çok olması ve batı gidiş kolunda köprü üstüne ayrılmadan dolayı oluşan örülmeden kaynaklı iyileşme değeri %12 de kalmıştır. Dört kollü dönel adalı Kestel Kavşağı’nda tam trafik uyarmalı sistem, durma sayısı %37 oranında iyileşerek 1.68’den 1.05’e düşmüştür. Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı’nda %2 ve Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tes. Kavşağı’nda %10 oranında daha az bir iyileşme meydana gelmesinin sebebi ise, kavşaklarda dönel ada çapının geniş olması ve iki yönün karşılıklı açmasından dolayı sola dönen taşıtların tekrar durması ve dur kalk hareketlerinin artmasıdır.

Taşıt başına durma sayısı



Şekil 4.78 Taşıt başına durma sayısı analiz sonuçlarının karşılaştırılması

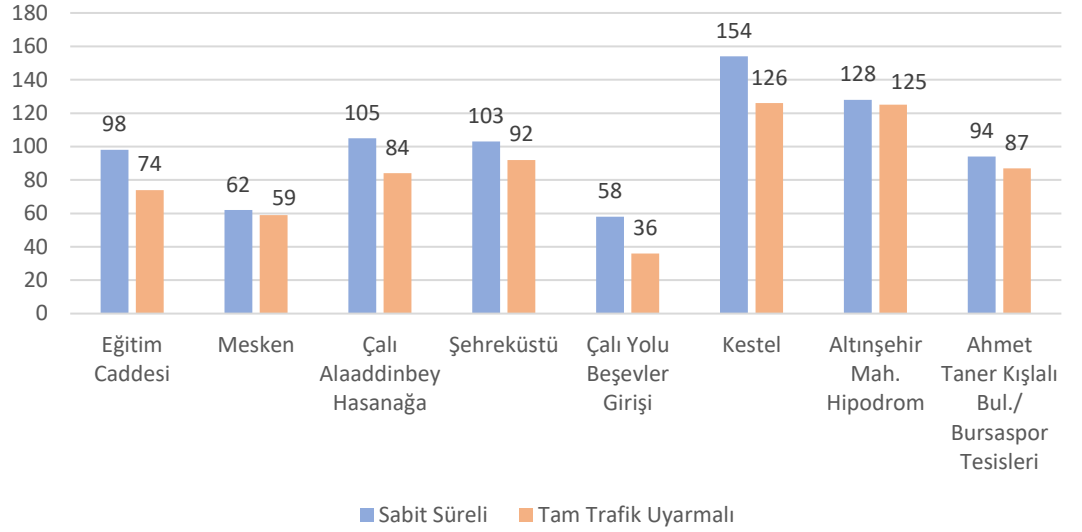
Taşıt Başına Durma Sayısının Karşılaştırılması (%)



Şekil 4.79 Taşıt başına durma sayısının karşılaştırılması (%)

Şekil 4.80’de kavşakların yakıt tüketimi karşılaştırılması verilmiştir. Tam trafik uyarımlı sistemler, Eğitim Caddesi ve Mesken kavşaklarında yakıt tüketimini sırasıyla %24.5 ve %4.8 oranında iyileştirmiştir. Eğitim Caddesi Kavşağı için 98’den 74 ABD sıvı galonuna, Mesken Kavşağı için ise 62’den 59 ABD sıvı galonuna düşmüştür. Özellikle Çalı Alaaddinbey Hasanağa kavşağında, tam trafik uyarımlı sistem kullanımı ile yakıt tüketimi %20 oranında iyileşerek 105’den 83 ABD sıvı galonuna düşmüştür.

