



**ERZURUM'DA ÜÇ KAVŞAKTAN OLUŞAN
KORİDORUN MİKROSİMÜLASYON VE AHP
YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ**

Hüseyin OKTAN

Danışman: Doç. Dr. Osman Ünsal BAYRAK

Yüksek Lisans Tezi

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

2021

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**ERZURUM'DA ÜÇ KAVŞAKTAN OLUŞAN KORİDORUN MİKROSİMÜLASYON
VE AHP YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ**

(Investigation of the Corridor Consisting of Three Intersections in Erzurum With
Microsimulation and AHP Method)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hüseyin OKTAN

Danışman: Doç. Dr. Osman Ünsal BAYRAK

Erzurum
Haziran, 2021

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Hüseyin OKTAN tarafından hazırlanan “Erzurum’da Üç Kavşaktan Oluşan Koridorun Mikrosimülasyon ve AHP Yöntemiyle İncelenmesi” başlıklı çalışması 04/ 06 / 2021 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ulaştırma Bilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof. Dr. Ahmet TORTUM <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır
Danışman:	Doç. Dr. Osman Ünsal BAYRAK <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır
Jüri Üyesi:	Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Ali ÇOLAK <i>Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Saltuk Buğrahan CEYHUN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak Doç. Dr. Osman Ünsal BAYRAK danışmanlığında sunulan “Erzurum’da Üç Kavşaktan Oluşan Koridorun Mikrosimülasyon ve AHP Yöntemiyle İncelenmesi” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	0	30
Kuramsal Temeller	5	30
Materyal ve Yöntem	13	35
Bulgular	1	20
Tartışma	1	20
Tezin Geneli	11	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5’den büyük olmaması gerekir.

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Hüseyin OKTAN	Doc. Dr. Osman Ünsal BAYRAK
18.5.2021	18.5.2021
İmza: Aslı ıslak imzalıdır	İmza: Aslı ıslak imzalıdır

* Tez ile ilgili YÖKTEZ’de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

☐ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

☐ Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmamın tüm aşamalarında tecrübe, öneri ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Osman Ünsal BAYRAK'a,

Çalışmalarına katkıda bulunan tez komitesi üyeleri Sayın Prof. Dr. Ahmet TORTUM'a ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Ali ÇOLAK'a

Çalışmalarında yardımlarından dolayı Sayın Öğr. Gör. Fatih İrfan BAŞ'a,

Çalışmalarında desteklerinden dolayı değerli arkadaşlarıma ve meslektaşlarıma,

Beni yetiştiren ve bugünlere gelmemde büyük emekleri olan değerli Anneme, Babama ve aileme çok teşekkür ederim.

Hüseyin OKTAN

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERZURUM'DA ÜÇ KAVŞAKTAN OLUŞAN KORİDORUN MİKROSİMÜLASYON VE AHP YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ

Hüseyin OKTAN

Danışman: Doç. Dr. Osman Ünsal BAYRAK

Amaç: Bu çalışmada Erzurum ilinde bulunan şehrin önemli kavşakları olan İstasyon kavşağı-Gez kavşağı-İstanbulkapı kavşaklarının oluşturduğu koridor üzerinde bulunan kavşakların seyahat süresi, ortalama gecikmesi, CO, NO_x ve VOC emisyonu salınımı, yakıt tüketimi ve kuyruk uzunluğu gibi parametrelerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır.

Yöntem: Bu çalışmada belirlenen koridorda bulunan kavşaklarda Vissim mikro ölçekli trafik simülasyon programı kullanılarak mevcut durum ve 13 farklı senaryo için mikrosimülasyon analizleri yapılmıştır. Belirlenen koridorda en uygun kavşak kombinasyonunu belirlemek için Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) uygulanmıştır.

Bulgular: Simülasyon sonuçları kavşak tasarımlarının seyahat süresi, ortalama gecikmesi, CO, NO_x ve VOC emisyonu salınımı, yakıt tüketimi, kuyruk uzunluğu gibi parametrelerinin iyileştirilmesinde kilit role sahip olduğunu göstermekte ve trafik akımındaki önemini ortaya koymaktadır.

Sonuç: Belirlenen koridorda en uygun kavşak kombinasyonun belirlemek için Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) uygulanmıştır. AHP yöntemine göre en uygun alternatifin Senaryo 13 olduğu tespit edilmiştir. Ancak senaryo 13'ün ilk yatırım maliyetinin yüksek olması göz önüne alındığında ikinci en uygun alternatifin senaryo 7 olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kavşak tipi, mikro simülasyon, trafik yönetimi, AHP

Haziran 2021, 95 sayfa

ABSTRACT

MASTER THESIS

INVESTIGATION OF THE CORRIDOR CONSISTING OF THREE INTERSECTIONS IN ERZURUM WITH MICROSIMULATION AND AHP METHOD

Hüseyin OKTAN

Supervisor: Doç. Dr. Osman Ünsal BAYRAK

Purpose: In this study, it is aimed to improve the parameters such as travel time, average delay, CO, NO_x and VOC emission, fuel consumption and tail length of the intersections on the corridor formed by the station intersection - Gez intersection - Istanbulkapı intersections. It is one of the important crossroads of the city in Erzurum.

Method: In this study, microsimulation analyzes were made for the current situation and 13 different scenarios by using Vissim micro-scale traffic simulation program at the intersections in the determined corridor. Analytical Hierarchy Process (AHP) has been applied to determine the most suitable intersection combination in the specified corridor.

Findings: Simulation results show that intersection designs play a key role in improving parameters such as travel time, average delay, emission of CO, NO_x and VOC emissions, fuel consumption, tail length, and reveal their importance in traffic flow.

Results: Analytical Hierarchy Process (AHP) has been applied to determine the most appropriate intersection combination in the specified corridor. Scenario 13 was determined to be the most appropriate alternative according to the AHP method. However, considering the high initial investment cost of Scenario 13, it has been determined that the second most suitable alternative is Scenario 7.

Keywords: Intersection type, micro simulation, traffic management. AHP

June 2021, 95 pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
TABLolar DİZİNİ.....	xi
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ.....	xii
GİRİŞ.....	1
KURUMSAL TEMELLER.....	3
Kavşaklar.....	3
Kavşak Tasarım İlkeleri	3
Kavşak tasarımında dikkat edilecek hususlar	3
Kavşak tasarımını etkileyen faktörler	4
Kavşak Tipleri.....	5
Kaynak Özetleri	18
MATERYAL ve METOT	24
Trafik Simülasyonu.....	24
GEH Analizi.....	24
AHP (Analitik Hiyerarşi Proses).....	24
Webster Yöntemi	27
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	30
Çalışma Alanı.....	30
Veri Toplanması.....	33
Simülasyonun Modellenmesi ve Kalibrasyonu.....	36
Simülasyon Sonuçları	51
AHP Sonuçları	70
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	74
KAYNAKLAR.....	78
ÖZGEÇMİŞ.....	81

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Kavşak tasarımını etkileyen faktörler	4
Şekil 2. Kavşakların sınıflandırılması	5
Şekil 3. Eşdüzey kavşak tiplerinin sınıflandırılması	6
Şekil 4. Üç kollu hemzemin kavşaklar	7
Şekil 5. Yönlendirilmiş üç kollu hemzemin kavaklar	7
Şekil 6. Üç kollu kanalize T kavşak	8
Şekil 7. Üç kollu kanalize Y kavşak.....	8
Şekil 8. Dört kollu hemzemin kavşaklar	9
Şekil 9. Dört kolda sağ dönüşün kanalize edildiği kavşak	9
Şekil 10. Çok kollu kavşakların yeniden planlanması	10
Şekil 11. Işık kontrolsüz hemzemin kavşak	11
Şekil 12. Eşdüzey kavşaktaki ayrılma hareketi	12
Şekil 13. Eşdüzey kavşaktaki katılma hareketi	12
Şekil 14. Kavşaktaki kesişme hareketi	12
Şekil 15. Eşdüzey kavşaklardaki trafik hareketleri gösterilmiştir	13
Şekil 16. Sinyalizasyonsuz dört kollu kavşaklarda çakışma noktaları	13
Şekil 17. Sinyalizasyonsuz 3-kollu kavşaklarda çakışma noktaları	14
Şekil 18. Sinyalizasyonlu 4-kollu kavşaklarda çakışma noktaları	14
Şekil 19. Mini dönel kavşak	15
Şekil 20. Modern dönel kavşak	15
Şekil 21. Üç kollu modern dönel kavşaklarda çakışmalar	16
Şekil 22. Dört kollu modern dönel kavşaklarda çakışmalar.....	16
Şekil 23. Farklı düzeyli kavşakların yaygın uygulamaları	17
Şekil 24. Çalışmaya konu olan koridorun uydu görüntüsü	30
Şekil 25. Kavşakların mevcut durumunun uydu görüntüsü	30
Şekil 26. İstasyon kavşağı (Dönel sinyalize kavşak)	31
Şekil 27. Gez kavşağı (Dönel sinyalize kavşak)	31
Şekil 28. İstanbulkapı kavşağı (Dönel sinyalize kavşak)	32
Şekil 29. İstanbulkapı kavşağı kollarının gösterimi	33
Şekil 30. İstanbulkapı kavşağı hacim ve oran değerleri	34
Şekil 31. Gez kavşağı kolların gösterimi	34
Şekil 32. Gez kavşağı hacim ve oran değerleri	35
Şekil 33. İstasyon kavşağı kolların gösterimi.....	35

Şekil 34. İstasyon kavşağı hacim ve oran değerleri	36
Şekil 35. Çalışılan koridorun VISSIM Simülasyon ortamına aktarılmış durumu.....	36
Şekil 36. İstanbulkapı kavşağı 1 kolu araç rotaları	37
Şekil 37. İstanbulkapı kavşağı 2 kolu araç rotaları	37
Şekil 38. İstanbulkapı kavşağı 3 kolu araç rotaları	38
Şekil 39. İstanbulkapı kavşağı 4 kolu araç rotaları	38
Şekil 40. Gez kavşağı 1 kolu araç rotaları.....	39
Şekil 41. Gez kavşağı 2 kolu araç rotaları.....	39
Şekil 42. Gez kavşağı 3 kolu araç rotaları.....	40
Şekil 43. Gez kavşağı 4 kolu araç rotaları.....	40
Şekil 44. İstasyon kavşağı 1 kolu araç rotaları.....	41
Şekil 45. İstasyon kavşağı 2 kolu araç rotaları.....	41
Şekil 46. İstasyon kavşağı 3 kolu araç rotaları.....	42
Şekil 47. İstasyon kavşağı 4 kolu araç rotaları.....	42
Şekil 48. İstanbulkapı kavşağı sinyal programı	43
Şekil 49. Gez kavşağı sinyal programı.....	43
Şekil 50. İstasyon kavşağı sinyal programı	43
Şekil 51. İstanbulkapı kavşağı mevcut durum	45
Şekil 52. Gez kavşağı mevcut durum.....	45
Şekil 53. İstasyon kavşağı mevcut durum.....	45
Şekil 54. Mevcut sinyalizasyonun ileriye alınması (Conflict area düzenlemesi).....	46
Şekil 55. İstanbulkapı kavşağı ada çapının artırılması	46
Şekil 56. Gez kavşağı ada çapının artırılması	46
Şekil 57. İstasyon kavşağı ada çapının artırılması	46
Şekil 58. İstanbulkapı kavşağı adasız tasarım	47
Şekil 59. Gez kavşağı adasız tasarım	47
Şekil 60. İstasyon kavşağı adasız tasarım	47
Şekil 61. Gez kavşağı kuzey-güney yönlerinde farklı seviyeli kavşak	48
Şekil 62. Gez kavşağı doğu-batı yönlerinde farklı seviyeli kavşak	48
Şekil 63. İstanbulkapı kavşağı sinyalizasyonların ilerde olması durumu sinyal programı	48
Şekil 64. Gez kavşağı sinyalizasyonların ilerde olması durumu sinyal programı.....	49
Şekil 65. İstasyon kavşağı sinyalizasyonların ilerde olması durumu sinyal programı.....	49
Şekil 66. İstanbulkapı kavşağı webster sinyal programı	49
Şekil 67. İstanbulkapı kavşağı dönel kavşak için webster sinyal programı	50
Şekil 68. Gez kavşağı webster sinyal programı	50

Şekil 69. İstasyon kavşağı webster sinyal programı.....	50
Şekil 70. Seyahat süresi (İstanbulkapı kavşağı 2 kolu giriş-Gez kavşağı 4 kolu çıkış)	52
Şekil 71. Seyahat süresi (İstasyon kavşağı 4 kolu giriş-İstanbulkapı kavşağı 2 kolu çıkış)	52
Şekil 72. Seyahat süresi (İstanbulkapı kavşağı 3 kolu giriş- İstasyon kavşağı 4 kolu çıkış) ...	53
Şekil 73. Seyahat süresi (Gez kavşağı 1 kolu giriş – İstasyon kavşağı 2 kolu çıkış)	53
Şekil 74. Seyahat süresi (Gez kavşağı 1 kolu giriş- İstanbulkapı kavşağı 2 kolu çıkış)	53
Şekil 75. Seyahat süresi (İstanbulkapı 2 kolu giriş – İstasyon 1 kolu çıkış)	54
Şekil 76. Seyahat süresi (İstanbulkapı kavşağı 2 kolu giriş – Gez kavşağı 1 kolu çıkış).....	54
Şekil 77. Seyahat Süresi (İstasyon kavşağı 1 kolu giriş – Gez kavşağı 2 kolu çıkış)	55
Şekil 78. Seyahat süresi (İstasyon kavşağı 2 kolu giriş – Gez kavşağı 1 kolu çıkış)	55
Şekil 79. Seyahat süresi (İstanbulkapı kavşağı 2 kolu gir.-İstasyon kavşağı 4 kolu alt geçit çıkış)	56
Şekil 80. Seyahat Süresi (İstasyon kavşağı 4 kolu alt geçit giriş-İstanbulkapı kavşağı 2 kolu çıkış)	56
Şekil 81. Seyahat süresi (Gez kavşağı 1 kolu giriş – Gez kavşağı 2 kolu çıkış).....	57
Şekil 82. Seyahat süresi (Gez kavşağı 2 kolu giriş – Gez kavşağı 1 kolu çıkış).....	57
Şekil 83. Taşıt gecikmesi (İstanbulkapı kavşağı 2 kolu giriş – İstasyon kavşağı 4 kolu çıkış)	57
Şekil 84. Taşıt gecikmesi (İstasyon kavşağı 4 kolu giriş – İstanbulkapı kavşağı 2 kolu çıkış)	58
Şekil 85. Taşıt gecikmesi (İstanbulkapı kavşağı 3 kolu giriş – İstasyon kavşağı 4 kolu çıkış)	58
Şekil 86. Taşıt gecikmesi (Gez kavşağı 1 kolu giriş – İstasyon kavşağı 2 kolu çıkış).....	59
Şekil 87. Taşıt gecikmesi (Gez kavşağı 1 kolu giriş – İstanbulkapı kavşağı 2 kolu çıkış)	59
Şekil 88. Taşıt gecikmesi (İstanbulkapı kavşağı 2 kolu giriş-İstasyon kavşağı 1 kolu çıkış) .	59
Şekil 89. Taşıt gecikmesi (İstanbulkapı kavşağı 2 kolu giriş – Gez kavşağı 1 kolu çıkış)	60
Şekil 90. Taşıt gecikmesi (İstasyon kavşağı 1 kolu giriş – Gez kavşağı 2 kolu çıkış).....	60
Şekil 91. Taşıt gecikmesi (İstasyon kavşağı 2 kolu giriş – Gez kavşağı 1 kolu çıkış).....	61
Şekil 92. Taşıt geçit (İstanbulkapı kavşağı 2 kolu giriş-İstasyon kavşağı 4 kolu alt geçit çıkış)	61
Şekil 93. Taşıt geçit (İstasyon kavşağı 4 kolu alt geçit giriş-İstanbulkapı kavşağı 2 kolu çıkış)	62
Şekil 94. Taşıt gecikmesi (İstasyon kavşağı 4 kolu giriş-İstanbulkapı kavşağı 2 kolu çıkış)	62
Şekil 95. Taşıt gecikmesi (Gez kavşağı 1 kolu giriş – Gez kavşağı 2 kolu çıkış).....	63

Şekil 96. Taşıt gecikmesi (Gez kavşağı 2 kolu giriş- İstasyon kavşağı 1 kolu çıkış)	63
Şekil 97. CO emisyonu (Gez kavşağı)	63
Şekil 98. CO emisyonu (İstasyon kavşağı)	64
Şekil 99. CO emisyonu (İstanbulkapı kavşağı)	64
Şekil 100. NO _x emisyonu (Gez kavşağı)	65
Şekil 101. NO _x emisyonu (İstasyon kavşağı)	65
Şekil 102. NO _x emisyonu (İstanbulkapı kavşağı)	65
Şekil 103. VOC emisyonu (Gez kavşağı)	66
Şekil 104. VOC emisyonu (İstasyon kavşağı)	66
Şekil 105. VOC emisyonu (İstanbulkapı kavşağı)	67
Şekil 106. Yakıt tüketimi (Gez kavşağı)	67
Şekil 107. Yakıt tüketimi (İstasyon kavşağı)	67
Şekil 108. Yakıt tüketimi (İstanbulkapı kavşağı)	68
Şekil 109. Kuyruk uzunluğu (İstanbulkapı kavşağı 1 kolu)	68
Şekil 110. Kuyruk uzunluğu (Gez kavşağı 3 kolu)	69
Şekil 111. Kuyruk uzunluğu (Gez kavşağı 4 kolu)	69
Şekil 112. Kuyruk uzunluğu (İstasyon kavşağı 3 kolu)	69

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Önem Skalası.....	25
Tablo 2. Random Göstegesı(RI) Tablosu	26
Tablo 3. Otomobil Eşdeğer Faktörü	28
Tablo 4. Şerit Kullanım Faktörü	29
Tablo 5. İstanbulkapı Kavşağı Hacim Değerleri.....	33
Tablo 6. Gez Kavşağı Hacim Değerleri.....	34
Tablo 7. İstasyon Kavşağı Hacim Değerleri	35
Tablo 8. Simülasyon Değeri ile Sayım Değerlerinin Karşılaştırılması	44
Tablo 9. Senaryolar.....	51
Tablo 10. Tanımlama Kriterleri Öncelikleri	70
Tablo 11. Senaryoların Gecikme Süresi Kriteri Açısından İkili Karşılaştırılmaları.....	70
Tablo 12. Senaryoların Seyahat Süresi Kriteri Açısından İkili Karşılaştırılmaları	71
Tablo 13. Senaryoların Kuyruk Uzunluğu Kriteri Açısından İkili Karşılaştırılmaları	71
Tablo 14. Senaryoların Yakıt Tüketimi Kriteri Açısından İkili Karşılaştırılmaları.....	71
Tablo 15. Senaryoların CO Emisyonu Kriteri Açısından İkili Karşılaştırılmaları	72
Tablo 16. Senaryoların NO _x Emisyonu Kriteri Açısından İkili Karşılaştırılmaları	72
Tablo 17. Senaryoların VOC Emisyonu Kriteri Açısından İkili Karşılaştırılmaları	72
Tablo 18. Bütün Kriterlerin Birleşik Ağırlıkları	73

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

a	: Fren İvmesi
AHP	: Analitik Hiyerarşi Proses
CI	: Tutarlılık Göstergesi
CR	: Tutarlılık Oranı
K	: Kavşak Kapasitesi
KGM	: Karayolları Genel Müdürlüğü
RI	: Random Göstergesi
s	: Doyum Akımı
t	: İntikal-Reaksiyon Süresi
TSH	: Tasarım Saatlik Hacmi
VISSIM	: Verkehr in Stadtten-Simulation(Şehirlerde Trafik-Simülasyon
W	: Ağırlık Matrisi
Yi	: Boşaltım Fasılası
ZSH	: Zirve Saat Hacmi
g/C	: Yeşil Süre/Peryot Süresi Oranı

GİRİŞ

Günümüzde özellikle büyük şehirlerdeki nüfus artışı, sanayileşme ve ekonomik gelişmeler gibi birçok etkene bağlı olarak araç sayıları hızlı bir şekilde artmaktadır. Birçok yönden gelen trafik akımlarının kesişimi olan kavşaklarda meydana gelen hacim artışı trafik akımlarında artışa dolayısıyla kavşaklarda vakit kayıplarına, yakıt israfına, havaya salınan gazların artışından dolayı çevre kirliliğine neden olmaktadır

Trafik akışının sürekliliği için uygun kavşak tasarımı çok önemlidir. Birbiri ardına gelen kavşakların oluşturduğu koridorun düzenli çalışması koridoru oluşturan kavşakların birbiri ile uyumlu şekilde tasarlanması ile mümkündür. Kavşak tasarımında konfor, güvenlik, seyahat süresi, yakıt tüketimi ve egzoz emisyonu gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır

Günümüzde büyük şehirlerde taşıt sayılarındaki artışın getirdiği trafik kazaları ve gecikmeler gibi trafik sorunları farklı yönden gelen taşıtların kesişimi olan eş düzey kavşaklarda daha fazla görülmektedir. Araştırmalarda Şehiriçi ulaşım akslarındaki gecikmelerin %70'den fazlası ve trafik kazalarının %60'a yakını kavşaklarda meydana geldiği belirtilmektedir (Yayla 2011).

Karayollarında motorlu taşıt sayısındaki artış ile birlikte özellikle kavşaklarda görülen kuyruklanma, gecikme, trafik kazaları gibi problemleri azaltmak için uzmanlar çözüm olarak trafik yönetimini önermişlerdir. Trafik denetimiyle genellikle kavşaklarda meydana gelen trafik kazalarını azaltılabileceği sonucuna varmışlardır. Sinyalize kavşaklar, sinyalize dönel kavşaklar gibi denetim teknikleri kullanıldığında taşıtlar kavşağı daha kısa sürede ve daha güvenli şekilde geçerler ve böylece trafik tıkanıklığında azaltılmış olur (Çakıcı 2014).

Dönel kavşakların tasarımı yapılırken uygun geometrik tasarım yapıldığında taşıt hızlarının azaltılması sağlandığından kavşağın trafik güvenliğini artırırken kavşağın kapasitesini azaltabilmektedir. Dolayısıyla kavşağın uygulanmasına karar verirken kavşağın trafik güvenliği ile kavşak kapasitesi değerlendirilerek karar verilmelidir. (Erol ve Başkan 2017).

Planlanan kavşakların farklı düzeyli kavşak olarak tasarlanması gecikmeleri ve kaza oranlarını en aza indirirken ekonomik olmayabilir. Bu nedenden dolayı kavşakların tasarımı yapılırken saha incelemelerinin yapılmasının ardından en uygun kavşak tipine karar vermek gerekir (Yayla 2011).

Bu parametrelerin göz önünde bulundurulması mühendislik bir bakış ile yapılması gerekir. Bu anlamda karşımıza trafik mühendisliği kavramı çıkmaktadır. Trafik mühendisliği yol, cadde, otoyol gibi tüm yol ağlarının planlanmasını, geometrisinin ve trafiğinin düzenlenmesini kapsar. Trafik mühendisliğinde amaç güvenli, ekonomik ve hızlı bir şekilde trafiği düzlemektir (Murat 2012).

Kavşaklar trafik miktarı, arazi durumu ve trafik emniyetinin sağlanması şartları dikkate alınarak aşağıda verilen amaçlar doğrultusunda tasarlanır (KGM 2016):

- Trafik akımlarının devamlılığın sağlamak
- Trafik akımlarının emniyetini artırmak
- Trafik akım hızını kontrol altına almak
- Taşıtların durma ve yavaşlamalarından kaynaklanan gecikmelerini azaltmak
- Trafik akımlarındaki hizmet seviyesinin yeterli olması
- Taşıt işletme nedeniyle oluşan maliyetlerin azaltılması

Günümüzde gelişen bilgisayar teknolojisiyle birlikte trafik simülasyon programları da hızla gelişmekte ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Trafik simülasyon programları yardımıyla kavşak veya kavşakların oluşturduğu koridorların mevcut veya tasarımlarının simülasyon modeli oluşturulabilmektedir. Oluşturulan simülasyon modeller yardımıyla kavşakta meydana gelen seyahat süresi, gecikmeler, kuyruk uzunluğu gibi parametreler analiz edebilmektedir. Sahada uygulamaya geçmeden önce planlanan tasarımların olumlu ve olumsuz parametreleri tespit edilerek iyileştirmeler yapıldıktan sonra optimum seçenek uygulanabilmektedir.