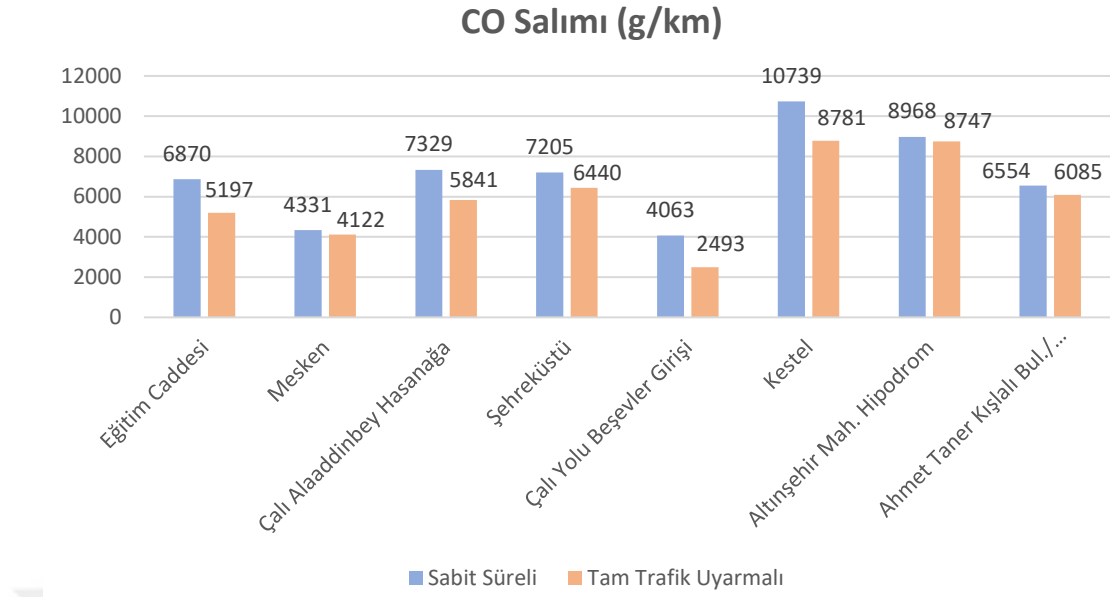
Yakıt Tüketimi (ABD sıvı galonu)



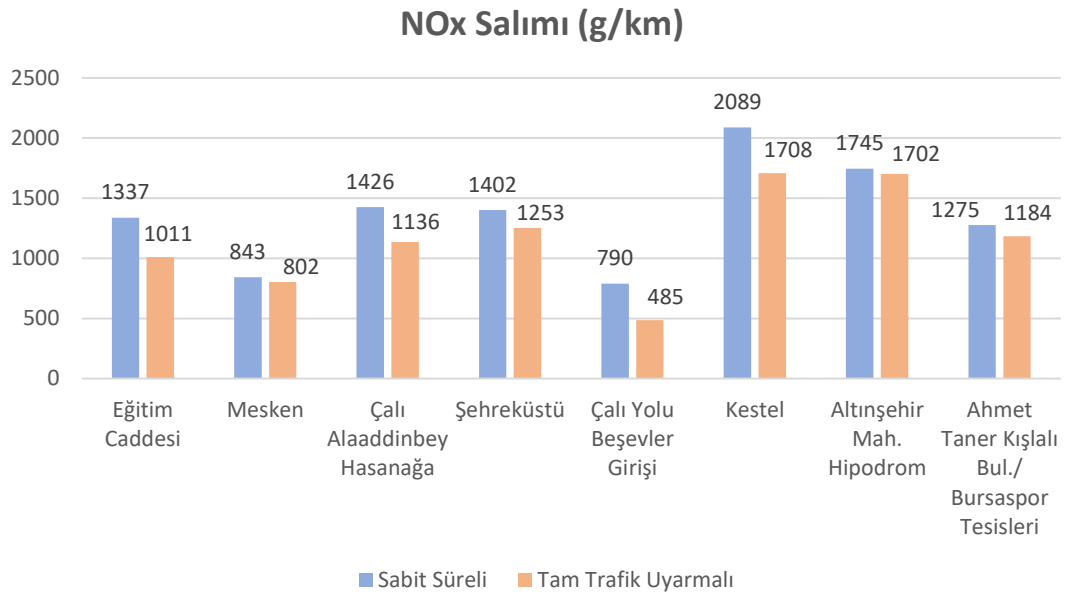
Şekil 4.80 Yakıt tüketimi analiz sonuçlarının karşılaştırılması