Birçok etkene bağlı olarak araç sayılarındaki artış Erzurum ilinde de giderek artmaktadır. Bu artışlar kavşaklarda trafik akım yoğunluğuna sebep olmaktadır. Bu çalışmamızda Erzurum ilinde bulunan şehrin önemli kavşakları olan İstasyon kavşağı- Gez kavşağı- İstanbulkapı kavşaklarının oluşturduğu koridor üzerinde bulunan kavşakların seyahat süresi, ortalama gecikmesi, CO, NO_x ve VOC emisyonu salınımı, yakıt tüketimi, kuyruk uzunluğu gibi parametreleri iyileştirilmesi amacıyla incelenmiştir. Belirlenen kavşakların oluşturduğu koridorun analizi yapılarak mevcut trafik durumları tespit edilmiştir. İstasyon kavşağı- Gez kavşağı- İstanbulkapı kavşaklarının oluşturduğu koridor üzerinde bulunan kavşaklar için farklı senaryolar oluşturularak senaryolardaki sonuçlar Vissim simülasyon programında değerlendirilmiştir. AHP yöntemine göre en uygun alternatif tespit edilmiştir.

KURUMSAL TEMELLER

Kavşaklar

Kapasitenin arttırılması, taşıt işletme maliyetinin azaltılması, durma ve gecikmelerin azaltılması, güvenlik ve istenilen hizmet seviyesinin sağlanması gibi amaçlar için uygulanan kavşaklar (Tunç 2003), iki veya daha fazla karayolunun birleşmesi, kesişmesi veya ayrılmasıyla oluşur (KGM 2016).

Genelde araçların ve yayaların karşılaştığı bölgelerde yapılan kavşaklar kazaların önlenmesi açısından karayolunda önemli bir yere sahiptir

Kavşak Tasarım İlkeleri

Kavşak tasarlanırken güvenli olması, kapasitesinin yeterli olması, çevreyle uyumlu olması ve ekonomik olması gibi şartlar temel ilkeler olup aşağıda tasarımda dikkate alınması gereken hususlar verilmiştir (Yayla 2011).

Kavşak tasarımında göz önünde bulundurulması gereken başlıca faktörler:

- Kavşağın önemi
- Mevcut trafik özellikleri
- Kavşağı oluşturan yolların geometrisi
- Yakın kavşaklardaki trafik denetim türleri
- Sürücü ve yayalardaki davranışlar
- Topoğrafik durum ve çevre koşulları

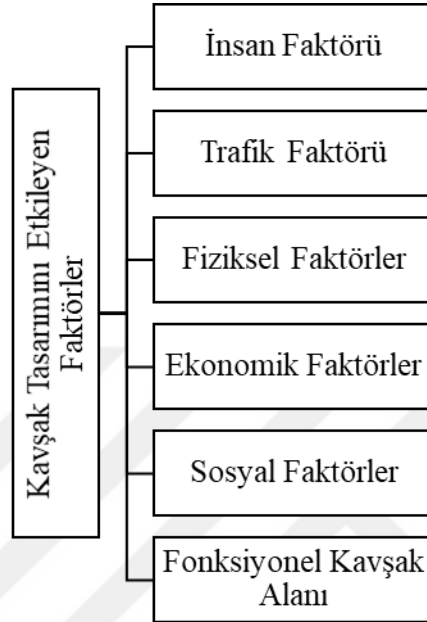
Belirtilen faktörler dikkate alınarak kavşak tasarlanmalıdır.

Kavşak tasarımında dikkat edilecek hususlar

- Kavşak birleşme noktalarında taşıt akımlarının kesişme açılarının dik tasarımından kaçınılmalıdır
- Sürücülerin ani harekette bulunmasını gerektirecek düzenlemelerden kaçınılmalıdır
- Tasarımda alternatif olabilecek ihtimalleri değerlendirmek gerekir (Umar ve Yayla 1992).

Kavşak tasarımını etkileyen faktörler

Kavşak tasarımını etkileyen faktörler İnsan faktörü, trafik faktörü, fiziksel faktörler, ekonomik faktörler, sosyal faktörler ve fonksiyonel kavşak alanı olmak üzere 6 faktörden oluşur. Bu faktörler aşağıda belirtilerek Şekil 1’de gösterilmiştir (KGM 2016).



Şekil 1. Kavşak tasarımını etkileyen faktörler

İnsan Faktörü

- Sürücülerin alışkanlıkları
- Sürücülerin beklentileri ve karar verme kabiliyeti
- Karar tepki süresi
- Akım yörengesine uyum
- Kavşağı kullanma yoğunluğu ve yayaların alışkanlıkları

Trafik Faktörü

- Halihazır ve tasarım kapasitesi
- Trafik miktarı
- En yoğun trafik miktarı
- Taşıt ölçüleri ve özellikleri
- Taşıt hareketlerinin ayrılma, katılma, örölme ve kesişme oranı
- Taşıt sürati
- Trafik kazalarının miktarı ve tahlili
- Yaya davranışları

Fiziksel Faktörler

- Kavşağın geometrik nitelikleri
- Çevresel etkenler
- Mülkiyet ve bayındırlık durumu
- Güvenlik ölçüsü
- Trafik işaretlemeleri ve ışıklandırma donanımı
- Yaya yolu

Ekonomik Faktörler

- İnşa maliyeti
- Bayındırlık ve kamulaştırma sınırlamaları ve maliyetleri
- İşletme ve bakım maliyeti

Sosyal Faktörler

- Nüfus istatistiklerine göre yapısı
- İnsanların düşünceleri

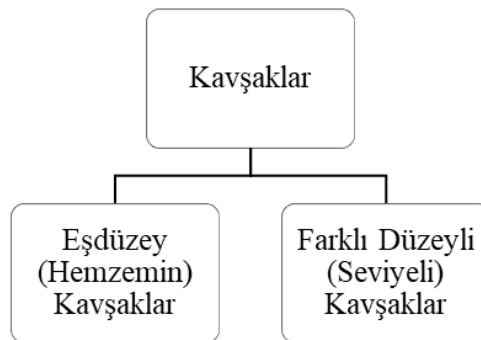
Fonksiyonel Kavşak Bölgesi

- Kesişen karayolunun çakıştığı bölge gerçek alandır. Fonksiyonel bölge ise gerçek alanı, yol platformunu ve kavşağın tüm bölgesini içine alan kısımdır

Kavşak Tipleri

Kavşaklar araç ve yaya trafiğinin çakıştığı bölgelerde uygulanır. Kavşak yapımındaki amaç ise hız ve kapasiteyi artırmak, gecikmeleri ve taşıt işletme maliyetlerini azaltmaktır (Tunç 2003).

Kavşaklar genelde Eşdüzey “(hemzemin)” ve “Farklı düzeyli (seviyeli)” kavşaklar olarak iki şekilde sınıflandırılır (Tunç 2003).



Şekil 2. Kavşakların sınıflandırılması

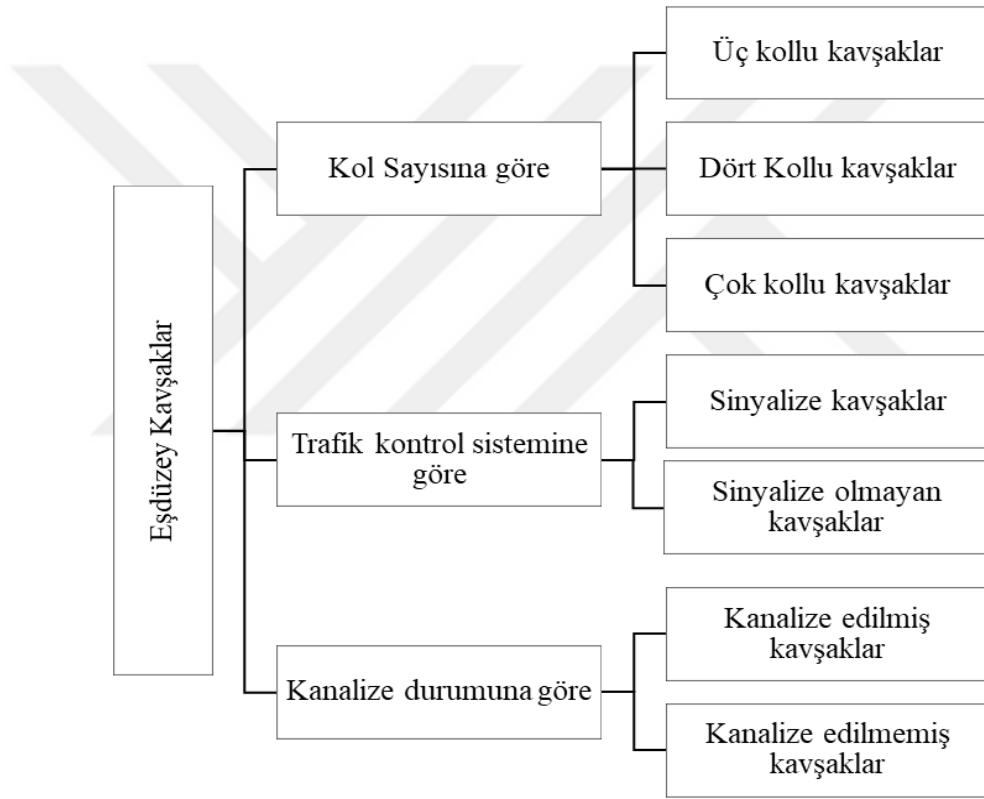
Hemzemin (Eşdüzey) kavşaklar

Yayaların ve taşıtların emniyet kriterlerine göre öncelikli olarak ele alınan Eşdüzey kavşaklar, birden fazla karayolunun aynı düzlemde kesişmesiyle oluşur. Eşdüzey kavşaklar 3'e ayrılır. Kavşakların sınıflandırılması Şekil 3'te verilmiştir (KGM 2016).

Eşdüzey kavşaklar;

- Geometrilerine göre
- Denetim biçimlerine göre
- Yönlendirme durumlarına göre

3'ayrılırlar



Şekil 3. Eşdüzey kavşak tiplerinin sınıflandırılması

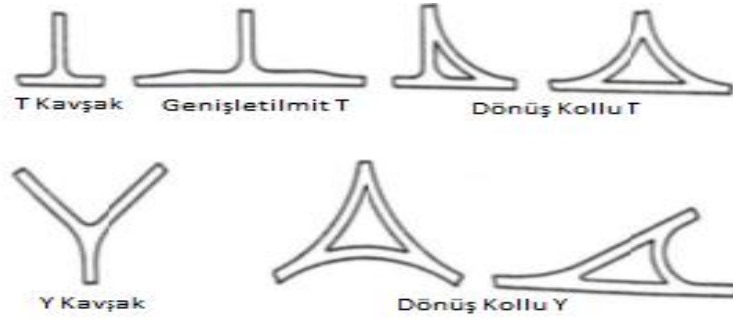
Eşdüzey kavşak tipleri

Kol sayısına göre Eşdüzey kavşaklar 3'e ayrılır;

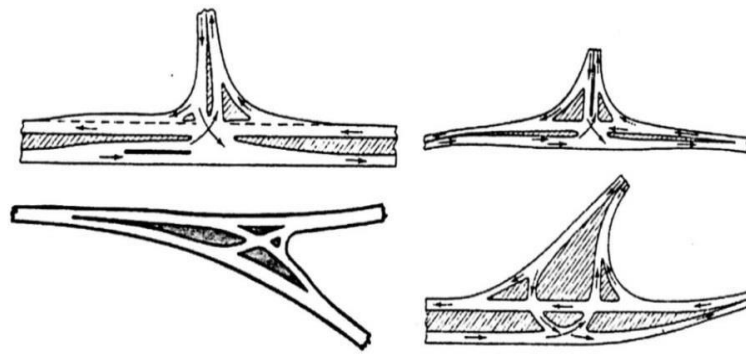
- Üç kollu kavşaklar (T veya Y tipi)
- Dört kollu kavşaklar
- Çok kollu kavşaklar

Üç kollu kavşaklar:

Üç kollu kavşakların tasarımı T veya Y şeklinde olabilir



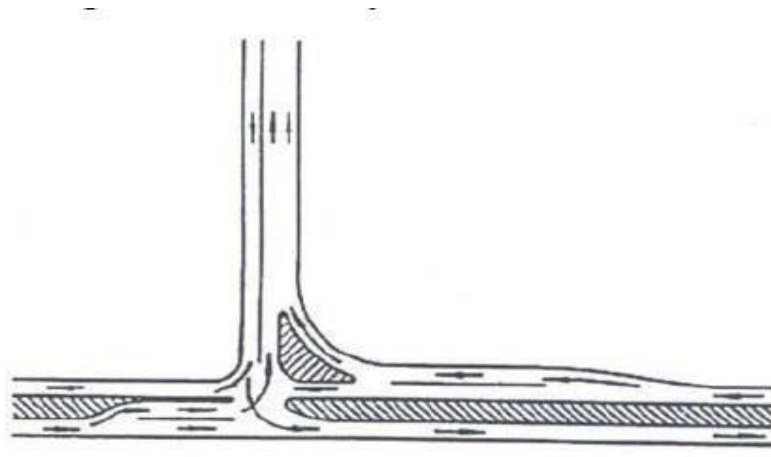
Şekil 4. Üç kollu hemzemin kavşaklar (Tunç 2003)



Şekil 5. Yönlendirilmiş üç kollu hemzemin kavaklar (Tunç 2003)

T tipi kavşaklar

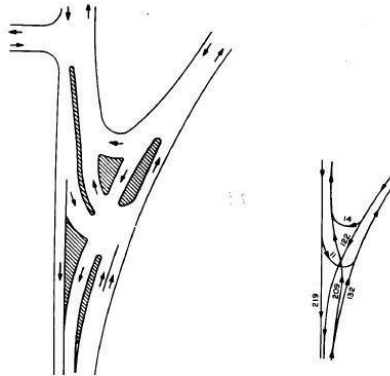
- T tipi olan üç kollü eşdüzey kavşaklarda ana yol ile tali yol arasındaki açı 60° ile 120° arasında olmalıdır
- Yönlendirilme yapılmadan, trafik hacminin düşük olduğu 2x1 şeritli kırsal yollarda uygulanabileceği gibi 2x1 şeritli şehir içi yollarında da uygulanabilir
- Yönlendirilme yapıp dönen trafiği kontrol ederek ve yeterli dönüş yarıçapı sağlayarak daha yüksek hacimli anayol-tali yol kesişmelerinde tasarlanabilir
- Yönlendirilen kavşaklarda adalar, kullanışlı olması için gerekli kesit alanına sahip olmalı özellikle dönüş akımını yönlendirilerek ayıran adalar en az 5 m² olmalıdır
- Yönlendirilen kavşaklarda gerekli görülürse sinyalizasyon uygulanmalıdır (KGM 2016)



Şekil 6. Üç kollu kanalizasyon T kavşak (KGM 2016)

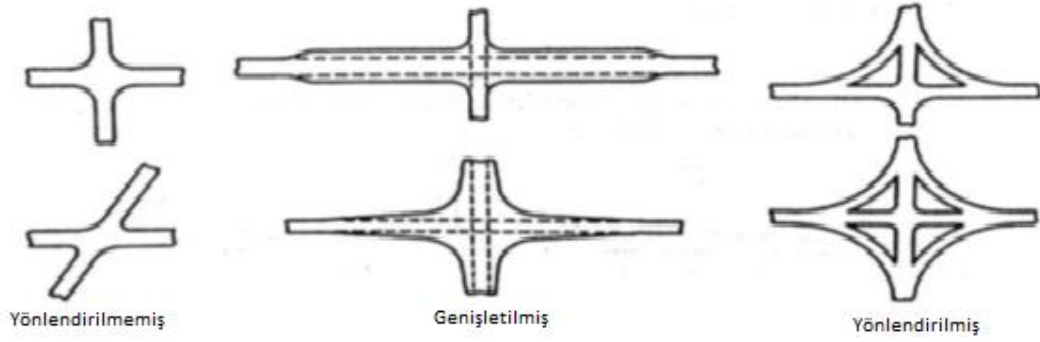
Y tipi kavşaklar

- Y tipi olan üç kollü eşdüzey kavşaklar anayol- tali yol kesişme açısının dar açılı olduğu veya tali yolun eksen düzenlemesinin dike yakın veya dik yapılmadığı durumlarda uygulanır
- Y tipi kavşaklarda trafik hacminin artmasıyla birlikte anayoldan sol yöndeki yola giden araçlar ile karşı yönden direkt gelen araçların kesişmeleri durumunda sinyalizasyon uygulanması gerekir
- Bir koldan diğer kola dönüşünün uygun yapılabilmesi için orta ada genişliği dönüş yapacak araçların min. dönüş yarıçaplarına göre tasarlanmalıdır (KGM 2016)



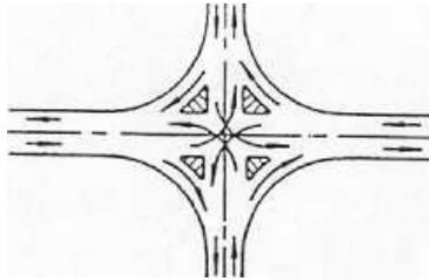
Şekil 7. Üç kollü kanalizasyon Y kavşak (KGM 2016)

Dört kollu kavşaklar



Şekil 8. Dört kollu hemzemin kavşaklar (Tunç 2003)

- Dört kollu kavşaklarda kavşaklarda tali yol ile ana yol arasındaki açı 60° ile 120° arasında olmalıdır
- Dört kollu kavşaklarda oluşan kesişmeler dar açı oluşturuyorsa tali yol eksenleri revize edilmelidir
- Dört kollu kavşaklarda anayolda sürekli trafik akışı sağlamak amacıyla hız değiştirme şeritleri tasarlanabilir
- Dört kollu kavşaklarda hız değiştirme şeritleri tasarlarken anayoldan ayrılmalarda min 45m, anayola katılmalarda min 60m veya kama olarak min 50m olacak şekilde tasarlanmalıdır
- Kavşak köşelerindeki yarıçaplar büyük taşıtların dönüşlerinde engel teşkil etmeyecek şekilde tasarlanmalıdır (KGM 2016).

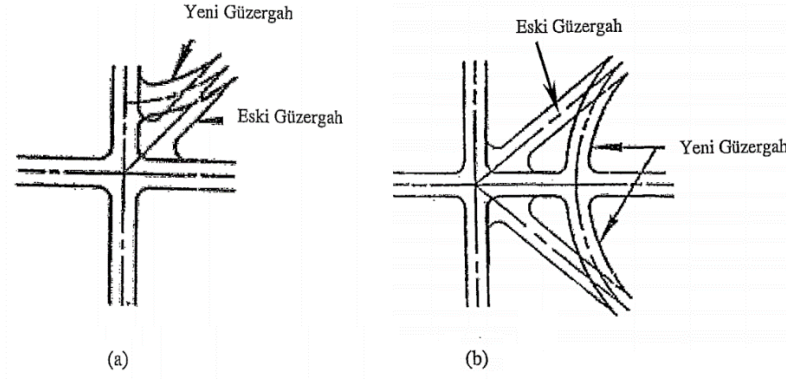


Şekil 9. Dört kolda sağ dönüşün kanalize edildiği kavşak (KGM 2016)

Çok Kollu Kavşaklar

Eşdüzey kavşaklarda genelde kol sayısının dörtten fazla olması istenilmeyen durum olduğundan tasarlanması gerektiği yerde trafik az olmalı, Dur kontrolü ile kontrollü geçiş sağlanmalıdır.

Çok kollu kavşakları düzenlerken yeni oluşturulan kavşakla veya belirlenen kolları tek yönlü çalıştırarak kesişme bölgelerini azaltabiliriz



Şekil 10. Çok kollu kavşakların yeniden planlanması (KGM 2016)

Şekil 10.a'da Beş kollu tasarlanan kavşağın yeniden düzenlenmesiyle köşegen kol eksenini, ana kavşağa güvenli mesafede olacak şekilde tali yola bağlanarak yeni bir kavşak tasarlanır. Şekil 10.b'de altı kollu tasarlanan kavşağın yeniden düzenlenmesiyle köşegen kolların daha düşük trafik hacimli yola birleştirilerek tasarlanan dört kollu kavşak tasarımı gösterilmiştir (KGM 2016).

Trafik kontrol sistemine göre Eşdüzey kavşaklar 2'ye ayrılır

- Sinyalize kavşaklar
- Sinyalize olmayan kavşaklar

Sinyalize Kavşaklar

Eşdüzey sinyalize kavşaklarda kullanılan sinyalizasyon diğer trafik işaretlemeleriyle birlikte kullanıldığında sürücü ve yayaları bilgilendirerek trafik akımlarının kontrol edilmesini sağlar (Akmaz 2012).

Trafikte sinyalize kullanımının amacı aşağıda sunulmuştur:

- Trafik sıkışıklıklarını engellemek,
- Yaya ve taşıtlar için güvenli geçiş akışı oluşturmak
- Kaza olasılığını azaltmak
- Akımların yönüne göre bekleme süresini dengelemek
- Akım yönlerine göre uygun zaman aralığı oluşturarak bekleme süresini dengelemek (Ayfer 1977).

Trafik akımını düzenleyerek kavşaklarda güven, konfor ve kapasite gereklerini sağlaması için kullanılan bu sistemin olumsuz taraflarında bulunmaktadır bunlar:

- İlk Yatırım masrafı
- İşletme sırasında bakım ve onarım masrafı

- Anayoldaki devam eden taşıt akımının diğer yönler boşken bekletilmesi sonucu enerji ve zaman kaybı
- Seyahat kirliliğinin artması
- Çevre kirliliğinin artışı (Murat 1996).

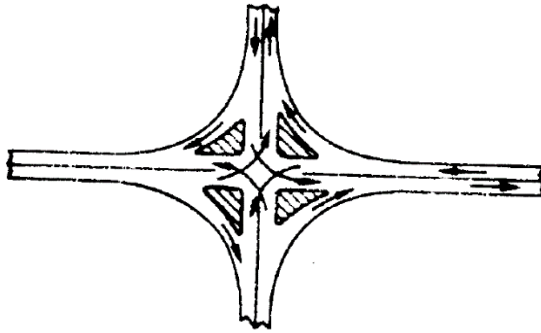
Sinyalize kavşağın verimli olabilmesi için aşağıdaki koşullara uygun olmalıdır

- Kavşak adalarındaki tasarımların trafik akımına uygun olması
- Sinyal düzeninin (faz diyagramının) doğru yapılması
- Devre süresinin akım hacimlerine göre yapılması (Gedizlioğlu 2004).

Sinyalize olmayan kavşaklar

Denetimsiz eşdüzey kavşak tasarımında kavşağa bağlanan yollardan hangisi hacim ve geometrik özelliğine göre diğerinden daha önemli kabul edilirse o bağlantı yolu “anayol” adını alır diğer bağlantı yolları “yanyol” adını alır (Alçelik 2010).

AASHTO’ya göre aynı trafik yönünde duran veya yavaş hızda hareket eden araçlar ile yüksek hızla hareket eden araçlar arasındaki hız farkının fazla olmasından dolayı sinyalize olmayan eşdüzey kavşakların sinyalize kavşaklardan daha tehlikeli olduğunu belirtmiştir (Tuncuk ve Karaşahin2004).