Tam trafik uyarmalı sistemlerin hava kirliliği emisyonları üzerindeki etkisi sabit süreli sistemlere kıyasla değerlendirilmiştir. Şekil 4.81’de kavşakların CO salımı, Şekil 4.82’de kavşakların NOx salımı ve Şekil 4.83’de kavşakların VOC salımı karşılaştırılması verilmiştir.

Grafiklerdeki veriler incelendiğinde, CO emisyonlarında en yüksek iyileşme Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı’nda gözlemlenmiştir, burada tam trafik uyarmalı sistem ile emisyonlar %39 oranında iyileşerek 4063 g/km’den 2493 g/km’ye düşmüştür. Aynı kavşakta NOx salımı için de en iyi iyileşme %39 ile 790 g/km’den 485 g/km’ye gerilemiştir. VOC salımlarında ise en yüksek düşüş yine Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı’nda %39 oranında iyileşerek 942 g’dan 578 g’ye inmiştir. Diğer yandan, Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı CO ve NOx emisyonlarında en düşük iyileşmeyi göstermiş, CO salımı %3 oranında iyileşerek 8968 g/km’den 8747 g/km’ye, NOx salımı %3 oranında iyileşerek 1745 g/km’den 1702 g/km’ye inmiştir. VOC salımı %3 ile 2078 g’dan 2027 g’ye düşmüştür.

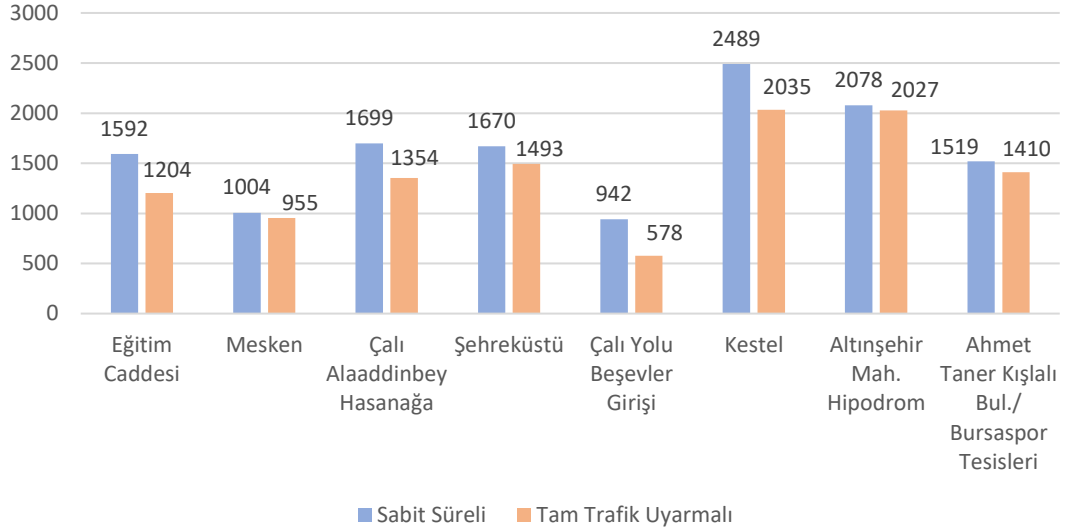


Şekil 4.81 CO Salımı analiz sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 4.82 NOx Salımı analiz sonuçlarının karşılaştırılması

VOC Salımı (g)



Şekil 4.83 VOC Salımı analiz sonuçlarının karşılaştırılması

Şekil 4.84’de yakıt tüketimi, CO, NO_x ve VOC salımlarının karşılaştırmaları yüzdesel olarak verilmiştir. Durma sayısı bu sonuçları doğrudan etkilediği için çıkan sonuçların kıyaslamaları durma sayısında yapılan yorumlar ile aynı olacaktır.