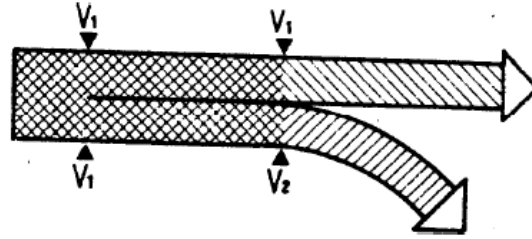
Şekil 11. Işık kontrolsüz hemzemin kavşak (TS 7769 1990)

Eşdüzey Kavşaklarda Trafik Hareketleri

Eş düzey kavşaklarda dört çeşit olası trafik hareketleri bulunabilir (KGM 2016)

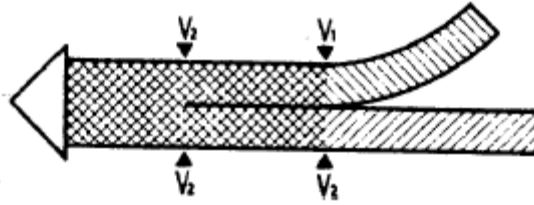
- Ayrılma
- Katılma
- Kesişme
- Örülme

Ayrılma, Aynı yönlere giden trafik şeridinde hareket eden araçların farklı yönlere giden trafik şeridine ayrılarak hareket etmeleridir (TS 7769)



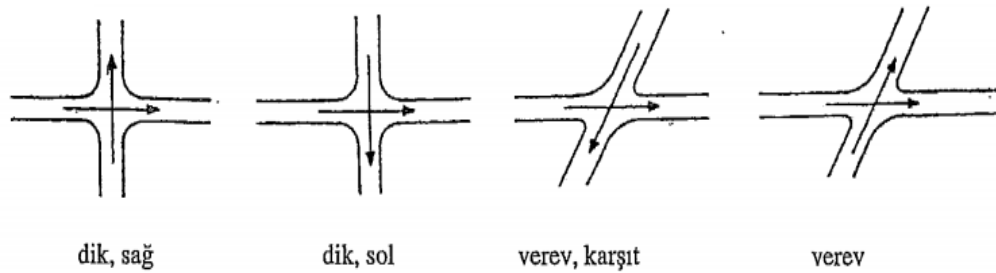
Şekil 12. Eşdüzey kavşaktaki ayrılma hareketi (TS 7769)

Katılma, Farklı yönlere giden trafik şeridinde hareket eden araçların aynı yönlere giden trafik şeridinde hareket etmeleridir (TS 7769)



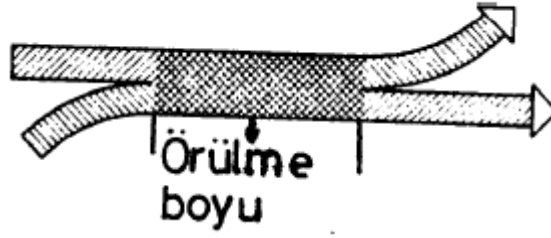
Şekil 13. Eşdüzey kavşaktaki katılma hareketi (TS 7769)

Kesişme, Farklı yönlerden gelen araçların aynı zamanda aynı noktada çakışmasıdır (TS 7769)



Şekil 14. Kavşaktaki kesişme hareketi (KGM 2016)

Örülme (Birleşip-Ayrılma), İki farklı yönden gelen araçların aynı şeritte birleşip hareket etmesi ve ayrılmasıdır (TS 7769)



Şekil 15. Eşdüzey kavşaklardaki trafik hareketleri gösterilmiştir (TS 7769)

Eşdüzey Kavşaklarda Çakışmalar

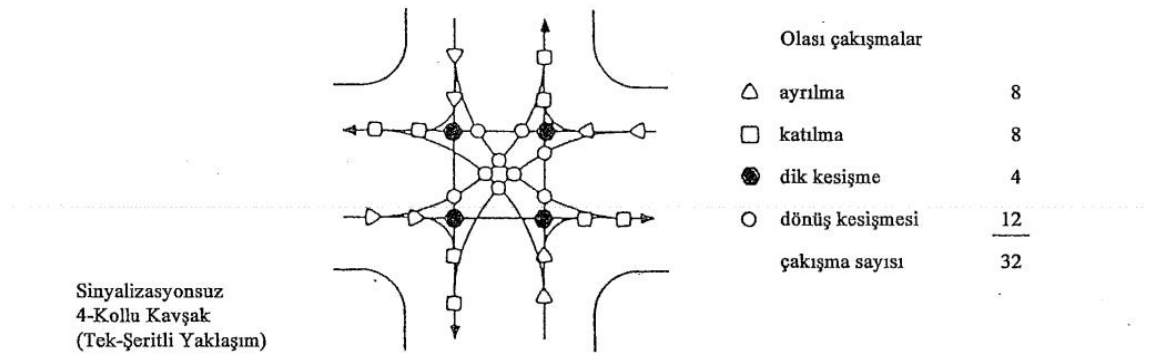
Eşdüzey kavşaklarda trafik hareketleri esnasında çakışmalar meydana gelir. Bu çakışmalar kavşak tasarımından kavşağın sinyalizasyon durumuna göre değişiklik gösterir.

Eş düzey kavşaklarda dört çeşit çakışma hareketleri bulunabilir

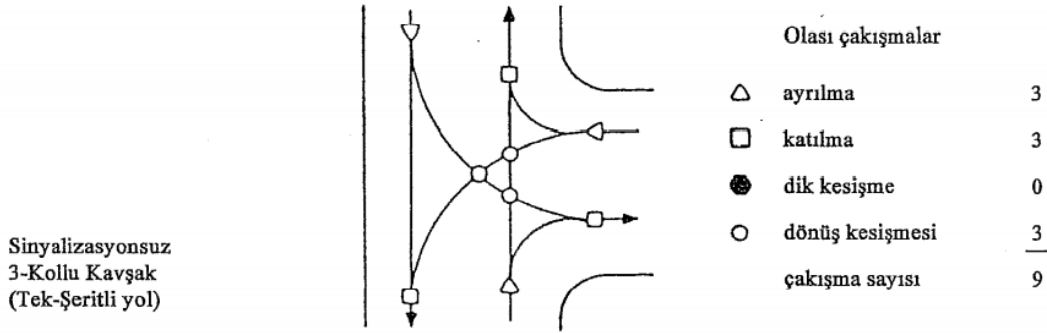
- Ayrılma
- Katılma
- Doğrusal Geçişler
- Dönüşler

Kavşaklarda ayrılma, Katılma, doğrusal geçişler ve dönüşler sonucunda çakışmalar meydana gelir. Bu çakışma noktaları Şekil 16- Şekil 18’de verilmiştir. Bu çakışmaların sayısı birçok parametreye bağlıdır bunlar (KGM 2016);

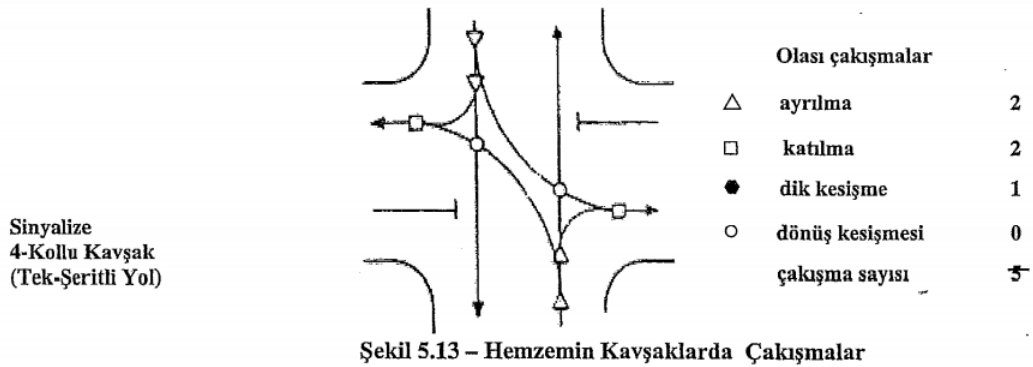
- Kavşağa gelen tek veya iki yönlü yolların sayısına
- Kavşak yaklaşımındaki araç miktarına
- Kavşağın Sinyalize durumuna
- Trafik miktarına
- Sağa ve sola dönen trafik miktarına



Şekil 16. Sinyalizasyonsuz dört kollu kavşaklarda çakışma noktaları



Şekil 17. Sinyalizasyonsuz 3-kollu kavşaklarda çakışma noktaları



Şekil 18. Sinyalizasyonlu 4-kollu kavşaklarda çakışma noktaları

Dönel (Ada) Kavşaklar

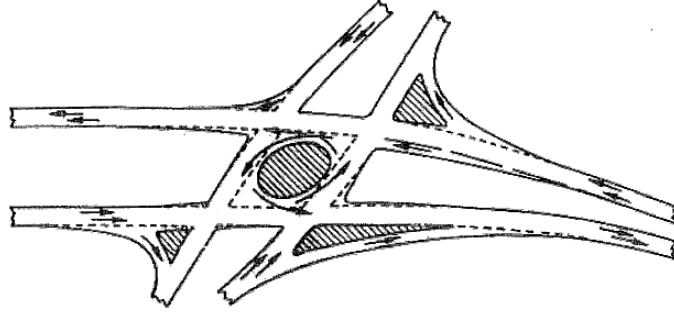
Kavşağın ortasında yer alan ada etrafından trafiğin aktığı kavşak türü olan dönel kavşaklar, yollarda taşıt hızını kontrol altına alıp çakışma noktasını azaltarak trafik güvenliğini artırdığından, tıkanıklığı azaltması ve kavşakta taşıtların depolanabilmesine imkân vermesinden dolayı tercih edilir (Tunç 2003).

Eşdüzey dönel kavşaklar kol sayısına göre 3 gruba ayrılır(KGM 2016):

- Yarım Dönel (üç kollu kavşaklar)
- Mini dönel (üç veya daha fazla kollu) kavşaklar
- Modern dönel (üç veya daha fazla kollu) kavşaklar

Mini Dönel Kavşaklar

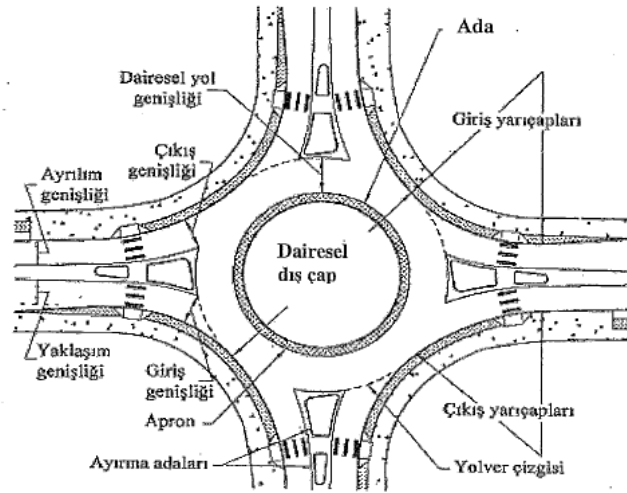
Dört kollu kavşaklarda Ana yol ve tali yol hacimleri birbirine yakınsa mini dönel ada, daire birbirinden farklı ise elips olarak tasarlanmalıdır.



Şekil 19. Mini dñnel kavşak (KGM 2016)

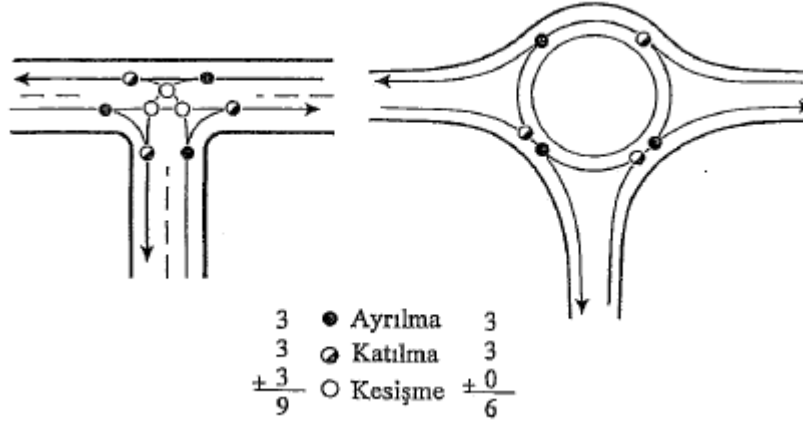
Modern Dñnel Kavşaklar

Araçların kavşak içindeki ve giriş-çıkışındaki hızlarını azaltarak kavşağın kapasitesini azaltan ama trafik güvenliğini artıran Modern dñnel kavşaklar; yaya trafiğinin fazla olduğu, sola- sağı ve U dönüşlerinin fazla olduğu, transit trafik miktarının az olduğu kavşaklarda genelde uygulanır

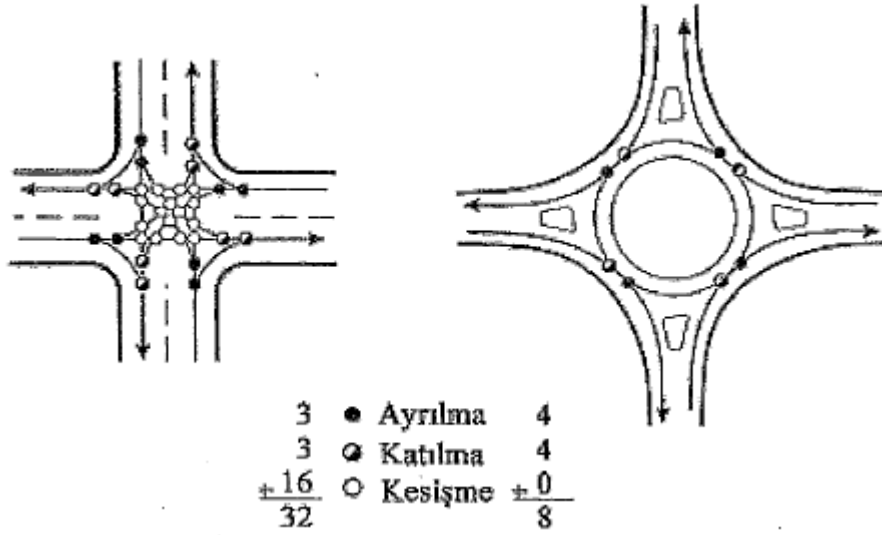


Şekil 20. Modern dñnel kavşak (KGM 2016)

Yol Ver kuralıyla planlanan Modern Dñnel Kavşaklar kesişmeler engellendiğinde yol güvenliği artırılmış olur. Dñnel kavşakların çakışma noktaları Şekil 21-Şekil 22’de verilmiştir (KGM 2016).



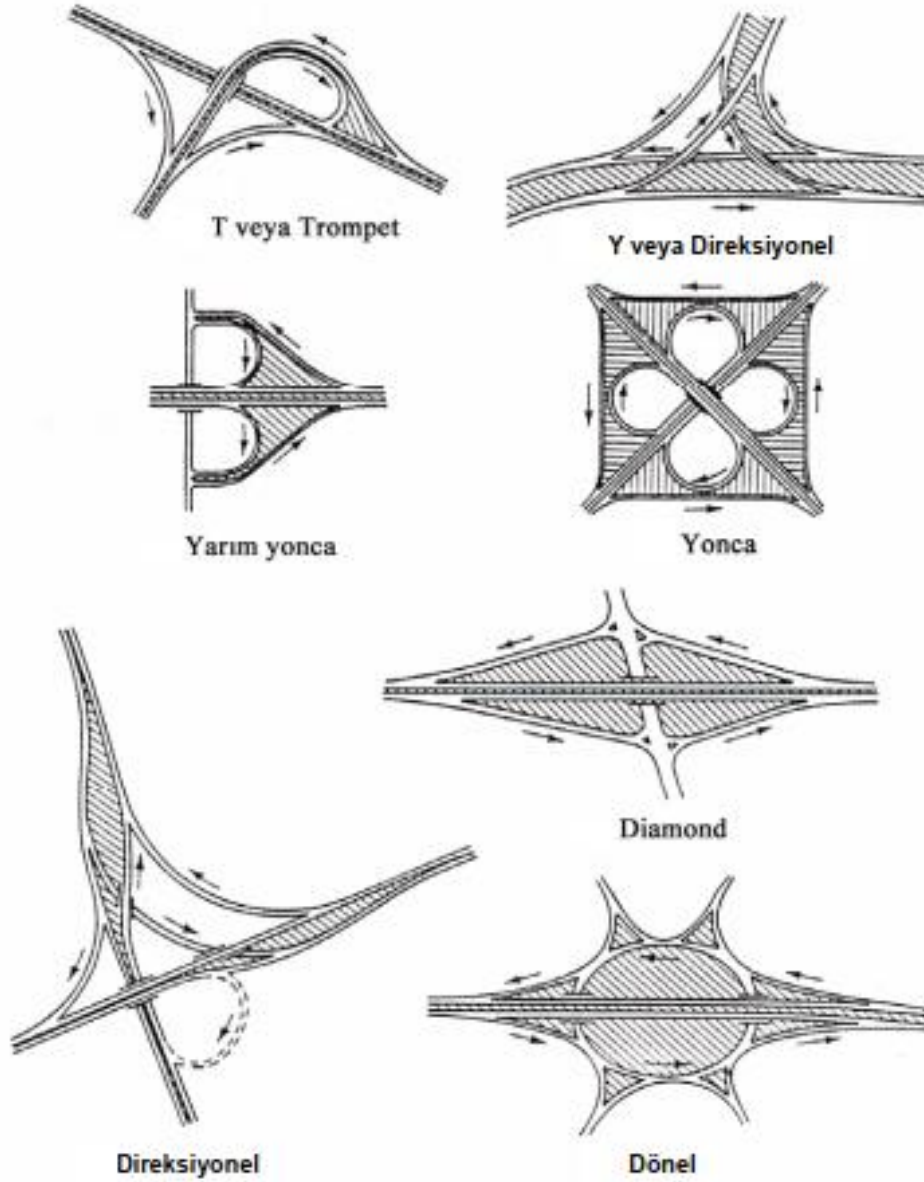
Şekil 21. Üç kollu modern dönel kavşaklarda çakışmalar



Şekil 22. Dört kollu modern dönel kavşaklarda çakışmalar

Farklı Düzeyli (Seviyeli) Kavşaklar

Farklı seviyeli kavşaklar, iki veya daha fazla yol ağının bir veya farklı düzeyde kesişmesiyle ve birleşmesiyle oluşur. Farklı düzeyli kavşaklarda ki amaç karşılıklı geçişlerdeki ve dönüşlerindeki çakışmaları en aza indirmektir. Farklı düzeyli kavşakların yaygın uygulamaları Şekil 23'te verilmiştir (KGM 2016).



Şekil 23. Farklı düzeyli kavşakların yaygın uygulamaları

Farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılırken yayaların geçişlerinde emniyetinin sağlanması, taşıtların konforlu geçişi ve park alanlarının yeterli olmasına dikkat edilmelidir (Kutlu 1993).

Gecikmeleri ve kaza oranlarını azaltmanın en iyi yolu olan farklı düzeyli kavşak tasarımları, yatırım maliyetinin fazla olduğundan ve kullanım alanı için gerekli arazi şartları sınırlı olduğundan uygulanması kolay değildir. Farklı düzeyli kavşak tasarımında kavşak tipi seçerken dikkat edilmesi gereken faktörler;

- Kavşağa gelen kol sayısı
- Kavşağa gelen kolların birleşme şekli
- Trafik akım miktarı

- Sağa dönen araç oranı
- Mali olanaklar
- Arazi şartları
- Arazinin elverişli alanı(Yayla 2011).

Kaynak Özetleri

Murat ve Başkan (2006) tarafından yapılan çalışmaya göre; sinyalizasyon kavşaklarındaki ortalama gecikmenin tahmin edilebilmesi için ileri beslemeli bir yapay sinir ağı kullanılmıştır. Sinyalizasyon kavşaklarındaki ortalama gecikmeyi gözlemleyerek belirlenen etken parametrelere bağlı olarak oluşturulan bir yapay sinir ağı ile tahmin edilmesini sağlayan bir model geliştirilmiştir

Schenk et al. (2009) tarafından yapılan çalışmada, ticarete tedarikçi sayısındaki artış nedeniyle taşıyıcılık ağlarının önemi arttığından dolayı çalışmada taşıyıcılık ağları modellenerek araştırılmıştır. Çalışmada taşıyıcılık ağlarının karmaşıklığını azaltmak ve teslimat sürelerinin kısalmasını sağlamak için mezoskopik bir model önerilmiştir.

Jiang and Huang (2009) tarafından yapılan çalışmada, hız ve yoğunluk ilişkilerinin trafik dinamiklerini göstermek için mezoskopik trafik simülasyonu çok kullanıldığını ifade etmiştir. Trafik dinamiklerini göstermede faydalı bilgiler sağlarken bu tür uygulamalar için kısıtlı olabileceğini de belirtmiştir

Dağüstü (2010) tarafından yapılan çalışmada Webster yöntemi kullanarak oluşturduğu algoritma modelinin değerlendirilmesini VISSIM trafik simülasyon programında modellediği kavşakların analizleri yapılmıştır. Analizlerde gecikme süresi, ortalama durma sayısı ve süresi, CO ve NOx emisyonu, yakıt tüketimi ve bir saat içinde kavşağı terkeden taşıt sayısı incelenmiştir.

Şimşir, Özkaynak ve Ekmekçi (2013) tarafından yapılan çalışmada, Kavşaklarda uygulanan sinyalizasyonun zaman optimizasyonlarında ve kavşaklarda duran taşıtların yoğunluklarının hesaplanmasında en önemli unsurlardan birisinin gecikme olmasından dolayı, trafik hacminin kırmızı süreler ve kuyrukta bekleyen araç sayılarının ortalamasının alınması sinyalizasyon hesabı için önemli parametreler olduğu belirlenmiştir. Bu parametreleri kullanarak kavşaklardaki en uygun trafik sinyalizasyonunu oluşturup çözüm üretmişlerdir.

Sun et al. (2013) çalışmada kentsel ulaşım ağı üzerinde iki farklı simülasyon programı olan VISSIM ve CORSIM programlarının karşılaştırmalı analizini yapmıştır. Simülasyon programlarının avantaj kıyaslamasını mekânsal kavşak ölçeklerine göre belirlemiştir. Araç

tipleri, sürücü davranışı ayarları, trafik ortamı ayarları gibi modellerin içinde varsayılan parametre farklılıklarına bakılmıştır.

Otkovic et al. (2013) çalışmasında VISSIM simülasyon programıyla oluşturduğu mikrosimülasyon modelini kentsel alanda dönel kavşak üzerinde kalibrasyon yapmak amacıyla kullanmıştır.

Yun and Ji (2013) çalışmasında DUR ve YOLVER trafik işaretlerine sahip sinyalize olmayan kavşak ile sinyalize kavşak arasındaki gecikme farkını tespit etmek için öncelikle kavşakları VISSIM yazılım programı ile tasarlayarak analizini yapmıştır. Analiz sonucunda en düşük gecikme süresinin olması için DUR-YOLVER işaretlerinin kritik trafik hacmine göre düzenlenmesi gerektiği sonucunu varmıştır.

Çakıcı ve Murat (2016) tarafından yapılan çalışmada sinyalize dönel kavşaklar incelenerek kavşak yaklaşım kollarında ve dönel ada etrafında oluşan akımlarda optimum sinyal fazlarını ayarlayabilmek için bir hesap yöntemi önermiştir. Önerisini değerlendirmek için 4 fazlı bir dönel kavşak ele alınmıştır. Çalışmasında hem farklı kavşak tipleri hem de önerilen hesap yöntemi ile düzenlemesi yapılmış, sinyalize dönel kavşak tipi karşılaştırılmıştır

Jamshidnejad et al. (2017) tarafından yapılan çalışmada, tek tek araçların (mikroskobik), tüm araçların (makroskobik) davranışını dikkate almak yerine, farklı araç grupları (mezoskopik) için toplu bir davranışını dikkate almıştır. Çalışmasında mikroskobik emisyon modeli VT-Micro ile trafik simülasyon yazılımı SUMO kullanılarak önerisini değerlendirmiştir. Değerlendirme sonucunda makroskobik ve mikroskobik yöntemlere göre önerilen yaklaşımın daha yüksek doğruluk da sonuçlar verdiği belirtmiştir.