Yakıt tüketimi, CO, NO_x ve VOC Salımı Karşılaştırılması (%)

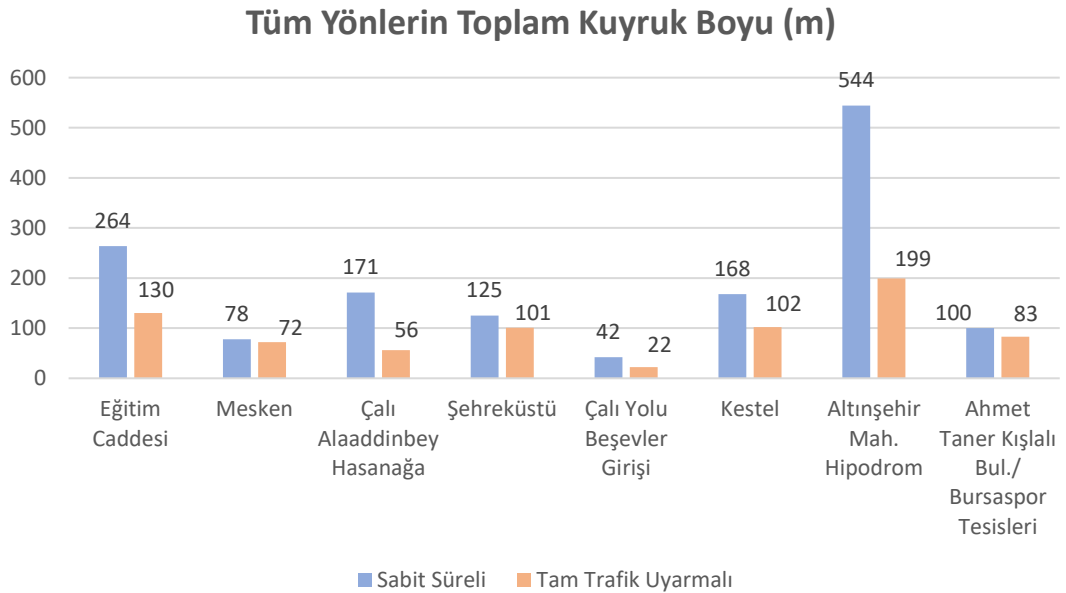


Şekil 4.84 Yakıt tüketimi, CO, NO_x ve VOC salımı karşılaştırılması (%)

Şekil 4.85 ve Şekil 4.86’da kavşakların kuyruk uzunlukları için yapılan analiz karşılaştırılması verilmiştir. Bu analizler kavşaklardaki tüm yönlerin toplam kuyruk boylarını içermektedir. Yön bazlı kuyruk boyları kavşakların analiz sonuçlarında verilmiştir. Analizler sonucu kavşaklardaki toplam kuyruk boylarında azalma

meydana geldiği görülmektedir. Dört kollu sinyalize kavşaklarda en etkili iyileşme, Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı'nda gözlemlenmiş olup, tam trafik uyarmalı sistemle kuyruk uzunluğu %67 iyileşerek 171 metreden sadece 56 metreye düşmüştür. Mesken Kavşağı'nda ise tam trafik uyarmalı sistem kullanıldığında kuyruk uzunluğunda sadece %8 oranında bir iyileşme sağlanmış ve 78 metreden 72 metreye inmiştir. Kavşak kollarının bir şerit olmasından, kavşak ağzındaki parklanmalardan ve gidiş kollarında oluşan deşarj sorunlarından dolayı iyileşme değeri düşük kalmıştır. Aynı şekilde üç kollu dönel adalı olan Şhreküstü Kavşağı'nda da batı gidiş kolundaki ara ara oluşan örölmeden dolayı iyileşme değeri %19 da kalmıştır. Dört kollu dönel adalı sinyalize kavşak olan Kestel Kavşağı'nda iyileşme değerinin %18 de kalmasının sebebi ise kavşağın mevcut durumunda da kuyruklanmanın çok olmamasıdır. Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'nda ise %63 oranında iyileşme gelmesinin sebebi ise sabit süreli sistem de sadece batı kolunda oluşan kuyruklanmayı, tam trafik uyarmalı sistemde diğer yönlerin sürelerini kısararak batı koluna vermesidir.

Tam trafik uyarmalı sistemler kuyruk boyu analizleri için değerlendirildiğinde yoğun olmayan kollardaki yeşil süreleri kısararak yoğun olan kollara aktardığı için kavşak türünden bağımsız, trafik hacmine bağılı olarak gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 4.85 Tüm yönlerin toplam kuyruk boyu analiz sonuçlarının karşılaştırılması

Tüm Yönlerin Toplam Kuyruk Boyu Karşılaştırılması (%)



Şekil 4.86 Tüm yönlerin toplam kuyruk boyu karşılaştırılması (%)

5. SONUÇLAR

Çalışma kapsamında, Bursa şehir merkezinde farklı noktalarda bulunan kavşaklardan sabit zamanlı olarak çalışan sekiz kavşak seçilmiştir. Kavşakların seçiminde kavşak türleri, trafik yoğunlukları ve geometrik durumlar dikkate alınmıştır. Dört kollu sinyalize, üç kollu dönel adalı sinyalize ve dört kollu dönel adalı sinyalize kavşaklar olmak üzere 3 farklı kavşak türü seçilmiştir. Kavşaklar PTV Vissim’de sabit ve tam trafik uyarmalı olarak modellenmiştir. Tam trafik uyarmalı kavşaklar PTV Vissim’in ek modülü olan Visvap ile modellenmiştir. Modelleme sırasında kullanılacak veriler sahadan ve ilgili belediyeden temin edilmiştir. Modeller saha gözlemlerine göre kalibre edilerek analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda farklı kavşak tiplerine sahip kavşakların sabit zamanlı çalıştığı durum ile tam trafik uyarmalı çalıştığı durum arasındaki performans parametreleri karşılaştırılmıştır.

Farklı türlerdeki kavşaklar üzerinde yapılan bu simülasyonlarda, bu sistemlerin trafik akışını, yakıt tüketimini ve çevresel etkilerini detaylı bir şekilde karşılaştırılmıştır. Bu bölümde yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar verilmiş ve gelecekte yapılması planlanan çalışmalar için öneriler getirilmiştir.

Hizmet düzeyi ve gecikme süreleri için analizler incelendiğinde, tam trafik uyarmalı sistemlerin, sabit süreli sistemlere kıyasla taşıt başına düşen gecikme süresinde önemli düşüşler sağladığı görülmektedir.

Gecikme süreleri analizinde, Eğitim Caddesi Kavşağı’nda %36, Mesken Kavşağı’nda %12, Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı’nda %47, Şehreküstü Kavşağı’nda %22, Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı’nda %33, Kestel Kavşağı’nda %18, Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı’nda %14 ve Ahmet Taner Kışlalı Bul./Bursaspor Tesisleri Kavşağı’nda %13 oranında iyileşme elde edilmiştir. Bu sonuçlar, sinyalize kavşak türlerine göre tam trafik uyarmalı sistemlerin performansını göstermektedir.

Gecikme sürelerindeki iyileşmenin en fazla olduğu kavşak türü dört kollu sinyalize kavşaklar olmuştur. Dört kollu olan Mesken Kavşağı’nda ise yollardaki şeritlerin dar, tek şeritli ve parklanma sorunu olması gibi durumlardan dolayı gecikme sürelerindeki iyileşme oranı azalmıştır. Üç ve dört kollu dönel adalı kavşaklarda kısa ve uzun tur sürelerinin gecikme süreleri üzerinde etkisi olmuştur. Kısa tur süresine sahip olan kavşakların gecikme sürelerindeki iyileşme oranı daha fazla elde edilmiştir.