Bennett and Betts (2017) yaptığı çalışmada AIMSUN 8.2.0 sürümündeki belirlenen parametreleri mikroskobik ve mezoskopik simülasyonunda doyumluk akış hızlarını inceleyerek karşılaştırmıştır. Doyumluk akışının; araç reaksiyon sürelerinden, dönüş hızlarından ve sıkışma yoğunluklarından etkilenebileceğini ifade etmiştir. AIMSUN 8.2.0 sürümündeki belirlenen parametrelerin, mikroskobik ve mezoskopik simülasyonda doyumluk akış hızlarının fazla tahmin edilmesine neden olabileceğini ifade etmiştir.

Shaaban ve Kim (2015) çalışmalarında iki veya üç şeritten oluşan kavşakların, trafik hacmi, taşıtların sola dönüş oranları ve kamyonların trafik akımı içerisindeki oranı gibi parametreleri SimTraffic ve Vissim Simülasyon programlarında modellemişlerdir. Modelledikleri parametreler ile SimTraffic ve Vissim programların performanslarını karşılaştırmışlardır. Farklı trafik koşullarında simülasyon araçlarının verdiği analiz sonuçların farklı olabileceği sonucuna varmıştır.

Beşiroğlu (2016) çalışmasında Samsun ili hafif raylı sistem güzergahı üzerinde hemzemin geçitleri inceleyerek kavşak geometrik özellikleri, trafik hacimleri ve kavşaklarda uygulanan mevcut sinyal faz planları Vissim simülasyon programında modellenmesi yapılmıştır. Yolların kapasite ve hizmet seviyelerini arttıracak şekilde kavşaklar için taşıt gecikmelerini en az seviyeye düşürecek şekilde yeni sinyal süreleri ve kavşak geometrileri önerilmiştir.

Uludamar ve Tüccar (2016) tarafından oluşturulan Sinyalize dönel kavşak modeline göre, dönel kavşağın güney koluna ait olan 22 saniye yeşil sürenin ikişer saniye arttırılarak 24, 26 ve 28 saniyeye çıkarılması sonucunda; kuyruk uzunluğunun, araçların seyahat sürelerinin ve araç emisyon oluşumlarının iyileşmesini sağlamıştır. Çalışma için seçilen zaman aralığında yeşil sürenin arttırılmasıyla seyahat sürelerinde azalma olduğu aynı zamanda CO₂ emisyonunda yaklaşık %25'lik bir azalma olduğu ve NO_x emisyonunda da yine yaklaşık %25'lik bir azalma olduğu sonucuna ulaşmışlardır

Bayrak, Bayata, Hattatoğlu ve Çolak (2016) tarafından yapılan çalışmaya göre; Sinyalize olmayan kavşaklardaki trafik güvenliği ve yolculuk verimliliği, mikroskobik benzetim modeli aracılığıyla araştırılmıştır. Farklı sinyal programları ile geometrik düzenlemeler önerilmiştir. Vissim programı ile bu öneriler çalıştırılarak ele alınan kavşakta kaza sayısının en az olduğu çözüme ulaşması amaçlanmıştır. Önerilen sağa dönüş adaları ile gecikmelerin azaltılıp güvenliğin arttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Mitroi ve arkadaşları (2016) çalışmalarında Vissim ve Aimsun yazılımlarının araç takip modellerini karşılaştırarak Vissim yazılımının Aimsun'a göre daha fazla parametre kullanması ve farklı araç grupları için farklı davranış modellerine sahip olmasından dolayı gerçek durumu daha fazla yansıttığını ifade etmişlerdir

Suleiman vd. (2016) yaptıkları çalışmalarında 15 Temmuz Şehitler Köprüsü'nün Anadolu yakasından köprüye kadar uzanan 5-7 km uzunluğundaki batı sınır yaklaşımı boyunca gözlenen trafik yönetimi, tekrarlayan tıkanıklık ve geliştirilmiş karayolu parametreleri yoluyla tıkanıklığı hafifletmek için yöntemler araştırmak amacıyla araştırmalar yapmışlardır. Trafik verilerini mikro simülasyon modeli olan Vissim yazılımıyla birlikte modelleyerek, trafikte tıkanıklığı gidermek ve trafik akışını devamlı olarak sağlamak için mevcut altyapı boyunca trafik hız yönetiminin uygulanabilirliği önermişlerdir. Vissim simülasyon programıyla, ağır taşıtların şerit genişliği değerlerinin ve kavşak aralıklarının, ana akım akış hızı ve gecikme üzerindeki etkilerinin parametrik olarak değerlendirilerek veriler elde etmişlerdir. Gerçek trafik veri ve koşullarının Vissim simülasyon programıyla kalibre edilmesiyle birlikte simülasyon sonuçlarına göre incelenen arter üzerinde mevcut hız sınırı 80

km/sa olduğunda artan araç hızlarının kapasiteyi hızla azaltarak trafikte tıkanıklığa ve gecikmelere sebep olduğundan hız sınırının 65 km/sa yapılması önerilmiştir. Ayrıca incelenen arter üzerinde normal taşıtların %8'i oranında bulunan ağır taşıtların köprüden geçişinin yasaklanması ve köprünün ötesinde alternatif farklı bir rotayı kullanmaları önerilmiştir.

Abret (2016), çalışmasında Erzurum'da Bölge Eğitim ve Araştırma Hastanesi ile Kazım Karabekir Stadı arasındaki koridorda bulunan kavşakları kuyruk uzunluğu, yakıt tüketimi, seyahat süresi, CO emisyon salınımı yönünden incelemiştir. Önerdiği beş farklı senaryoları VISSIM programında mikrosimülasyonlarını yapmıştır Önerdiği senaryolar içinden 1. Senaryonun optimum sonuçlar verdiğini belirtmiştir

Yavuzylmaz ve Dünder (2017) çalışmalarında 15 Temmuz Şehitler Köprüsü başlangıç ve bitişinde akşam pik saatte Avrupa yakası yönünden Anadolu yakası yönüne geçişteki trafik koşulları incelenmiş ve köprü bitişinde yer alan gişe sahasının trafik akımı üzerindeki etkileri ölçülmüştür. Böylece Beşiktaş katılımı ve Çamlıca ayrımı noktalarında çeşitli kamera görüntüleri incelenenerek Vissim simülasyon programıyla benzetim analizi yapılmıştır. Ardından gişe sahasının kaldırılması durumunda trafik akımındaki farklılıklar incelenmiştir. Mevcut gişe sahasının kaldırılıp ek şerit uygulaması durumunda trafik akımında gözle görünür bir değişim meydana gelmediği anlaşılmıştır.

Fernandes et al. (2017) Çalışmasında karma dönel kavşak, sinyalize kavşak ve dur kontrollü kavşak koridoru, mikroskobik trafik modeli programı (VISSIM) ve emisyon metodolojisiyle değerlendirilmiştir.

Korfant and Gogola (2017) yaptıkları çalışmada Bratislava'da trafik planlamada kullanılan PTV yazılım programlarını kullanarak daha akıcı bir trafik oluşturmaya yardımcı olan projelerin gerçek verileri ve sonuçlar sunduğunu belirtmiştir.

Nikitin et al. (2017) çalışmasında belirlenen kavşağın performansını öğrenmek için simülasyon modeli oluşturmuştur. Kavşak simülasyon modeliyle elde ettiği verilere göre cadde ve yol ağının bu bölgesinde büyük gecikmelerin olduğunu tespit etmiştir.

Bayata ve Bayrak (2018) yaptıkları çalışmada Karayolları 12. Bölge Müdürlüğü tarafından yapılması planlanan kavşağın bölge trafiğine etkisini incelemişlerdir. Planlanan kavşak ve mevcut durum VISSIM mikro-simülasyon programı ile modellenerek seyahat süresi, gecikme süresi, kuyruk uzunlukları, CO₂ emisyonu, NO_x emisyonu ve yakıt tüketimi değişkenlikleri incelenerek karşılaştırılmıştır. Karayolları 12. Bölge Müdürlüğü tarafından yapılması planlanan kavşağın seyahat süreleri ve gecikme sürelerinde %35, kuyruk

uzunluklarında %83, emisyon değerlerinde %23 oranlarında azalma sağlayacağını ifade etmişlerdir.

Nyame-Baafi et al. (2018) çalışmasında VISSIM mikrosimülasyon programıyla sinyalize edilmemiş T-kesişim bölgelerinde sol şerit kurulumunu mecbur kılan gecikme eşiğine dayanan hacim değerleri kullanılarak simülasyon modeli oluşturmuştur. VISSIM mikrosimülasyon modeli sabah trafiğin en yoğun olduğu vakitte iki saatlik video kaydıyla elde edilen trafik akışı, ortalama ve maksimum kuyruk uzunluğu, gecikme, verileri kullanılarak kalibre edilmiştir. Kalibrasyon işleminden sonra farklı senaryolar için simüle edilmiştir

Alemdar (2019) çalışmasında İstanbul ilinde belirlediği 3 kavşak koridorunu ele alarak 30 farklı koridorun tasarımını PTV VISSIM mikro simülasyon programında yapmıştır. Simülasyonu kullanarak senaryolarda taşıt ve durma gecikmeleri, seyahat süreleri, yakıt tüketimi, kuyruk uzunluğu gibi parametreleri dikkate alarak kıyaslamıştır. Karşılaştırma parametrelerinin ağırlıklarının hesaplanmasında AHP kullanmıştır.

Demiriz (2019) yaptığı çalışmasında Erzincan'daki ana arterlerde bulunan kavşakları trafik hacminin yetersiz kalması nedeniyle AIMSUN adlı simülasyon programını kullanarak incelemiştir. Seyahat süresi, gecikme, kuyruk uzunluğu, CO₂ ve NO_x değerlerini incelemiş ve öneriler sunmuştur. Önerdiği dört farklı senaryonun simülasyonu yapmış ve AHP yöntemiyle uygun senaryoyu belirlemiştir

Savaş (2019) çalışmasında taşıt ve yaya trafiğinin etkileşimli modellemesini yapmak için planlanan dört kollu sinyalize kavşakta çalışmalar yapılmış ve VISSIM mikrosimülasyon programı kullanılarak simülasyon yapılmıştır. Taşıt ve yaya hacimlerine göre yaya geçiş yerlerinin değiştirilmesinin kavşağa etkilerini VISSIM programı ile değerlendirmiştir,

Demiral (2019) çalışmasında Antalya'nın trafik açısından önemli olan Muratpaşa ilçesinde üç adet eşdüzey kavşağı PTV Vissim mikro ölçekli simülasyon programıyla incelemiştir. Kavşakları iyileştirmek amacıyla çeşitli öneriler sunmuştur

Ünlü (2019) çalışmasında belirlediği kavşakların benzetim modelini oluşturarak kavşağın performans göstergelerini, kavşak sinyal sistemleri gibi denetim sistemlerinde değişiklikler yaparak tekrar hesaplamış ve sonuçları karşılaştırmıştır. Devre sürelerinin belirli aralıklarla değişiminin yapılması kavşak performansında önemli etkisinin olduğu sonucuna varmıştır

Kırımlı (2019) çalışmasında PTV VISSIM programını kullanarak kavşaklar arası uzaklığın kavşak performansına etkisini araştırmıştır. Yaptığı simülasyon modellemesiyle

değişken kavşaklar arasındaki uzaklığın değişmesiyle hizmet düzeyinin yükselebileceği ayrıca kuyruk uzunluğunda, emisyon salınımlarında ve yakıt tüketiminde azalma olabileceği sonucuna varmıştır

Camcı (2019) çalışmasında trafik simülasyonlarının kullanılmasının kavşak tasarımında etkisi araştırmıştır. Kavşak tasarımında trafik simülasyonlarının kullanılmasının verimli olduğu sonucuna varmıştır

Öğütveren (2019) çalışmasında PTV Vissim Programını kullanarak modern dönel kavşaklarda merkez ada çapının kavşak performansına olan etkisini araştırmıştır.

Akın (2020) çalışmasında Samsun İlinde belirlediği kavşaklarda Vissim simülasyon programı kullanarak trafik akımının iyileştirilmesi amacıyla kavşakları inceleyerek kavşaklardaki gecikmeleri azaltacak, kapasiteyi artıracak sinyalizasyon devre süreleri ve kavşak geometrileri önermiştir

Akpınar (2020) çalışmasında Gölcük İlçesinde bulunan dört adet kavşağın ortalama gecikme süresi, yakıt tüketimi, seyahat süresi, CO ve NO emisyon salınımı değerlerini iyileştirmek amacıyla VISSIM mikrosimülasyon programında simüle etmiştir. Kavşak tipini belirlemede Taguchi L₉ ortogonal dizisini sinyalizasyonu belirlemede Webster Sinyalizasyon Yöntemini kullanmıştır. Ortalama gecikme süresi, yakıt tüketimi, seyahat süresi, CO ve NO emisyon salınımı değerlerini optimum yapan kavşak durumu belirlenmiştir

MATERYAL ve METOT

Trafik Simülasyonu

Trafik simülasyonunu kullanarak tasarımı yapılacak yol ağında planlanan tasarım uygulandığında seyahat sürelerinde, gecikme değerlerinde, emisyon salınımında ve yakıt tüketiminde nasıl etki oluşturacağını görebiliriz. Dolayısıyla sahada uygulamaya geçmeden tasarımın artı ve eksileri tespit edilebilir. Böylece tasarımda iyileştirmeler yapıp sahada uygulanması yönüyle ekonomiklik elde edilir.

Trafik simülasyonunda mevcut durum için önce veriler toplanarak sisteme girilir. Ardından mevcut durum ile simülasyonun aynı olması için kalibrasyon yapılır. Ardından öneri alternatifler tasarlanarak mevcut ile karşılaştırılarak optimum tasarım seçilir

Günümüzde kullanılan birçok trafik simülasyon programı vardır. Bu çalışmamızda VISSIM mikrosimülasyon programı kullanılmıştır

GEH Analizi

GEH analizi simülasyon modeli ile sahada gözlenen değerler arasında modelin gerçeği yansıtip yansıtmadığını anlamak için kalibrasyon amacıyla kullanılmaktadır

$$GEH = \sqrt{\frac{2(K_j - M_j)^2}{K_j + M_j}}$$

K: Gözlemlenen değer

M: Simülasyondaki değer

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

AHP (Analitik Hiyerarşi Proses)

AHP, karar verirken kararı etkileyen faktörler göz önünde bulundurularak kararın yüzde olarak oranını veren tahminleme ve karar verme yöntemidir (Abalı 2012).

Analitik Hiyerarşi Prosesi 7 aşamalı olarak aşağıda açıklanmıştır (Keçek ve Yıldırım 2010):

- Hiyerarşik modelin oluşturulması
- Üstünlüklerin belirlenmesi
- Karşılaştırma matrisi

- Öncelik vektörünün bulunması
- Tutarlılık oranının belirlenmesi
- Alternatiflere göre sıranın tespiti
- Duyarlılığın incelenmesi

Aşama 1: Hiyerarşik modelin oluşturulması

Modellenen hiyerarşinin amacı farklı seviyelerdeki elemanların birbirlerine olan etkisini ve önemini belirleyerek karar vericinin problemi anlayabilmesini kolaylaştırmaktır

Aşama 2: Üstünlüklerin Belirlenmesi

Karar verme aşamasında problemin hiyerarşik örneğinin oluşturulmasının ardından hiyerarşi modelini oluşturan elemanlar önem derecelerine göre kıyaslanarak üstünlükleri belirlenir. Üstünlükleri belirlemek için Saaty(1994) tarafından oluşturulan önem derecesi ölçeği kullanılır.

Tablo 1. Önem skalası

Önem Derecesi	Kavramsal Karşılığı	Açıklama
1	Eşit seviyede önemli	İki seçenek eşit seviyede önemli
3	Biraz daha fazla önemli	Bir seçenek diğerine göre biraz daha önemli
5	Kuvvetli seviyede önemli	Bir seçenek diğerine göre oldukça önemli
7	Çok kuvvetli seviyede önemli	Bir seçenek diğerine göre çok önemli
9	Kesin önemli	Bir seçenek diğerinden kesinlikle önemli
2,4,6,8	Ara değerler	Yargıda uzlaşma gerektiğinde ara değerler kullanılır

Aşama 3: Karşılaştırma Matrisi

AHP, karar vericinin önceliklerini önemseyerek hiyerarşi modelini oluşturan elemanları belirlenen kritere göre ikişer ikişer karşılaştırarak elemanlar hakkında fikir sahibi olunmasını sağlar. İkili karşılaştırma matrisi(A) aşağıda verilmiştir.

$$w_i/w_j = a_{ij} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n)$$

(w_i : i.nci Alternatifin ağırlığı)

(w_j : j.nci Alternatifin ağırlığı)

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \dots & a_{ij} & \dots & a_{nn} \\ \cdot & 1 & & & \cdot \\ 1/a_{ij} & \dots & 1 & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ 1/a_{nn} & \dots & \dots & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Aşama 4: Öncelik Vektörünün bulunması

Öncelik vektörlerinin belirlenmesi için ilişki matrislerinin her bir sütun değerinin ayrı ayrı ilgili sütun toplamına bölünerek normalize edilmiş matris elde edilir. Elde edilen normalize edilmiş matrisin satır değerlerinin ortalaması alınmasıyla öncelik vektörü bulunur.

$a_{ij} = w_i/w_j$ ile nxn boyutlu A matrisi oluşturulur

A matrisinde; $a_{ij} = 1/a_{ji}$, $i=j$ olduğunda ise $a_{ij} = 1$ dir

Öncelik Vektörü $w = [w_1, w_2, \dots, w_n]^T$ ile elde edilir

$Aw = \lambda w$ veya $Aw = nw$

(λ , A matrisinin özdeğeridir)

(w vektörleri λ 'ya karşılık gelen özvektörlerdir)

Özdeğerin en büyük değerini (λ_{max} 'ı) kapsayan vektör AHP hesaplamalarında özvektör olarak alınır

Aşama 5: Tutarlılık Oranının Belirlenmesi

Karar vericinin ikili karşılaştırmalar ile elde ettiği sonucun matematiksel veya mantıksal olarak birbirleriyle olan ilişkisi tutarlılığı göstermektedir.

Saaty tarafından geliştirilen Tutarlılık İndeksi (CI) tablosu tutarlılığın sayısal ifadesidir

Tutarlılık İndeksi: $CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n-1}$

Tablo 2. Random Göstegesı(RI) Tablosu

(n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(RI)	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,15	1,49

Tutarlılık Oranı: $CR = \frac{CI}{RI}$ ile elde edilir

CR değeri <0,1 ise Karşılaştırma tutarlıdır

Aşama 6: Alternatiflere göre sıranın tespiti

Karar verici ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilen öncelikleri birleştirerek elde ettiği ağırlıkları sıralayarak en uygun seçeneği belirleyebilir.

Aşama 7: Duyarlılığın incelenmesi

Sıralanan seçeneklerin ve verilen kararın, yargılardaki değişikliklere duyarlılığı yorumlanır. Karar vericilerin oluşturduğu İkili karşılaştırmalarda kararların kişiden kişiye değişiklik gösterebileceği veya karar vericinin düşüncelerinin zamanla değişebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Webster Yöntemi

Sinyalize kavşaklarda kavşağın geometrisinin yanında uygun sinyalizasyon süresinin de önemi büyüktür. Bu amaçla sinyalize kavşaklarda sinyallerin faz sürelerini ve devre sürelerini düzenlemek için kullanılan webster yöntemi, seyahat sürelerinde, gecikmelerde ve kuyruk uzunluğu gibi parametrelerde optimum sonuca ulaşmamız için optimum süreler sunar.

Webster yöntemi aralıklı trafik akımını temel alan bir yöntemdir

Webster yönteminde kullanılan formüller aşağıda verilmiştir.

Doyum akımı, kavşakta belirli yönden geçen trafik akımına sürekli yeşil ışık yandığı vakitte kavşaktaki bütün şeritten geçebilen en fazla trafik akımıdır.

$$s = soNf_i$$

s : Mevcut durumda kavşak doyum akımı (araç / yeşil-saat)

so : Uygun şartlarda kavşak doyum akımı

N : Şerit miktarı

f_i : Düzeltme faktörü

Bir sinyalize kavşağın kapasitesini(K) belirlemek için aşağıdaki formül kullanılır

$$K = s(g/C)$$

K : Kavşak kapasitesi (araç/ yeşil-saat)

s : Doyum akımı (araç/ yeşil-saat)

g/C : Yeşil süre/ Periyot süresi oranı

Boşaltım fasılası (Y_i) aşağıdaki formül ile hesaplanabilir

$$Y_i = t + \frac{0.3H}{2a} + \frac{W+l}{H}$$

Y_i : i yönündeki boşaltım fasılası, (sn)

t : İntikal – reaksiyon süresi, (sn)

H : Araç hızı, (m/sn)

a : Fren ivmesi, (m/sn²)

W : Hareket uzunluğu, (m)

l : Araç uzunluğu, (m)

Yeşil ve kırmızı sinyale verilen süreler kayıp sürelerden ötürü etkin kullanım süresini de değiştireceğinden, sinyalizasyon hesaplamalarında Efektif yeşil süre(g) hesaba katılmalıdır

$$g_i = G_i + Y_i - t_L = G_i + (y + r_h) - t_L$$

g_i : i fazı için efektif yeşil süre (sn)

G_i : i fazında fiili yeşil süre (sn)

Y_i : Sarı + tüm kırmızı süre (sn)

t_L : Toplam kayıp süre (sn)

y : Sarı süre (sn)

r_h : Hep kırmızı süre (sn)

Optimum periyot süresi (C) gecikmeleri ve kayıp süreleri minimize etmesi yönüyle önemlidir.

$$C_o = \frac{1.5L+5}{1-\sum x_i} = \frac{1.5(nl+r_h)+5}{1-\sum x_i}$$

C_o : Optimum periyot (sn)

L : Kayıp süre (sn)

n : Faz sayısı

l : Her fazda ortalama kayıp süre (sn)

r_h : Tüm kırmızı süre (1 veya 2 saniye)

x_i : i . Fazdaki (tasarım akımı/doyum akımı) oranı

Tablo 3'te verilen otomobil eşdeğer faktörü yardımıyla taşıtlar türlerine ve dönüşlerine göre hacim dönüşümleri yapılır

Tablo 3. Otomobil Eşdeğer Faktörü

Taşıt Türleri ve Dönüşler	Otomobil Eşdeğer Faktörü
Otomobil	1
Ağır vasıta	1,5
Sola dönen taşıtlar	1,6
Sağa dönüş taşıtlar	1 ile 1,4 arasında

Sinyalizasyon hesaplamalarında zirve saat içindeki maksimum akımı gösteren tasarım saatlik hacmi kullanılır. Aşağıda verilen formül ve çizelgeyle hesaplamalar yapılır.

$$V = TSH \times U = \frac{\text{Zirve Saat Hacmi}}{ZSF} \times U$$

Tablo 4. Şerit Kullanım Faktörü

Şeritteki Trafik Akım Yönü	Şerit Sayısı	Şeritin En Çok Kullanım Yüzdesi	Şerit kullanım Faktörü(U)
Sapmayan	1	100	1,00
veya	2	52,5	1,05
paylaşan	≥3	36,7	1,10
Özel sol dönüş şeridi	1	100	1,00
	≥2	51,5	1,03
Özel sağ dönüş şeridi	1	100	1,00
	≥2	56,5	1,13

V: Şerit miktarına göre düzeltilmiş talep akımı (araç/saat)

U: Şerit kullanım faktörü

Eğer V/C oranı 1.00'e yaklaşıyorsa U=1.00 alınmalıdır (Tunç 2003).

ARAşTIRMA BULGULARI VE TARTIşMA

Çalışma Alanı

Araç sayılarındaki artışa bağlı olarak trafik taleplerinde ve yoğunluklarda artış meydana gelmektedir. Bu çalışmada trafik yoğunluğu yüksek olan ve kent merkezinde 3 kavşaktan oluşan bir koridor ele alınmıştır. Bu kavşaklar; İstasyon Kavşağı, Gez Kavşağı, İstanbultakı kavşaklarıdır (Şekil 24 – Şekil 25)

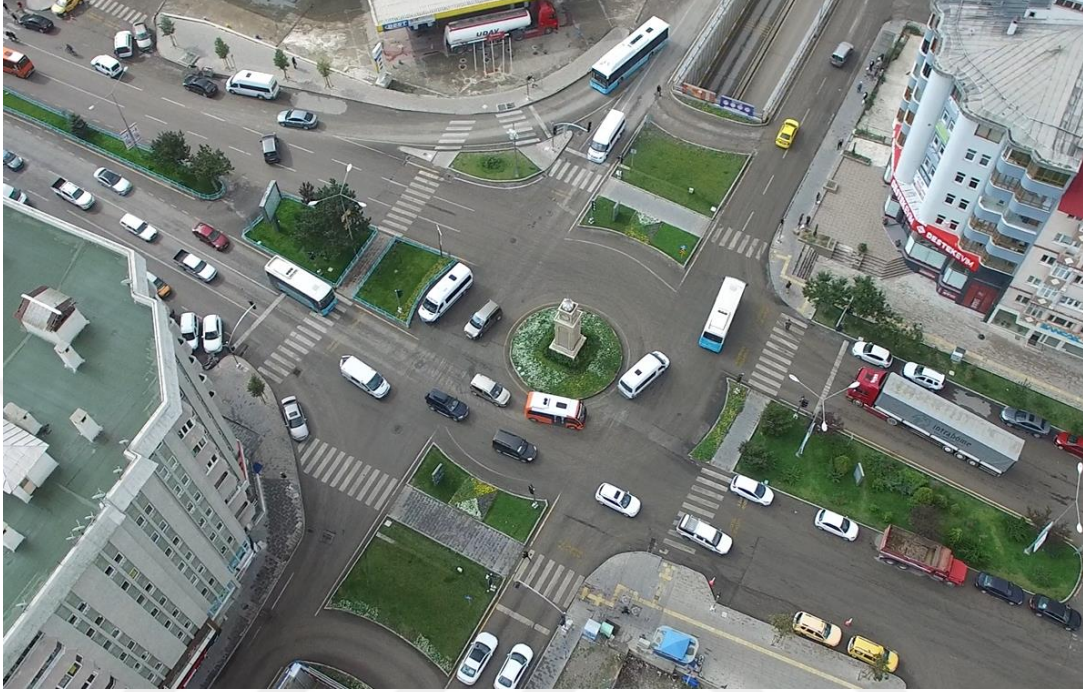


Şekil 24. Çalışmaya konu olan koridorun uydu görüntüsü



Şekil 25. Kavşakların mevcut durumunun uydu görüntüsü

Bu koridorda bulunan istasyon kavşağı Farklı düzeyli kavşak olup Gez ve istanbulkapı kavşakları ise sinyalizasyonlu dönel kavşaklardan oluşmaktadır (Şekil 26 – Şekil 28)



Şekil 26. İstasyon kavşağı (Dönel sinyalizasyonlu kavşak)



Şekil 27. Gez kavşağı (Dönel sinyalizasyonlu kavşak)



Şekil 28. İstanbulkapı kavşağı (Dönel sinyalizasyon kavşak)

Bu koridor üzerindeki kavşaklar, pik saatlerde yoğun trafiğe (toplamda 6385 taşıt/saat) hizmet etmekte ve özellikle sabah ve akşam saatlerinde trafik tıkanıklıkları ve kuyruklanma daha fazla olmaktadır. Dolayısıyla trafik tıkanıklıklarının ve kuyruklanmanın neden olduğu yoğunluk trafik kazalarına neden olabilmektedir

Menderes Caddesinden, 50. Yıl Caddesinden, TCDD- Erzurum Gar Müdürlüğünden ve Gez kavşağından gelen araçların kesişim noktası olan İstasyon kavşağı, yoğun araç akımı nedeniyle önemi ve yoğunluğu gitgide artmaktadır.

Kombina kavşağından, İstasyon kavşağından, İstanbulkapı kavşağından ve özellikle şehrin merkezi noktası olan Havuzbaşı kavşağından gelen araçların kesişim noktası olan Gez kavşağı, yoğun araç akımı nedeniyle önemi ve yoğunluğu gitgide artmaktadır.

Yenimahalle Caddesinden, Ömer Nasuhi Bilmen Caddesinden, Şelale evler Caddesinden ve Gez kavşağından gelen araçların kesişim noktası olan İstanbulkapı kavşağı, yoğun araç akımı nedeniyle önemi ve yoğunluğunu gitgide artmaktadır

Dolayısıyla, bu koridor üzerinde bulunan kavşaklarda gitgide artan yoğunluk trafik güvenliğini azaltmakta ve trafik kazalarının meydana gelmesini beraberinde getirmektedir.

Çalışma alanı olan; İstasyon Kavşağı, Gez Kavşağı, İstanbulkapı kavşaklarının oluşturduğu koridorundaki trafiğin mikrosimülasyon programıyla modellenmesi için, veri toplanması, mikrosimülasyon yapılması ve kalibrasyonu ile seyahat süreleri, gecikmeler, yakıt

tüketimi, CO ve NO_x, VOC salınımları ve kuyruk uzunlukları sonuçlarının karşılaştırılması aşamaları izlenmiştir

Veri Toplanması

Simülasyon modellemesinde gerçeğe en yakın sonuca ulaşabilmek için verilerin toplanması önemli husustur. Bir simülasyon modellemesi için gerek duyulan başlıca veriler; türlerine göre araç sayımları ve sinyalizasyon fazlarıdır.

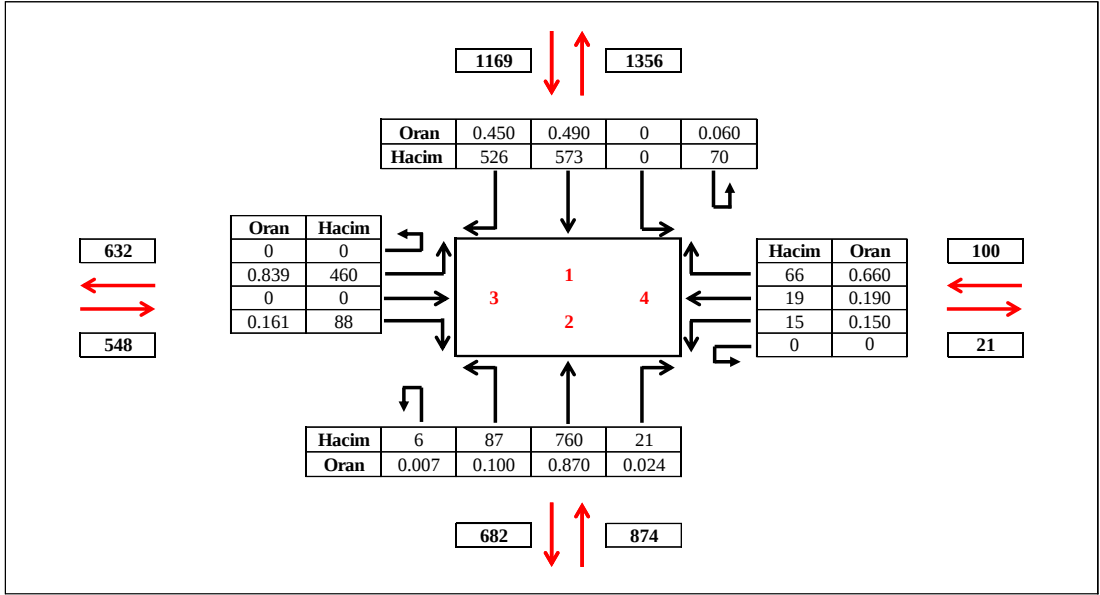
Bu çalışmada 2019 yılına ait araç sayım verileri ve sinyalizasyon faz verileri Erzurum Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığından alınmıştır. Araç sayım verileri; saat 07:00–09:00, 12:00–14:00, ve 17:00–19:00 aralığına ait birim oto cinsinden toplam hacim verileridir. Çalışmamızda araç sayım verisi olarak trafiğin en yoğun olduğu 1 saatlik vakit olan Akşam Zirve saat 17:00 – 18:00 saatleri baz alınmıştır.



Şekil 29. İstanbulkapı kavşağı kollarının gösterimi

Tablo 5. İstanbulkapı Kavşağı Hacim Değerleri

İstanbulkapı Kavşağı Akşam Zirve Saat (17:00 - 18:00) Trafiği					
Akşam	1 Yönünde	2 Yönünde	3 Yönünde	4 Yönünde	Toplam
1 Kolu	70	573	526	0	1169
2 Kolu	760	6	87	21	874
3 Kolu	460	88	0	0	548
4 Kolu	66	15	19	0	100
Toplam	1356	682	632	21	



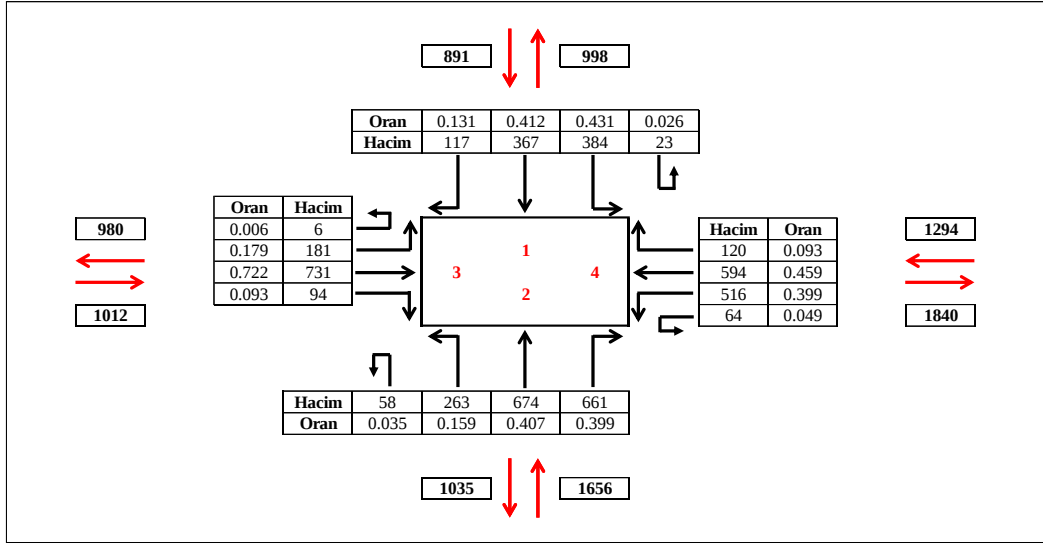
Şekil 30. İstanbulkapı kavşağı hacim ve oran değerleri



Şekil 31. Gez kavşağı kolların gösterimi

Tablo 6. Gez Kavşağı Hacim Değerleri

Gez Kavşağı Akşam Zirve Saat (17:00- 18:00) Trafiki					
Akşam	1 Yönünde	2 Yönünde	3 Yönünde	4 Yönünde	Toplam
1 Kolu	23	367	117	384	891
2 Kolu	674	58	263	661	1656
3 Kolu	181	94	6	731	1012
4 Kolu	120	516	594	64	1294
Toplam	998	1035	980	1840	



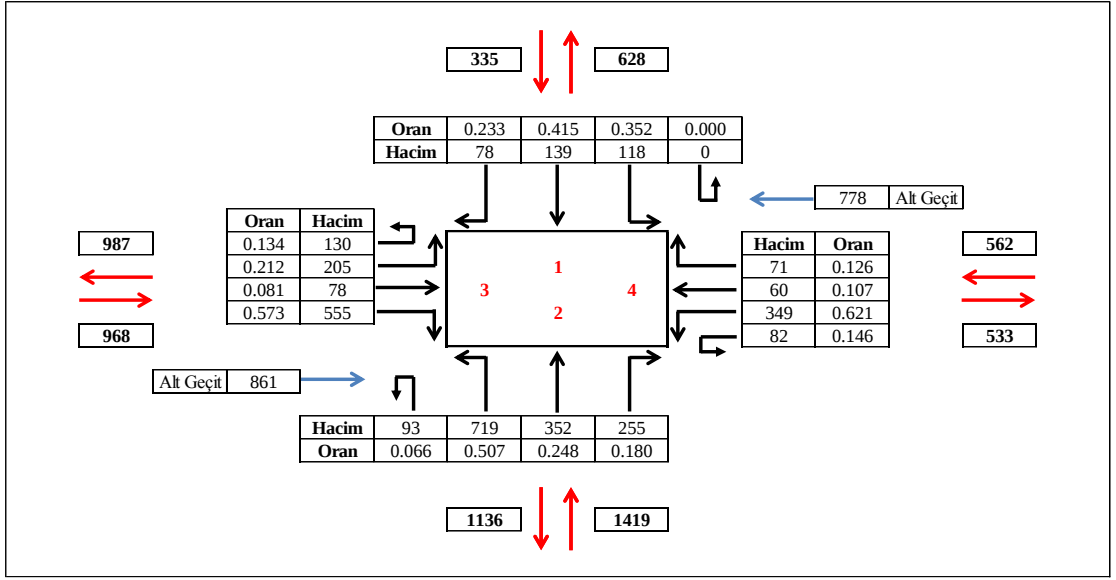
Şekil 32. Gez kavşağı hacim ve oran değerleri



Şekil 33. İstasyon kavşağı kolların gösterimi

Tablo 7. İstasyon Kavşağı Hacim Değerleri

İstasyon Kavşağı Akşam Zirve Saat (17:00- 18:00) Trafiği					
Akşam	1 Yönünde	2 Yönünde	3 Yönünde	4 Yönünde	Toplam
1 Kolu	0	139	78	118	335
2 Kolu	352	93	719	255	1419
3 Kolu	205	555	130	78	968
4 Kolu	71	349	60	82	562
Toplam	628	1136	987	533	



Şekil 34. İstasyon kavşağı hacim ve oran değerleri

Simülasyonun Modellenmesi ve Kalibrasyonu

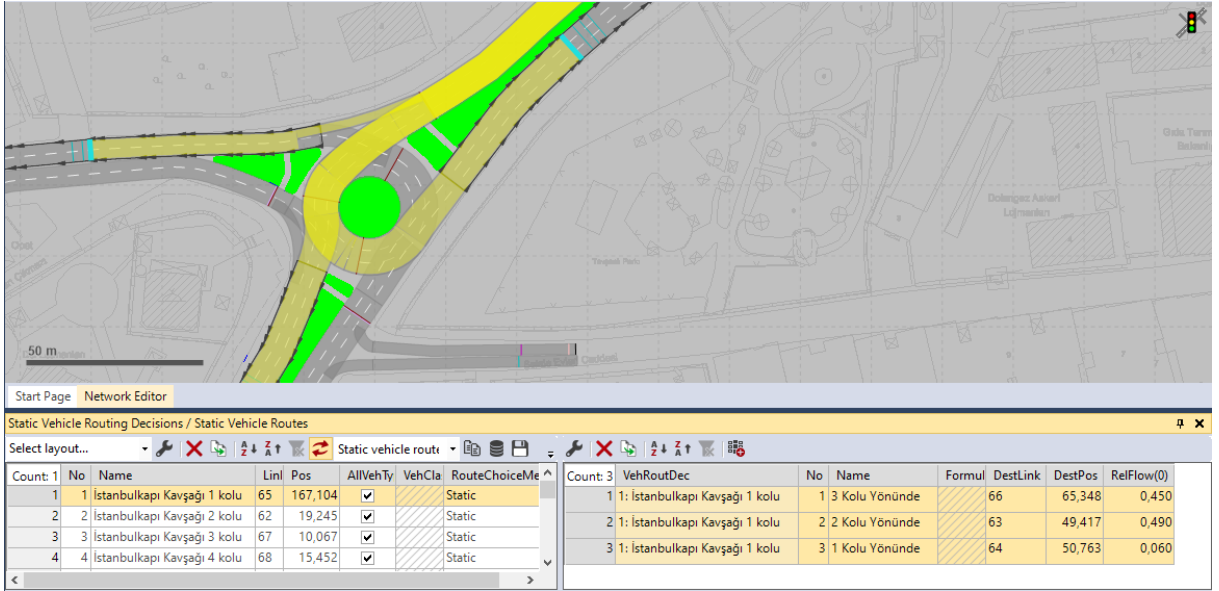
Arazi çalışmaları sonucu elde edilen veriler VISSIM simülasyon programına aktarılarak çalışılan Koridor Şekil 35'te gösterilmiştir.



Şekil 35. Çalışılan koridorun VISSIM Simülasyon ortamına aktarılmış durumu

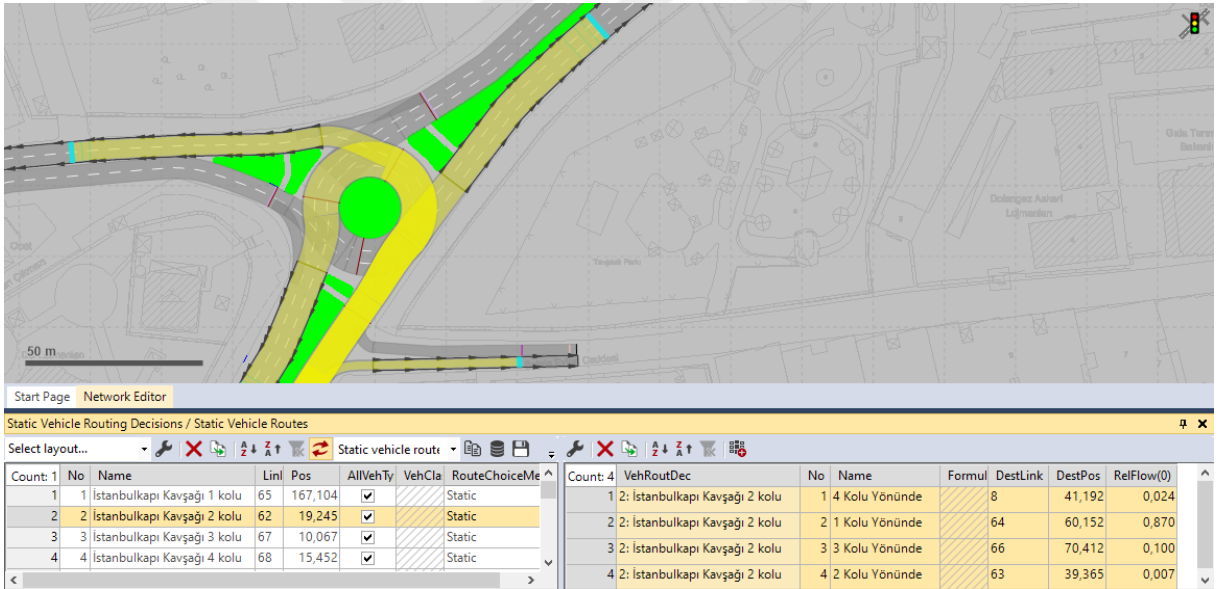
Koridorda bulunan kavşakların özellikleri VISSIM simülasyon programına girilmiştir. Çalışmaya konu koridorun sayımlar sonucu elde edilen hacim değerleri girilmiştir ardından araçların ağ üzerinde hareket ettiği yöne göre sayımlarının karşılığı olan rotaları sisteme girilmiştir. Sisteme girilen rotalar Şekil 36 – Şekil 47'de gösterilmiştir.

İstanbulkapı kavşağının 1 koluna ait rotalar ve bu rotalara ait oranlar Şekil 36'da gösterilmiştir.



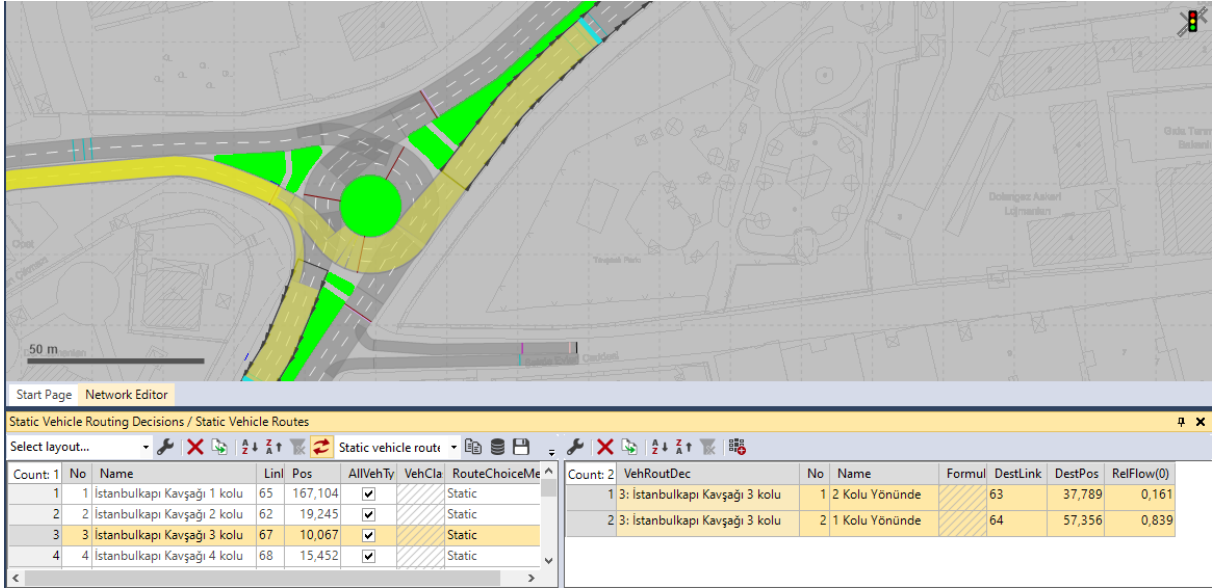
Şekil 36. İstanbulkapı kavşağı 1 kolu araç rotaları

İstanbulkapı kavşağının 2 koluna ait rotalar ve bu rotalara ait oranlar Şekil 37’de gösterilmiştir.



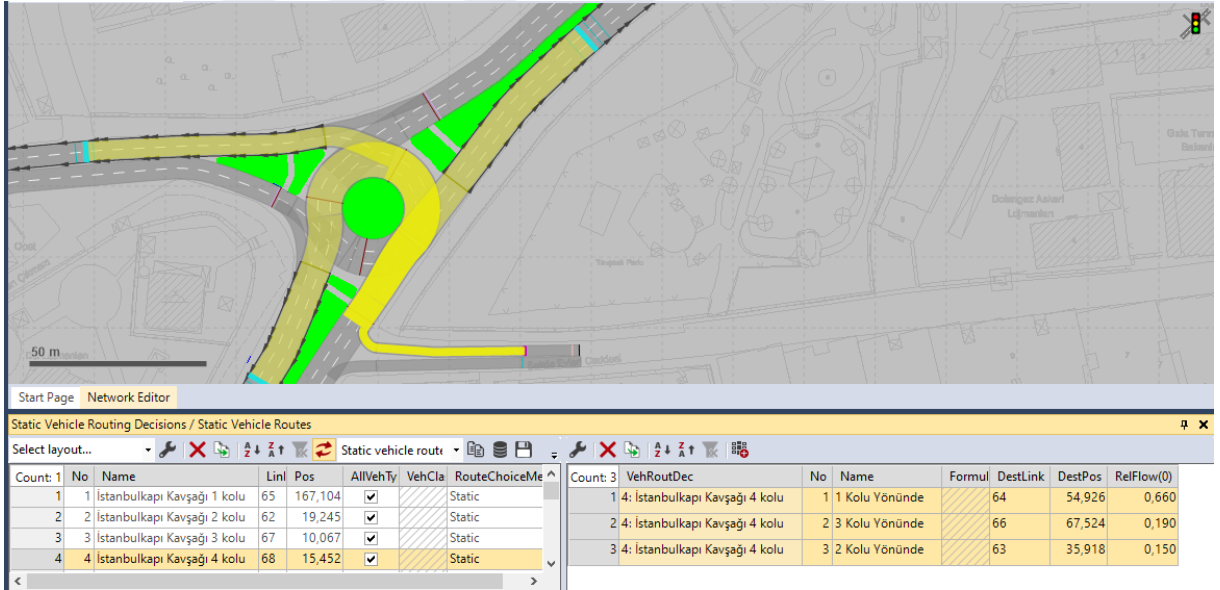
Şekil 37. İstanbulkapı kavşağı 2 kolu araç rotaları

İstanbulkapı kavşağının 3 koluna ait rotalar ve bu rotalara ait oranlar Şekil 38’de gösterilmiştir.