Durma sayısı için analizler incelendiğinde, tam trafik uyarmalı sistemlerin, sabit süreli sistemlere kıyasla taşıt başına düşen durma sayısında önemli düşüşler sağladığı görülmektedir.

Durma sayısı analizinde, Eğitim Caddesi Kavşağı'nda %41, Mesken Kavşağı'nda %7, Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı'nda %40, Şhreküstü Kavşağı'nda %12, Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı'nda %41, Kestel Kavşağı'nda %38, Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'nda %2 ve Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı'nda %10 oranında iyileşme elde edilmiştir. Bu sonuçlar, sinyalize kavşak türlerine göre tam trafik uyarmalı sistemlerin performansını göstermektedir.

Durma sayısındaki iyileşmenin en fazla olduğu kavşak türü dört kollu sinyalize kavşaklar olmuştur. Aynı zamanda dört kollu dönel adalı olan Kestel Kavşağı'nın da kısa döngü süresi ve kamera dedektörlü sistem sayesinde durma sayısındaki iyileşme oranı artmıştır.

Yakıt tüketimi ve emisyonlar için yapılan analizler incelendiğinde, yakıt tüketimi ve emisyon miktarları açısından, tam trafik uyarmalı sistemlerin, sabit süreli sistemlere kıyasla önemli düşüşler sağladığı görülmektedir.

Yakıt tüketimi, CO, NO_x ve VOC analizlerinde, Eğitim Caddesi Kavşağı'nda %24, Mesken Kavşağı'nda %5, Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı'nda %20, Şhreküstü Kavşağı'nda %11, Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı'nda %39, Kestel Kavşağı'nda %18, Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'nda %2 ve Ahmet Taner Kışlalı Bul./ Bursaspor Tesisleri Kavşağı'nda %7 oranında iyileşme elde edilmiştir. Bu sonuçlar, sinyalize kavşak türlerine göre tam trafik uyarmalı sistemlerin performansını göstermektedir.

Bu veriler, tam trafik uyarmalı sistemlerin, yakıt tüketimi ve emisyon değerlerini azaltarak çevresel etkinliği artırabileceğini ve trafik akışını iyileştirme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

Kavşaklardaki toplam kuyruk uzunlukları için analizler incelendiğinde, tam trafik uyarmalı sistemlerin, sabit süreli sistemlere kıyasla toplam kuyruk boylarında önemli düşüşler sağladığı görülmektedir.

Toplam kuyruk uzunlukları analizinde, Eğitim Caddesi Kavşağı'nda %51, Mesken Kavşağı'nda %8, Çalı Alaaddinbey Hasanağa Kavşağı'nda %67, Şhreküstü

Kavşağı'nda %19, Çalı Yolu Beşevler Girişi Kavşağı'nda %48, Kestel Kavşağı'nda %39, Altınşehir Mah. Hipodrom Kavşağı'nda %63 ve Ahmet Taner Kışlalı Bul./Bursaspor Tesisleri Kavşağı'nda %17 oranında iyileşme elde edilmiştir. Bu sonuçlar, sinyalize kavşak türlerine göre tam trafik uyarmalı sistemlerin performansını göstermektedir.

Toplam kuyruk uzunluklarındaki iyileşmenin tüm kavşak türlerinde iyi olduğu görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde tam trafik uyarmalı sistemlerin kavşak kollarında oluşan kuyruklanmaları dinamik olarak değiştirdiği görülmektedir. Kameralı dedektör sayesinde kavşakta herhangi bir yönde taşıt azaldığında fazı erken kapattığı ve döngü süresinin kısalmasından dolayı diğer yönlerde daha hızlı sıra gelmesi sağlanmıştır.