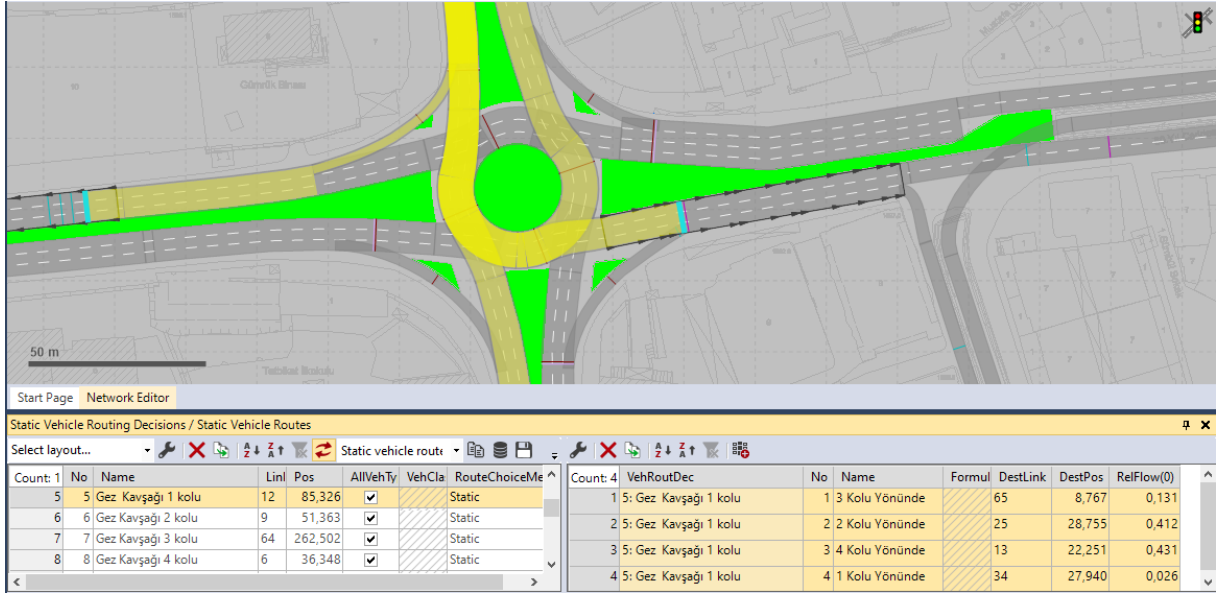
Şekil 38. İstanbulkapı kavşağı 3 kolu araç rotaları

İstanbulkapı kavşağının 4 koluna ait rotalar ve bu rotalara ait oranlar Şekil 39’da gösterilmiştir.



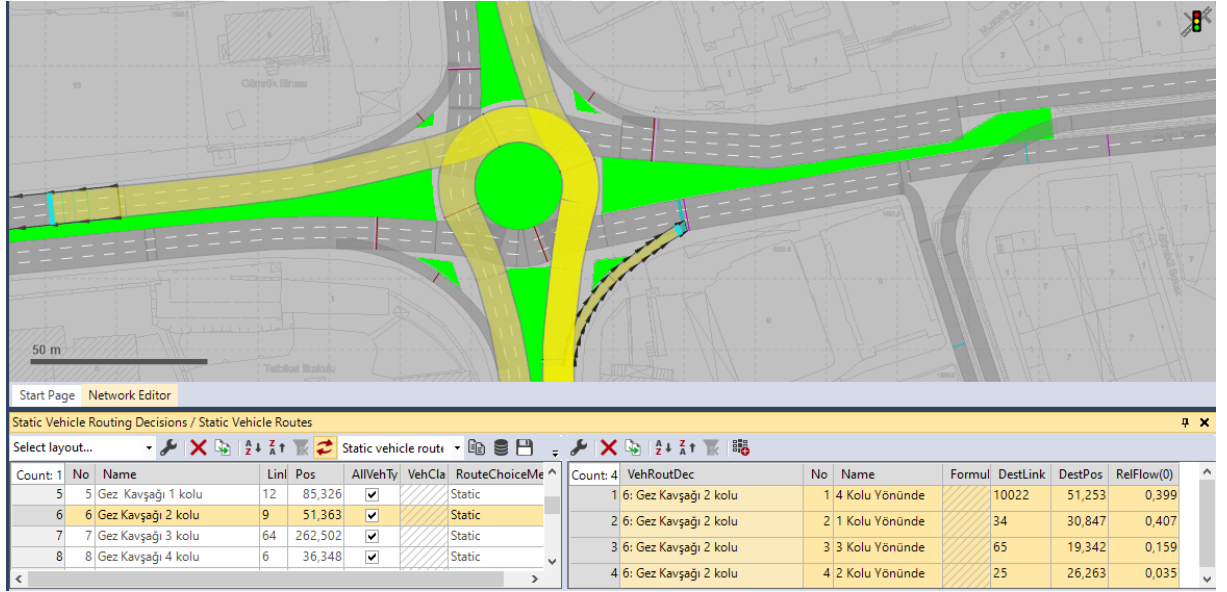
Şekil 39. İstanbulkapı kavşağı 4 kolu araç rotaları

Gez kavşağının 1 koluna ait rotalar ve bu rotalara ait oranlar Şekil 40’da gösterilmiştir.



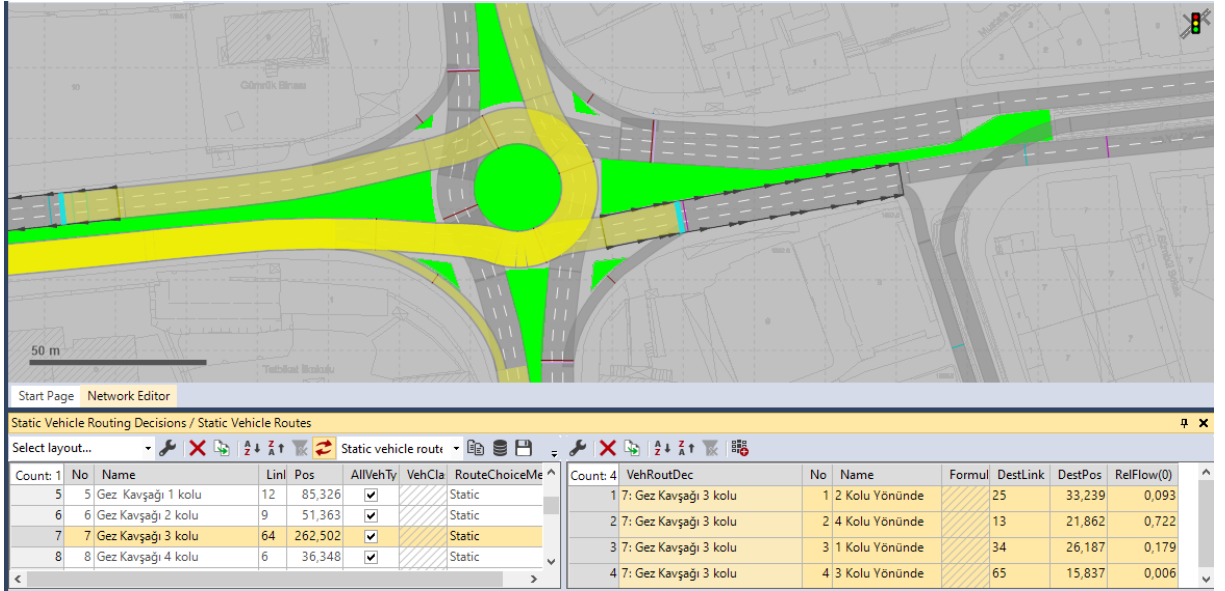
Şekil 40. Gez kavşağı 1 kolu araç rotaları

Gez kavşağının 2 koluna ait rotalar ve bu rotalara ait oranlar Şekil 41’de gösterilmiştir.



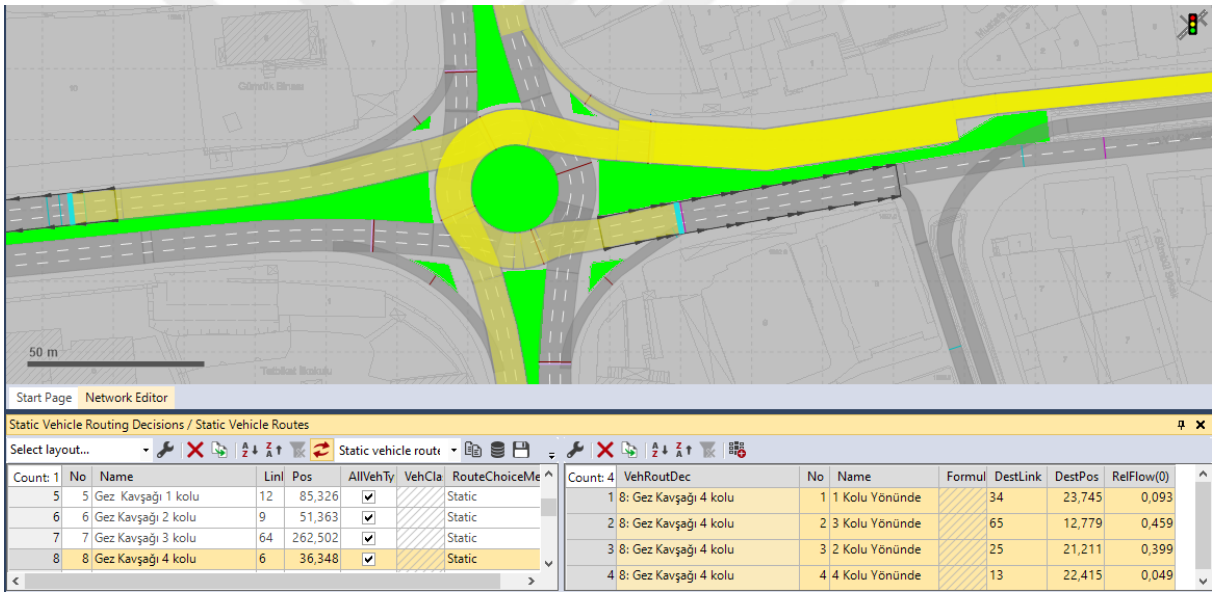
Şekil 41. Gez kavşağı 2 kolu araç rotaları

Gez kavşağının 3 koluna ait rotalar ve bu rotalara ait oranlar Şekil 42’de gösterilmiştir



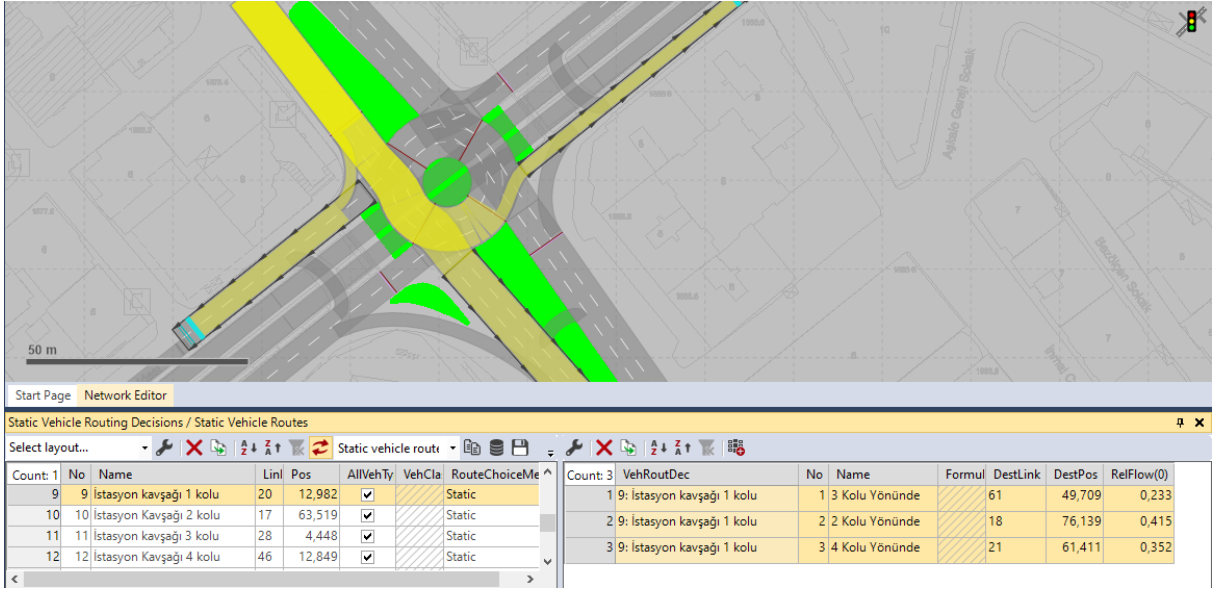
Şekil 42. Gez kavşağı 3 kolu araç rotaları

Gez kavşağının 4 koluna ait rotalar ve bu rotalara ait oranlar Şekil 43'te gösterilmiştir



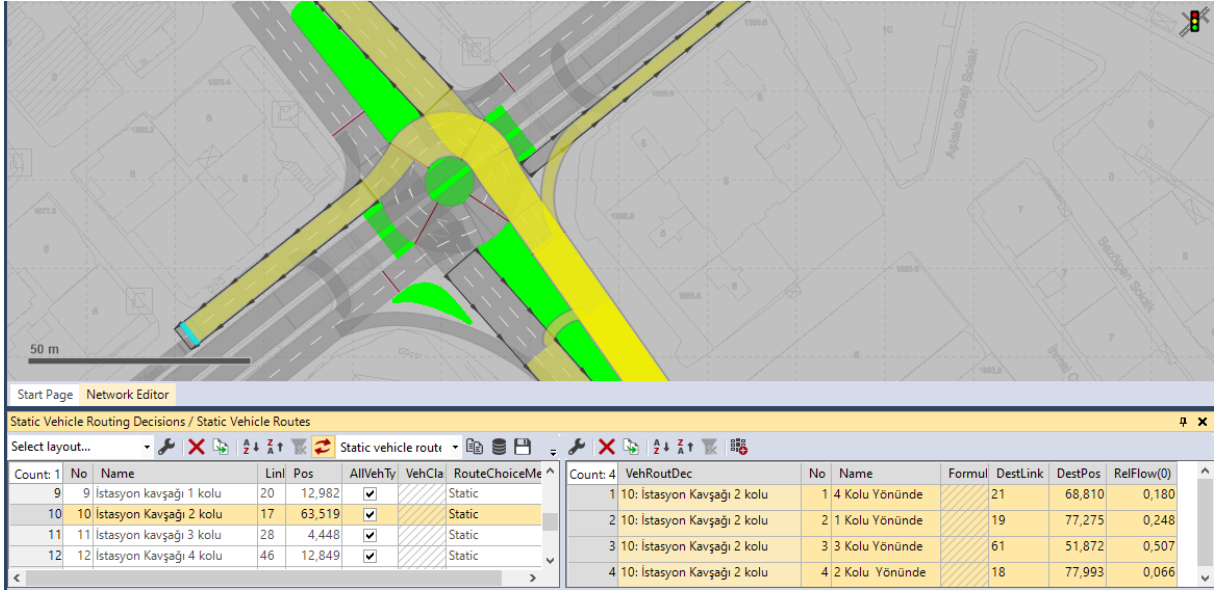
Şekil 43. Gez kavşağı 4 kolu araç rotaları

İstasyon kavşağının 1 koluna ait rotalar ve bu rotalara ait oranlar Şekil 44'te gösterilmiştir



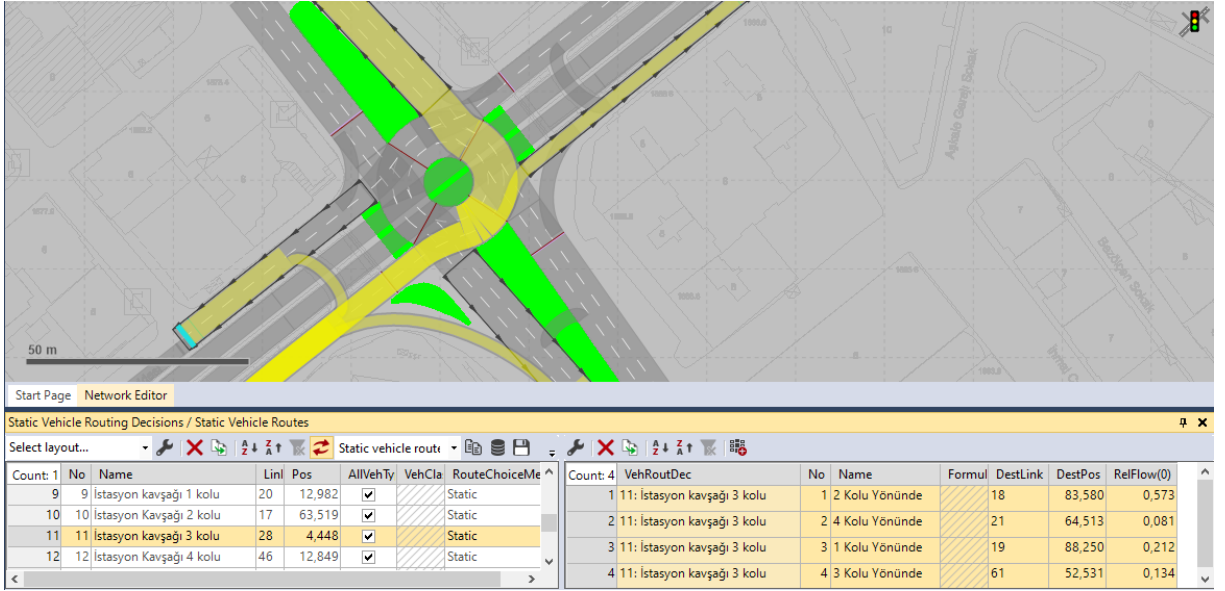
Şekil 44. İstasyon kavşağı 1 kolu araç rotaları

İstasyon kavşağının 2 koluna ait rotalar ve bu rotalara ait oranlar Şekil 45'te gösterilmiştir



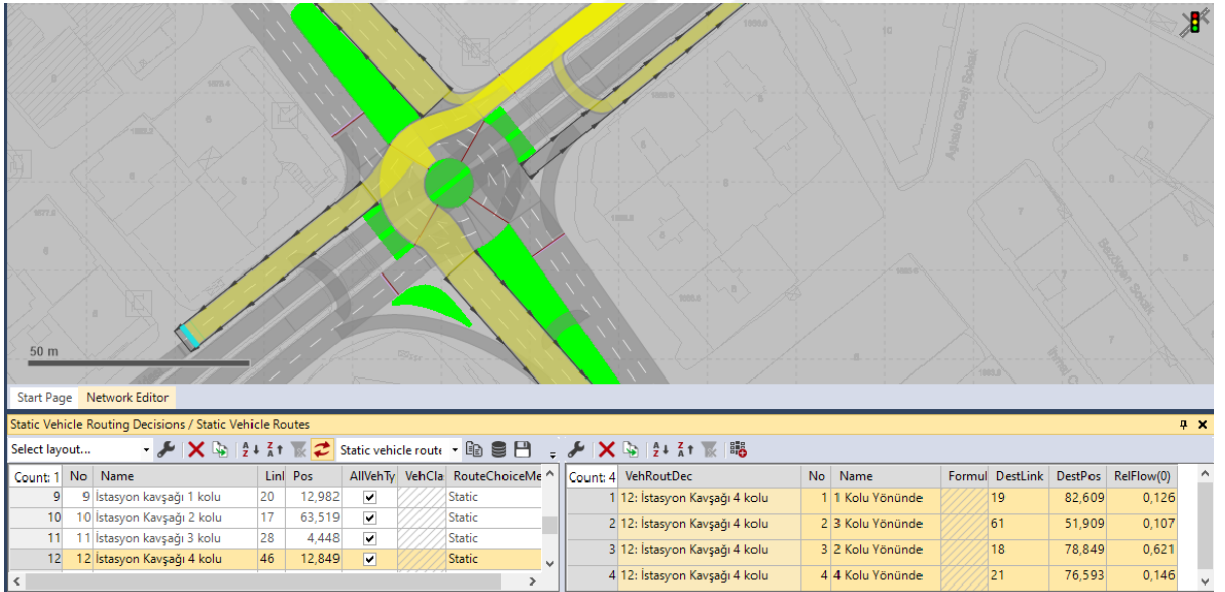
Şekil 45. İstasyon kavşağı 2 kolu araç rotaları

İstasyon kavşağının 3 koluna ait rotalar ve bu rotalara ait oranlar Şekil 46'da gösterilmiştir



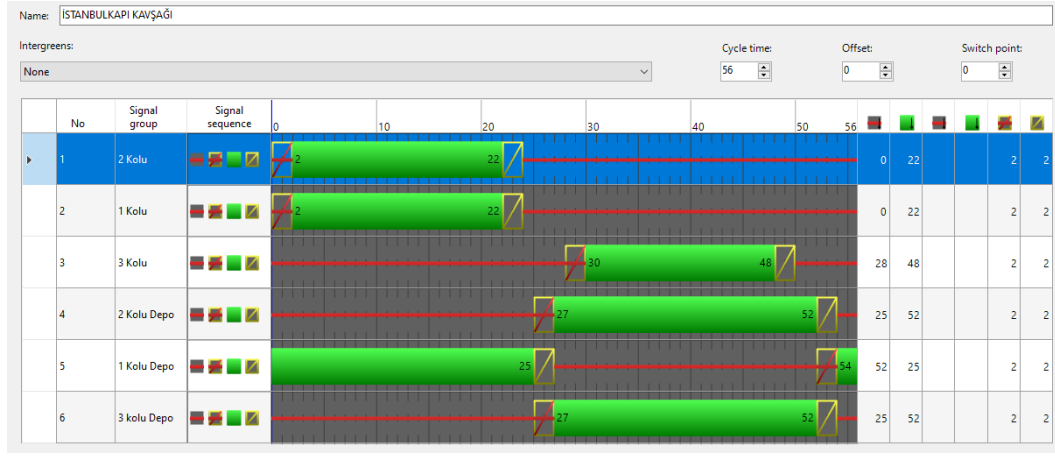
Şekil 46. İstasyon kavşağı 3 kolu araç rotaları

İstasyon kavşağının 4 koluna ait rotalar ve bu rotalara ait oranlar Şekil 47’de gösterilmiştir