Çeşitli kavşak tipleri üzerinde yapılan bu analizler, tam trafik uyarmalı sistemlerin özellikle yoğun trafik akışına sahip ve sık sık sıkışıklık yaşanan kavşaklarda daha etkili olduğunu göstermektedir. Örneğin, yüksek trafik hacmine sahip kavşaklarda, sabit süreli sistemlere göre daha dinamik ve esnek bir çözüm sunarak trafik akışını optimize edebilmektedir.

Kamera dedektörlü sistemler ile farklı kavşak tiplerinde yer yer daha az iyileşmeler meydana gelse de zirve saatteki yoğun trafik talebi olan kavşakları iyileştirmekte ve zirve dışı saatlerde de kavşakta gereksiz beklemleri önlemektedir. Dönel adalı sinyalize kavşaklarda sistemin daha düzgün çalışması için kavşak geometrisi, tur süresi, taşıt talebi gibi faktörler de göz önünde bulundurulmalıdır.

Sonuç olarak, bu çalışma, kentsel trafik yönetiminde tam trafik uyarmalı sistemlerin, özellikle yoğun trafik ve karmaşık kavşak yapılarına sahip bölgelerde, sabit süreli sistemlere kıyasla daha etkili olduğunu göstermektedir. Bu sistemler, trafik akışını iyileştirirken aynı zamanda çevresel etkileri azaltmakta ve sürdürülebilir şehir yaşamına katkıda bulunmaktadır. Gelecekte, şehir planlamacıları ve trafik mühendisleri için bu tür sistemlerin uygulanabilirliğinin ve etkinliğinin daha da artırılması önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, tam trafik uyarmalı olarak çalışan kamera dedektörlü sistem üzerine analizler yapılmıştır. Gelecek çalışmalarda kavşaklar için farklı dedektör türlerinin (Kamera, loop gibi) kendi aralarındaki performans analizlerinin kıyaslanması önerilmektedir. Bir diğer öneri ise dedektörlü tam trafik uyarmalı

sistemler ile birlikte hareketli araç verisi gibi harita tabanlı sistemler birbiri ile entegre edilerek analizlerde meydana gelebilecek değişimlerin incelenmesidir.



KAYNAKLAR

- Aavani P., Mithun K Sawant, Sneha Sawant, Rohit S Deshmukh (2017). A Review on Adaptive Traffic Controls Systems.
- Akın. A. D. (2022). *Modern Dönel Kavşaklarda Mevcut Durumun Tespiti ve Yapılacak İyileştirmelerle Kapasiteyi Düşürmeden Trafik Güvenliğinin Arttırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Akın. M. D. (2020). *Samsun İli Atatürk Bulvarı Üzerindeki Trafiğin Makro Simülasyon Tekniği İle Modellenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Albagul, A., Hrairi, M. and Hidayatullah M. F. (2006). Desing and development of sensor based traffic light system, *American Journal of Applied Sciences*, 3(3) 1745-1749 .
- Al-Khateeb, K., and Johari J.A.Y. (2008). Intelligent dynamic traffic light sequence using rfid, *Journal of Computer Sciences*, 4 (7), 1367-1372.
- Camcı, A.A., (2019). *Kavşak Tasarımında Trafik Simülasyon Tekniklerinin Kullanımı Ve Sakarya İçin Uygulamalar*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çakıcı, Z., (2014). *Sinyalize Dönel (Yuvarlakada) Kavşakların Tasarım Esaslarının Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Darma, Y., Karım M. R., Mohamad, J. and Abdullah, S. (2005). *Control Delay Variability At Signalized Intersection Based On HCM Method*, Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 5, 945-958.
- Feldman, O., (2012). *The GEH Measure and Quality of the Highway Assignment Models*.
- Gonca, C., Gülsün, B. (2019). Adaptif Trafik Yönetim Sistemleri, *OHS Academy İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*.
- Güneş F. (2021). *Akıllı Şehirler ve Veri Analitiği - Sinyalize Kavşakların Performans Değerlendirilmesinde Analitik Yöntemler Ve Trafik Akımının Kuyruk Teorisi İle Modellenmesi*, Doktora Tezi, T.C. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kayacan M. A. (2021). *Dönel Kavşakta Farklı Uygulamaların Performans Kriterleri Üzerine Etkilerinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Bursa Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Keskin, E. (2019). *Optimum Süreli Kavşak Kontrol Cihazı Tasarımı ve Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- KGM. (2005). *Karayolları Tasarım El Kitabı* Ankara: KGM Yayınları.
- KGM. (2016). *Karayolları Tasarım El Kitabı* Ankara: KGM Yayınları.
- KGM. (2022). *Karayolları Tasarım El Kitabı* Ankara: KGM Yayınları.
- Mahmood, M.S. (2010). *Bulanık mantık kullanılarak trafik kontrolünün tasarımı ve uygulaması*, Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Murat Y.S. (2001). *Sinyalize Kavşaklarda Bulanık Mantık Tekniği ile Trafik Uyumlu Sinyal Devre Modeli*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Öztürk, N.B. (2006). *Akıllı trafik sistemleri*, Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- PTV Vissim (2021) *User Manual*. Karlsruhe, Germany.

- PTV Vissim (2023) *User Manual*. Karlsruhe, Germany.
- Salamati, K., Roupail, N. M., Frey, H. C., Liu, B. and Schroeder, B. J. (2015). "Simplified Method for Comparing Emissions in Roundabouts and at Signalized Intersections", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2517.
- Samadi S., Rad A. P., Kazemi F. M., Jafarian H. (2012). Performance Evaluation of Intelligent Adaptive Traffic Control Systems: A Case Study.
- Şimşir, F., Özkaynak, E. ve Ekmekçi D. (2013). *Kavşaklarda Trafik Sinyalizasyon Sisteminin Modellemesi ve Benzetimi. XV. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri*, 23-25 Ocak, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
- Taşdemir A.B. (2023). *Trabzon İli Terminal Kavşağının Trafik Yönetimi Açısından Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- TÜİK. (2022). *Yıllara göre motorlu kara taşıtları sayısı* Ankara: Türkiye İstatistik Kurumu.
- Ulusoy B. E. (2022). *Şehir İçinde Sinyalize Bir Kavşağın Performansının Analizi ve İyileştirilmesi Çalışmaları: Antalya İli Konyaaltı İlçesi Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Vadi, S., Karakuş, E., ve Yıldız, Ş. (2010). *Gerçek zamanlı çalışan bir trafik kontrol sinyalizasyon sisteminin plc tabanlı uygulaması ve pc üzerinden izlenmesi*, *Ulusal Meslek Yüksekokulları Öğrenci Sempozyumu*, MYO-ÖS 2010, Düzce, 1-10.
- Yılmaz H. (2022). *Eşdüzey Kavşakların Performans Etkilerinin Araştırılması: Bursa Esentepe Kavşağı Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yousef, K.M., Al-Karaki, J.N. and Shantnawi, A.M. (2010). Intelligent traffic light flow control system using wireless sensors networks, *Journal of Information Science and Engineering*.

ÖZ GEÇMİŞ

Tolga YAMAN, Bartın Cumhuriyet Anadolu Lisesi’ni bitirdikten sonra Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği bölümünden 03.07.2020 tarihinde mezun oldu. 2020 yılında Gümüşhane Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programına girdi. 2021 yılında da OMÜ LEE İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programına geçiş yaptı. Mezuniyetinden bu yana ISSD Bilişim Elektronik A.Ş. firmasında inşaat/ulaştırma mühendisi olarak görev yapan Tolga YAMAN., orta derecede İngilizce bilmektedir.

İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0000-0002-5749-1897

Yayınlar:

1. Yaman T., Dağlı E., Aydın M.M. ve Keleş M.A. (2022). “Fasılalı Geçiş Sistemlerinde Güvenli Geçiş Uygulamaları” , İDEALKENT, c. 13, sy. 36, ss. 797–823, 2022, doi: 10.31198/idealkent.1059620.