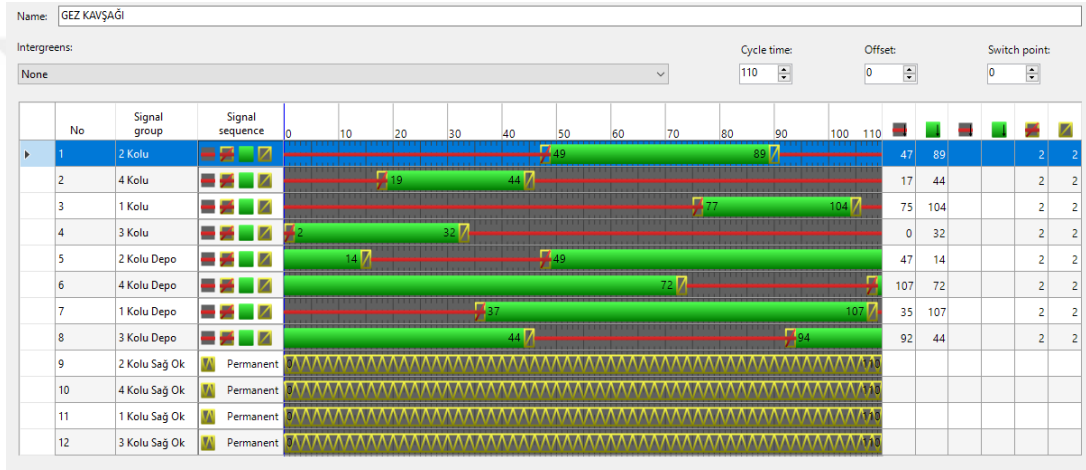


Şekil 47. İstasyon kavşağı 4 kolu araç rotaları

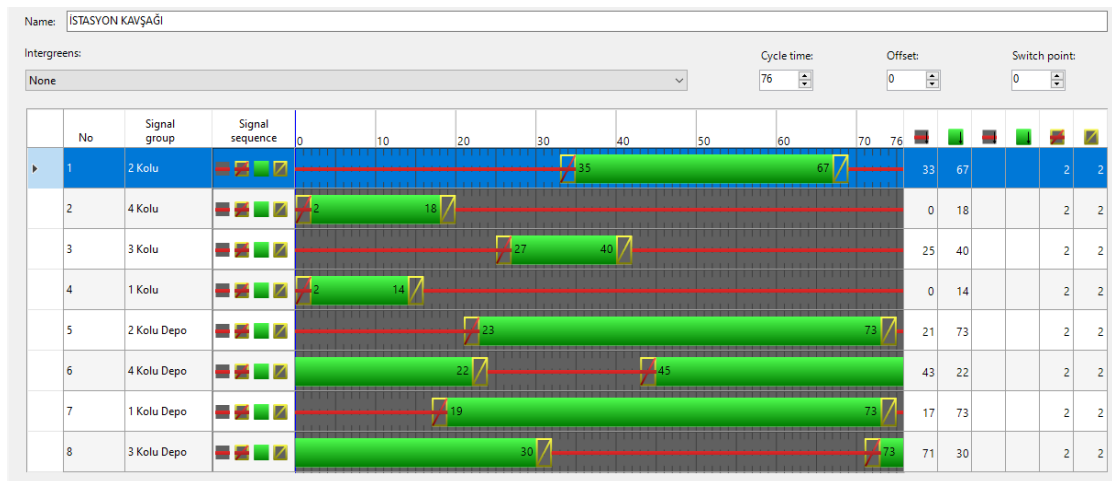
Çalışmaya konu koridor için bulunan araç hacimleri ve rotaları girildikten sonra sinyalizasyon kavşaklarının mevcut durumundaki sinyal süreleri girilmiştir. Şekil 48 - Şekil 50’de gösterilmiştir



Şekil 48. İstanbultapi kavşağı sinyal programı



Şekil 49. Gez kavşağı sinyal programı



Şekil 50. İstasyon kavşağı sinyal programı

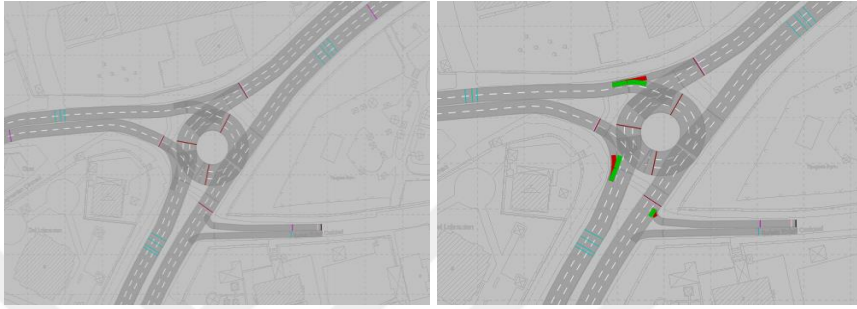
Modellenen simülasyonunun gerçek durumu gösterip göstermediğini anlamak için araziden elde edilen sayım değerleri ile simülasyon değerleri karşılaştırarak kalibrasyon yapılabilir. Kalibrasyon için taşıt hacim verileri elde edilen çalışma konusu koridorda trafik hacimleri parametre olarak kabul edilmiştir. Modellenen simülasyondan trafik hacim değerlerini almak için koridorun yol ağına ‘Data Collection Point’ kollektörü yerleştirilerek simülasyonun trafik hacim değerleri tespit edilmiştir. Simülasyon değeri, sayım değerleri ve GEH değerlendirmesi Tablo 8’de verilmiştir

Tablo 8. Simülasyon Değeri ile Sayım Değerlerinin Karşılaştırılması

Dedektör	Simülasyon Değeri	Gözlemlenen Değer	GEH	Kriter GEH<5
İstasyon 1 kolu giriş	338	335	0,16	EVET
İstasyon 1 kolu çıkış	601	628	1,09	EVET
İstasyon 2 Kolu giriş	1411	1419	0,21	EVET
İstasyon 2 Kolu çıkış	1104	1136	0,96	EVET
İstasyon 3 kolu giriş	930	968	1,23	EVET
İstasyon 3 kolu çıkış	962	987	0,8	EVET
İstasyon 4 kolu çıkış	524	533	0,39	EVET
İstasyon 4 kolu giriş	550	562	0,51	EVET
Gez 4 kolu çıkış	1784	1840	1,32	EVET
Gez 4 kolu giriş	1262	1294	0,9	EVET
Gez 1 kolu çıkış	983	998	0,48	EVET
Gez 1 kolu giriş	883	891	0,27	EVET
Gez 3 kolu çıkış	947	980	1,06	EVET
Gez 3 kolu giriş	985	1012	0,85	EVET
Gez 2 kolu çıkış	997	1035	1,19	EVET
Gez 2 kolu giriş	1640	1656	0,39	EVET
İstanbulkapı 1 kolu giriş	1129	1169	1,18	EVET
İstanbulkapı 1 kolu çıkış	1326	1356	0,82	EVET
İstanbulkapı 3 kolu çıkış	604	632	1,13	EVET
İstanbulkapı 3 kolu giriş	537	548	0,47	EVET
İstanbulkapı 2 kolu çıkış	661	682	0,81	EVET
İstanbulkapı 2 kolu giriş	867	874	0,24	EVET
İstanbulkapı 4 kolu giriş	98	100	0,2	EVET
İstanbulkapı 4 kolu çıkış	21	21	0	EVET

Simülasyon modelinde mevcut durumu modelledikten sonra gerçeği yaklaşık olarak yansıttığı kabul edilmiştir. Mevcut durum için modellenen mikrosimülasyonun modelinin gerçeği yaklaşık olarak yansıttığı kabul edilerek bu model vasıtasıyla mikrosimülasyondan mevcut durumun ve tasarlanan 13 farklı senaryonun seyahat süresi, gecikme, yakıt tüketimi, kuyruk uzunluğu ve emisyon salınımı değerleri elde edilecektir.

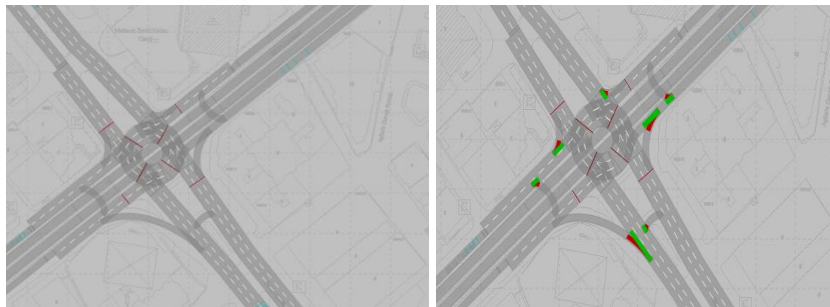
13 farklı alternatif için çözümler alınarak mevcut durumla karşılaştırılacaktır. Her bir simülasyon 20 kere tekrarlanmış ve elde edilen değerlerin ortalamaları ilgili parametre değeri olarak kabul edilmiştir.



Şekil 51. İstanbulkapı kavşağı mevcut durum



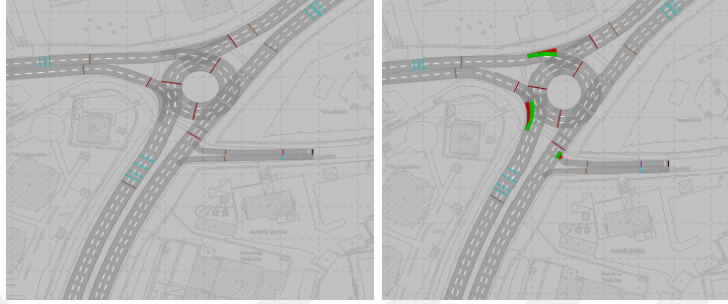
Şekil 52. Gez kavşağı mevcut durum



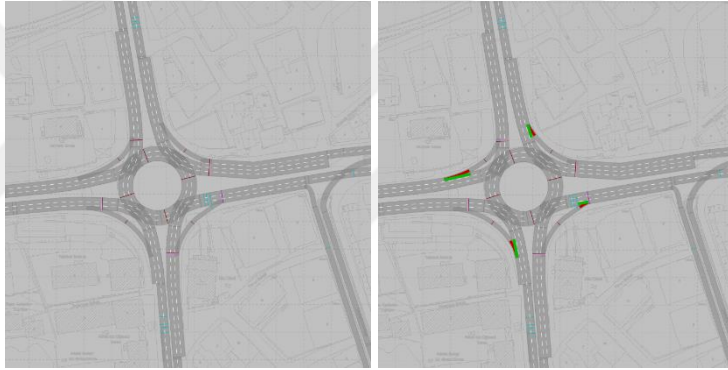
Şekil 53. İstasyon kavşağı mevcut durum



Şekil 54. Mevcut sinyalizasyonun ileriye alınması (Conflict area düzenlemesi)



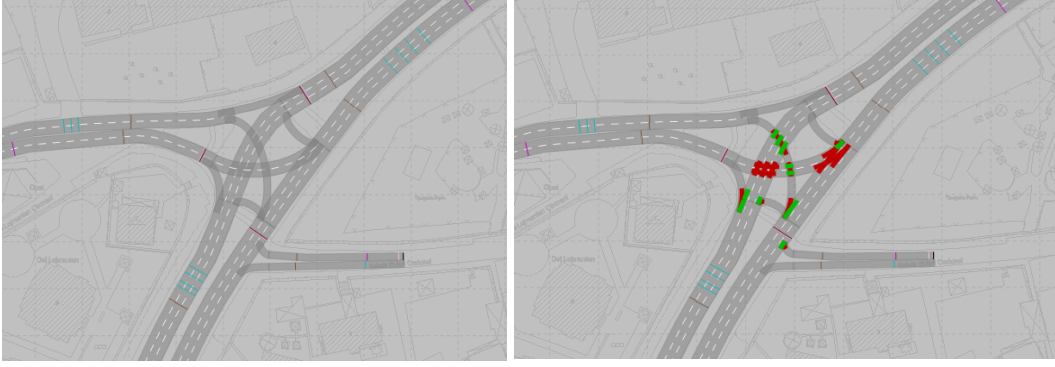
Şekil 55. İstanbulkapı kavşağı ada çapının artırılması



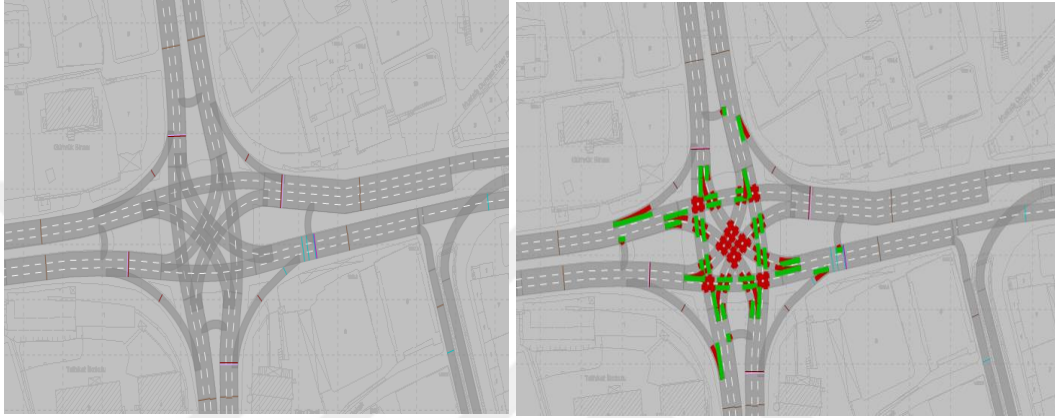
Şekil 56. Gez kavşağı ada çapının artırılması



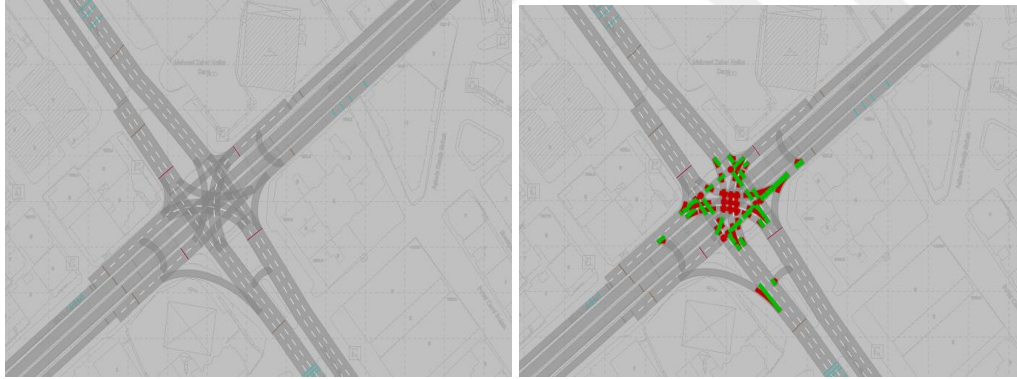
Şekil 57. İstasyon kavşağı ada çapının artırılması



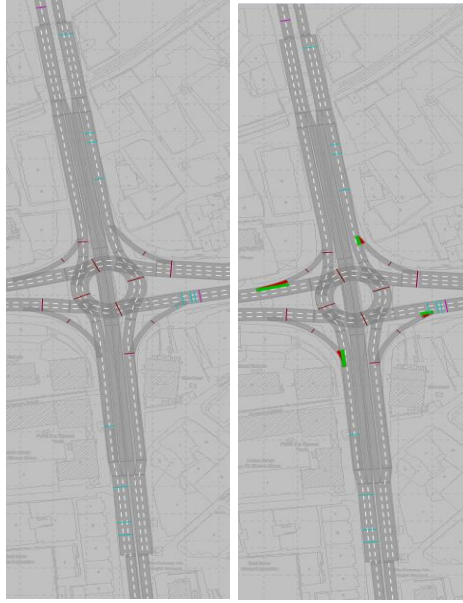
Şekil 58. İstanbulkapı kavşağı adasız tasarım



Şekil 59. Gez kavşağı adasız tasarım



Şekil 60. İstasyon kavşağı adasız tasarım

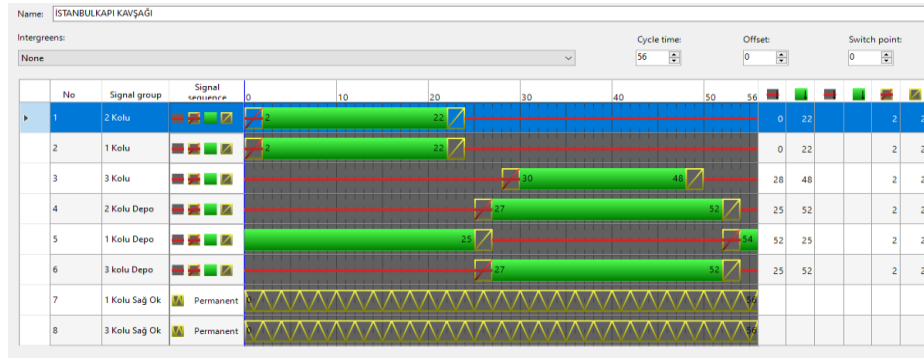


Şekil 61. Gez kavşağı kuzey-güney yönlerinde farklı seviyeli kavşak



Şekil 62. Gez kavşağı doğu-batı yönlerinde farklı seviyeli kavşak

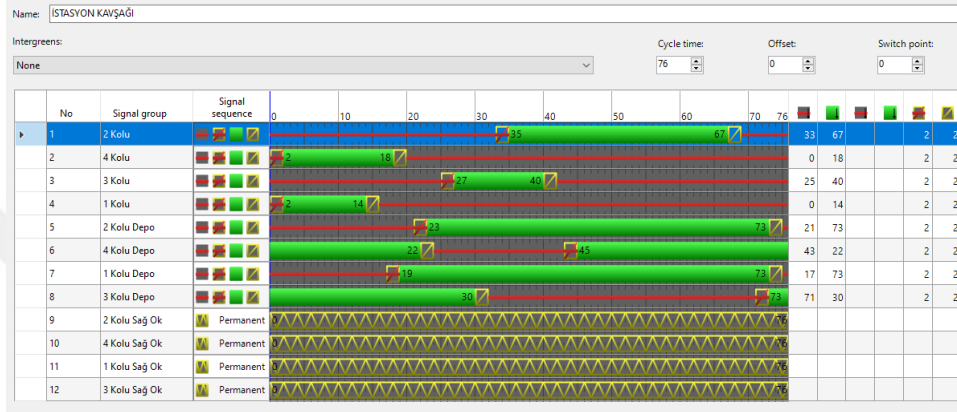
Mevcut durumdan farklı olarak tasarlanan sinyalizasyon sistemlerinin sinyal süreleri aşağıda verilmiştir.



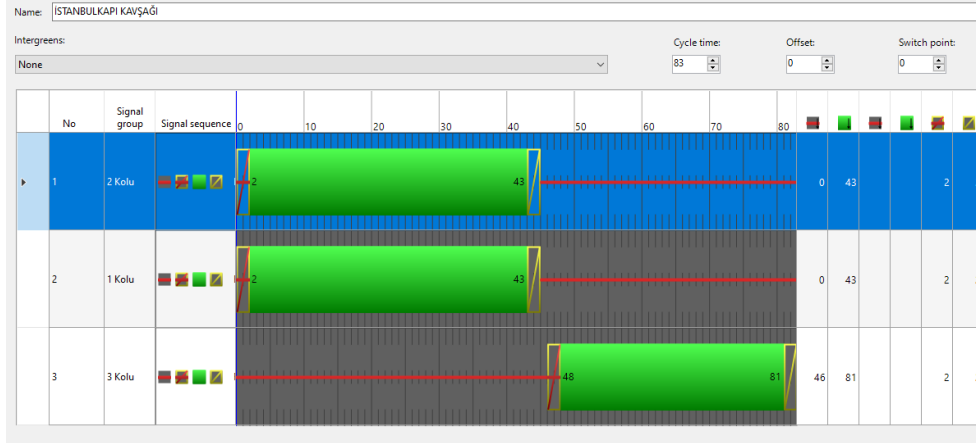
Şekil 63. İstanbulkapı kavşağı sinyalizasyonların ilerde olması durumu sinyal programı



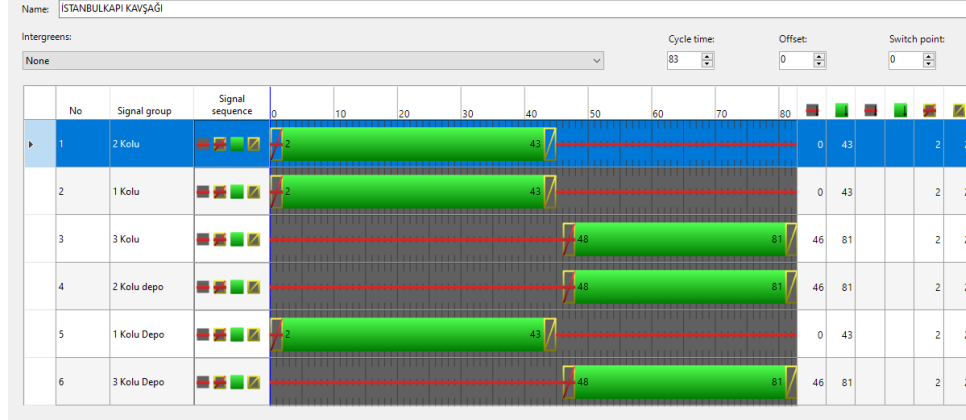
Şekil 64. Gez kavşağı sinyalizasyonların ilerde olması durumu sinyal programı



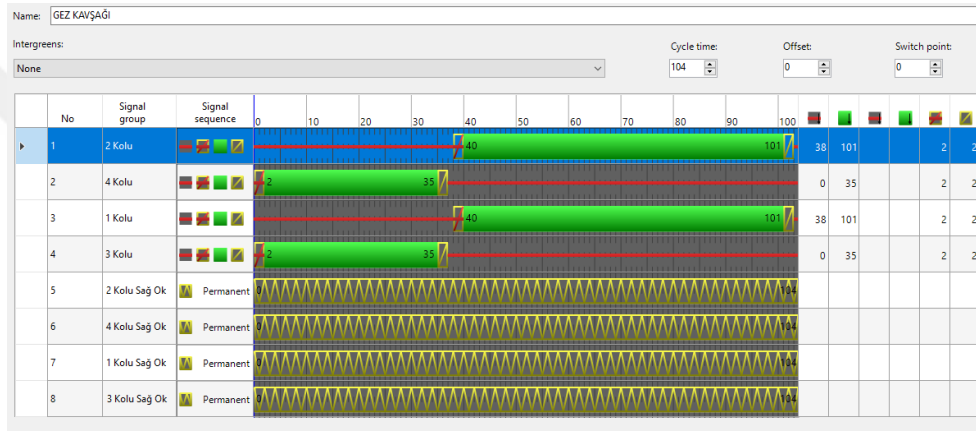
Şekil 65. İstasyon kavşağı sinyalizasyonların ilerde olması durumu sinyal programı



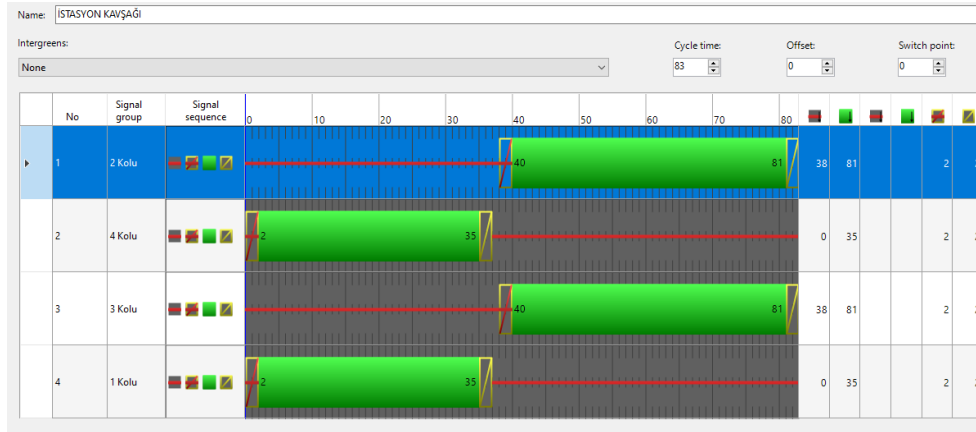
Şekil 66. İstanbultkapi kavşağı webster sinyal programı



Şekil 67. İstanbulkapı kavşağı dönel kavşak için webster sinyal programı



Şekil 68. Gez kavşağı webster sinyal programı



Şekil 69. İstasyon kavşağı webster sinyal programı

Tablo 9. Senaryolar

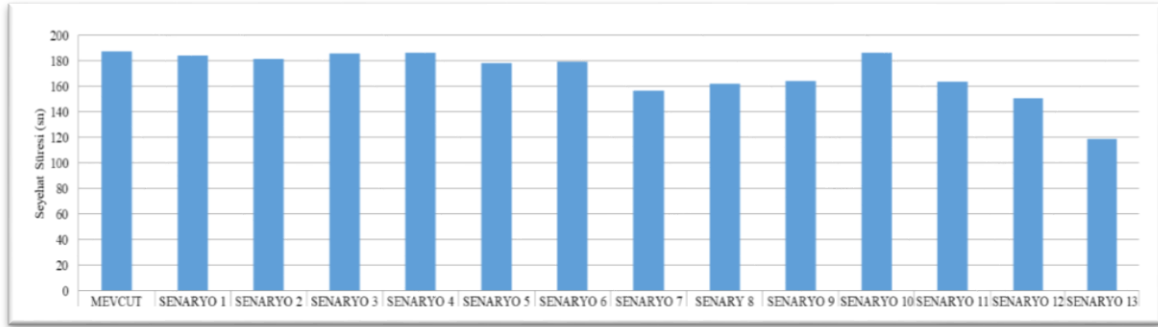
	İstanbulkapı Kavşağı	Gez Kavşağı	İstasyon Kavşağı
Mevcut	Mevcut Dönel Kavşak	Mevcut Dönel Kavşak	Mevcut Dönel Kavşak
Senaryo 1	Sinyalizasyonun ileri alınması	Sinyalizasyonun ileri alınması	Sinyalizasyonun ileri alınması
Senaryo 2	Mevcut Yarıçap Artırılması (Webster Sinyal)	Mevcut Yarıçap Artırılması	Mevcut Yarıçap Artırılması
Senaryo 3	Mevcut Dönel Kavşak	Mevcut Yarıçap Artırılması	Mevcut Dönel Kavşak
Senaryo 4	Mevcut Yarıçap Artırılması	Mevcut Yarıçap Artırılması	Mevcut Yarıçap Artırılması
Senaryo 5	Mevcut Yarıçap Artırılması (Webster Sinyal)	Adasız Kavşak (Webster Sinyal)	Mevcut Yarıçap Artırılması
Senaryo 6	Mevcut Dönel Kavşak	Adasız Kavşak (Webster Sinyal)	Mevcut Dönel Kavşak
Senaryo 7	Adasız Kavşak (Webster Sinyal)	Adasız Kavşak (Webster Sinyal)	Adasız Kavşak (Webster Sinyal)
Senaryo 8	Adasız Kavşak (Webster Sinyal)	Mevcut Dönel Kavşak	Adasız Kavşak (Webster Sinyal)
Senaryo 9	Adasız Kavşak (Webster Sinyal)	Mevcut Yarıçap Artırılması	Adasız Kavşak (Webster Sinyal)
Senaryo 10	Mevcut Dönel Kavşak	Farklı Düzeyli Kavşak (Kuzey-Güney)	Mevcut Dönel Kavşak
Senaryo 11	Adasız Kavşak (Webster Sinyal)	Farklı Düzeyli Kavşak (Kuzey-Güney)	Adasız Kavşak (Webster Sinyal)
Senaryo 12	Mevcut Dönel Kavşak	Farklı Düzeyli Kavşak (Doğu-Batı)	Mevcut Dönel Kavşak
Senaryo 13	Adasız Kavşak (Webster Sinyal)	Farklı Düzeyli Kavşak (Doğu-Batı)	Adasız Kavşak (Webster Sinyal)

Simülasyon Sonuçları

Simülasyonlar VISSIM programında ayrı ayrı modellenerek belirlenen sonuçlar elde edilmiştir. Oluşturulan senaryolar karşılaştırılmaları verilmiştir. Seyahat süresi, taşıt gecikme süresi, CO₂, NO_x, VOC emisyon değerleri, yakıt tüketimi, kuyruk uzunluğu sonuçları grafik halinde verilmiştir

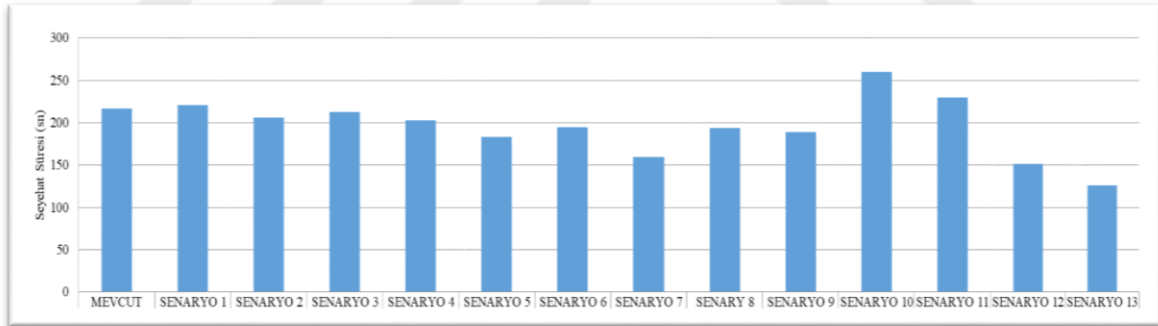
İstanbulkapı kavşağı 2 kolundan giriş yapan araçların Gez kavşağı 4 kolundan çıkış yapması durumunda ki seyahat süresi analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 13 ‘ün ‘118,92 sn’ seyahat süresi ile en iyi

alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif ‘156,79sn’ seyahat süresiyle senaryo 7 olduğu görülmüştür. Şekil 70’te Seyahat süresi değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



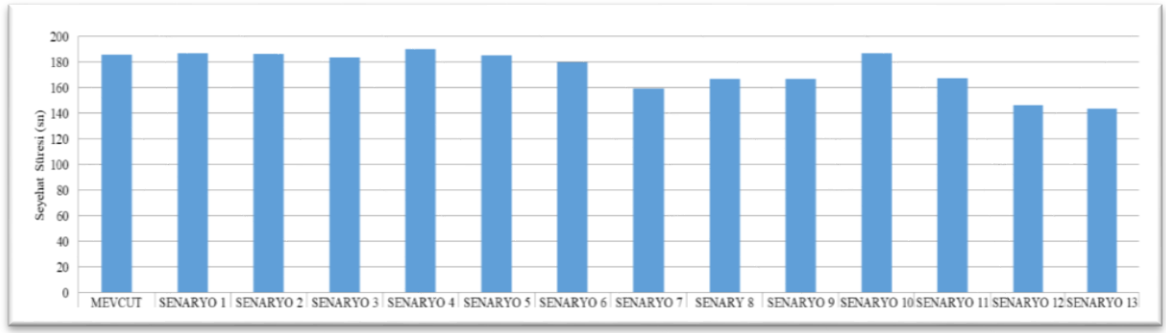
Şekil 70. Seyahat süresi (İstanbulkapı kavşağı 2 kolu giriş-Gez kavşağı 4 kolu çıkış)

İstasyon kavşağı 4 kolundan giriş yapan araçların İstanbulkapı kavşağı 2 kolundan çıkış yapması durumunda ki seyahat süresi analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 13 ‘ün 126,34 sn’ seyahat süresi ile en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif ‘159,87 sn’ seyahat süresiyle senaryo 7 olduğu görülmüştür. Şekil 71’de Seyahat süresi değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



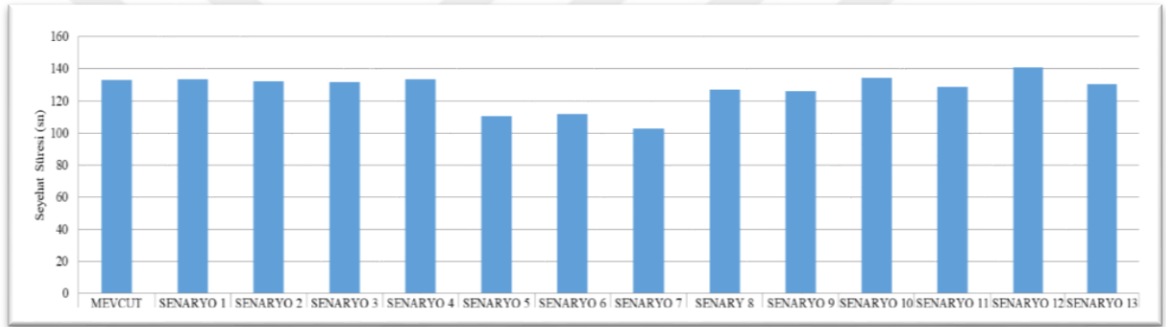
Şekil 71. Seyahat süresi (İstasyon kavşağı 4 kolu giriş-İstanbulkapı kavşağı 2 kolu çıkış)

İstanbulkapı kavşağı 3 kolundan giriş yapan araçların İstasyon kavşağı 4 kolundan çıkış yapması durumunda ki seyahat süresi analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 13 ‘ün ‘143,72 sn’ seyahat süresi ile en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif ‘159,11 sn’ seyahat süresiyle senaryo 7 olduğu görülmüştür. Şekil 72’de Seyahat süresi değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



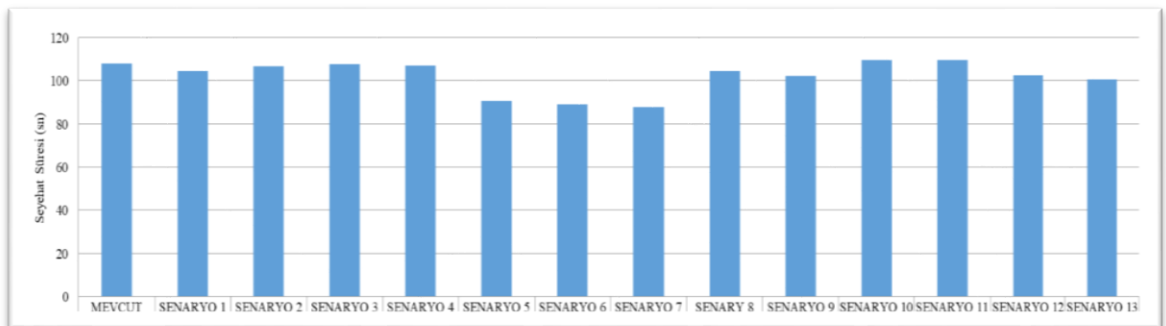
Şekil 72. Seyahat süresi (İstanbulkapı kavşağı 3 kolu giriş- İstasyon kavşağı 4 kolu çıkış)

Gez kavşağı 1 kolundan giriş yapan araçların İstasyon kavşağı 2 kolundan çıkış yapması durumunda ki seyahat süresi analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre en iyi alternatif ‘102,85 sn’ seyahat süresiyle senaryo 7 olduğu görülmüştür. Şekil 73’te Seyahat süresi değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



Şekil 73. Seyahat süresi (Gez kavşağı 1 kolu giriş – İstasyon kavşağı 2 kolu çıkış)

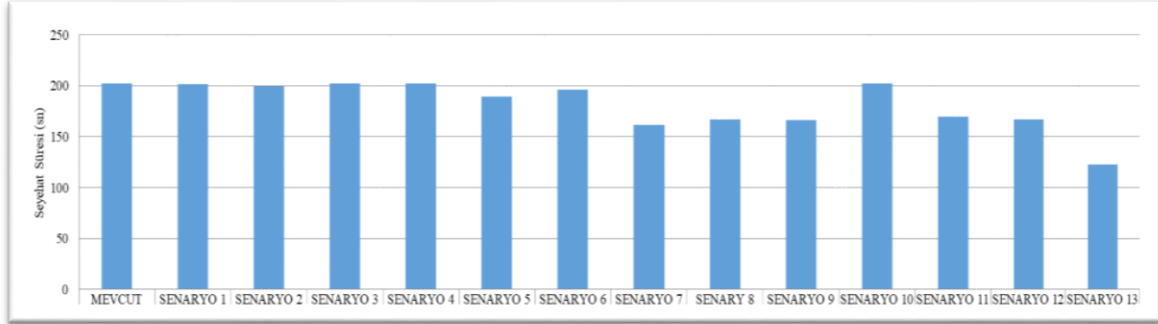
Gez kavşağı 1 kolundan giriş yapan araçların İstanbulkapı kavşağı 2 kolundan çıkış yapması durumunda ki seyahat süresi analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre en iyi alternatif ‘87,80 sn’ seyahat süresiyle senaryo 7 olduğu görülmüştür. Şekil 74’te Seyahat süresi değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



Şekil 74. Seyahat süresi (Gez kavşağı 1 kolu giriş- İstanbulkapı kavşağı 2 kolu çıkış)

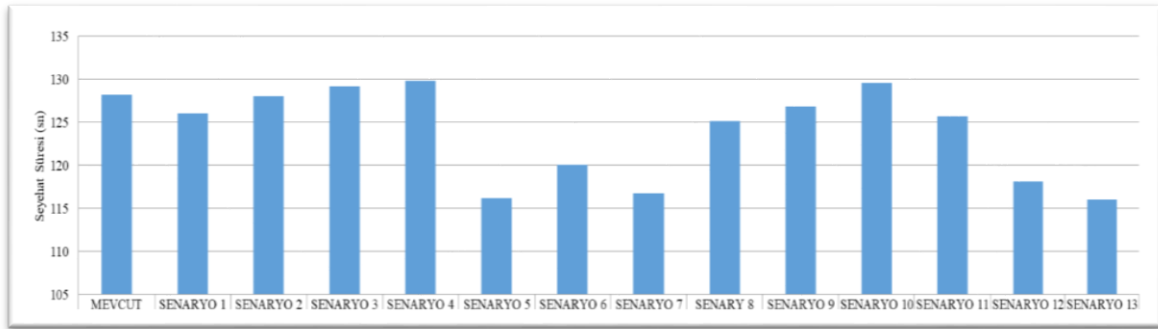
İstanbulkapı kavşağı 2 kolundan giriş yapan araçların İstasyon kavşağı 1 kolundan çıkış yapması durumunda ki seyahat süresi analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma

göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 13 'ün '122,54 sn' seyahat süresi ile en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif '161,57 sn' seyahat süresiyle senaryo 7 olduğu görülmüştür. Şekil 75'te Seyahat süresi değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



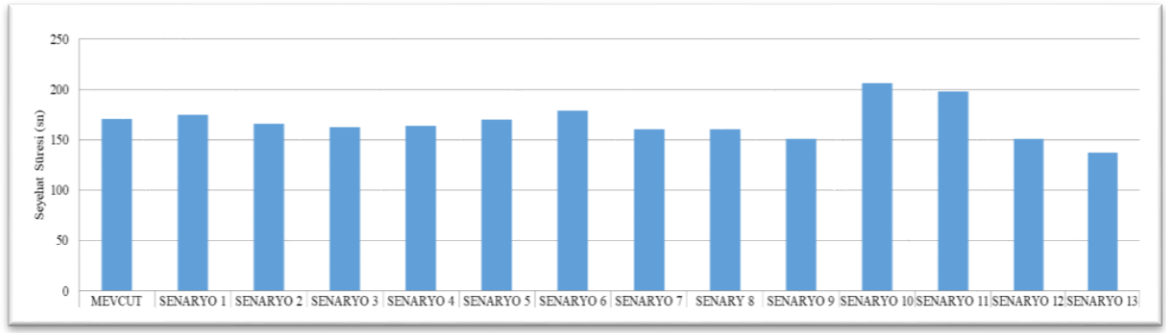
Şekil 75. Seyahat süresi (İstanbulkapı 2 kolu giriş – İstasyon 1 kolu çıkış)

İstanbulkapı kavşağı 2 kolundan giriş yapan araçların Gez kavşağı 1 kolundan çıkış yapması durumunda ki seyahat süresi analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 13 'ün '116,06 sn' seyahat süresi ile en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif '116,21 sn' seyahat süresiyle senaryo 5 olduğu görülmüştür. Şekil 76'da Seyahat süresi değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



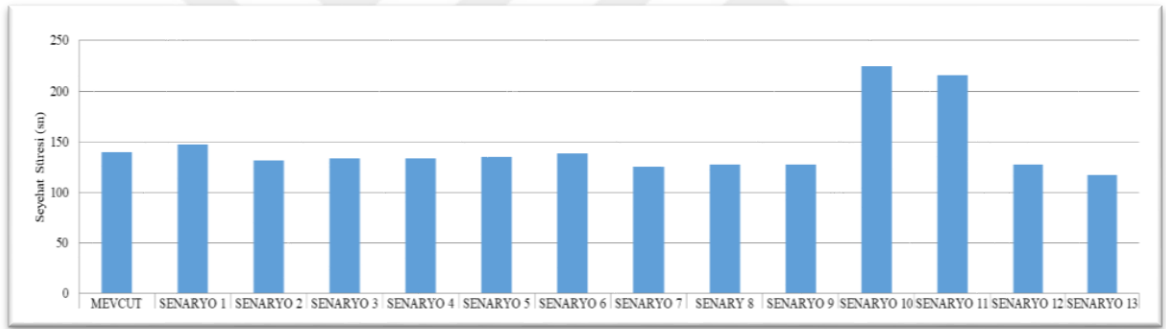
Şekil 76. Seyahat süresi (İstanbulkapı kavşağı 2 kolu giriş – Gez kavşağı 1 kolu çıkış)

İstasyon kavşağı 1 kolundan giriş yapan araçların Gez kavşağı 2 kolundan çıkış yapması durumunda ki seyahat süresi analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 13 'ün '137,05 sn' seyahat süresi ile en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif '150,55sn' seyahat süresiyle senaryo 9 olduğu görülmüştür. Şekil 77'de Seyahat süresi değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



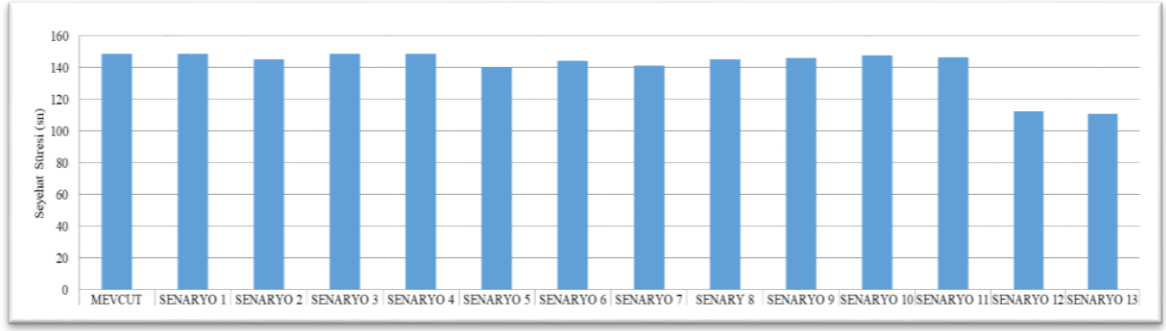
Şekil 77. Seyahat Süresi (İstasyon kavşağı 1 kolu giriş – Gez kavşağı 2 kolu çıkış)

İstasyon kavşağı 2 kolundan giriş yapan araçların Gez kavşağı 1 kolundan çıkış yapması durumunda ki seyahat süresi analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 13'ün '117,64 sn' seyahat süresi ile en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif '125,44 sn' seyahat süresiyle senaryo 7 olduğu görülmüştür. Şekil 78'de Seyahat süresi değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



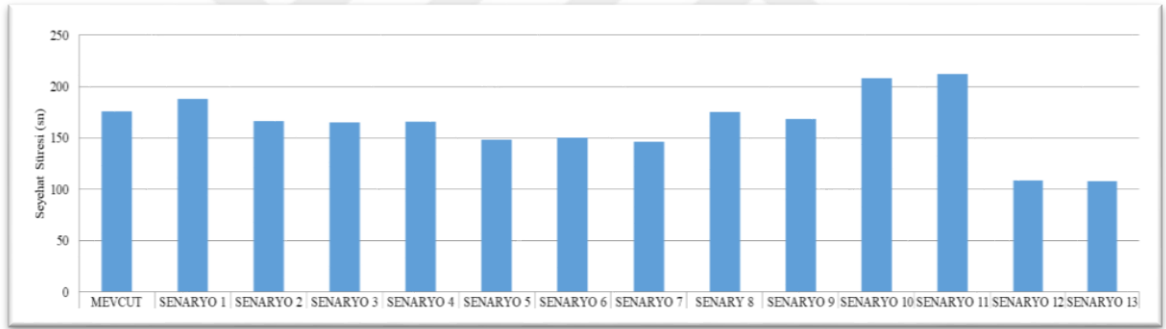
Şekil 78. Seyahat süresi (İstasyon kavşağı 2 kolu giriş – Gez kavşağı 1 kolu çıkış)

İstanbulkapı kavşağı 2 kolundan giriş yapan araçların İstasyon kavşağı 4 kolu alt geçitten çıkış yapması durumunda ki seyahat süresi analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 13'ün '110,97 sn' seyahat süresi ile en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif '140,35 sn' seyahat süresiyle senaryo 5 olduğu görülmüştür. Şekil 79'da seyahat süresi değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



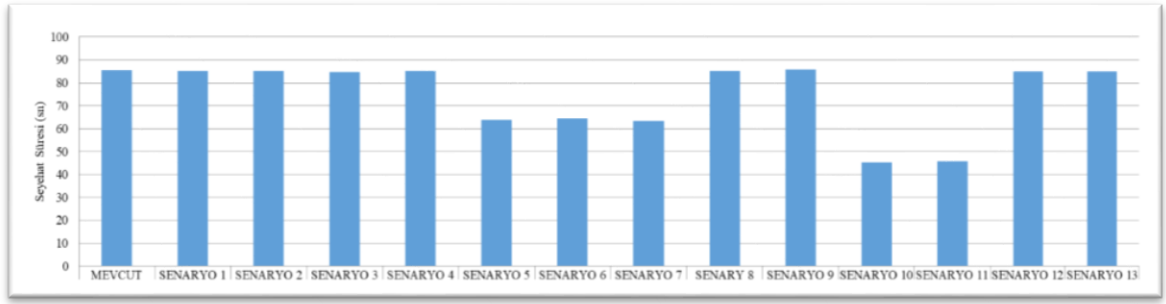
Şekil 79. Seyahat süresi (İstanbulkapı kavşağı 2 kolu gir.-İstasyon kavşağı 4 kolu alt geçit çıkış)

İstasyon kavşağı 4 kolu alt geçitten giriş yapan araçların İstanbulkapı kavşağı 2 kolundan çıkış yapması durumunda ki seyahat süresi analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 13'ün '107,71 sn' seyahat süresi ile en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif '146,58 sn' seyahat süresiyle senaryo 7 olduğu görülmüştür. Şekil 80'de seyahat süresi değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



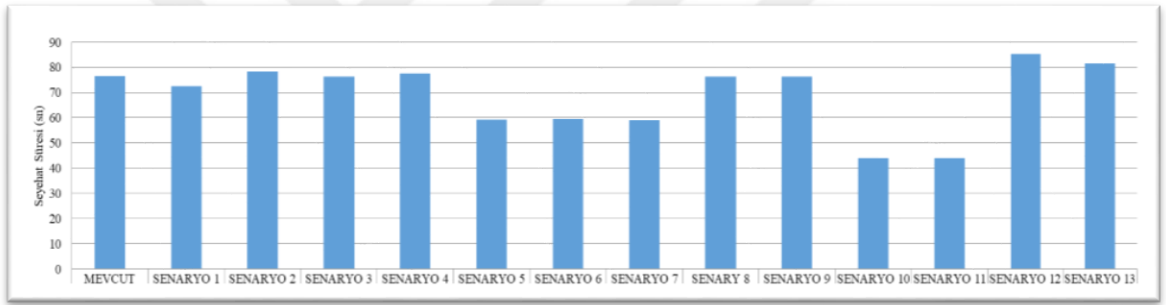
Şekil 80. Seyahat Süresi (İstasyon kavşağı 4 kolu alt geçit giriş-İstanbulkapı kavşağı 2 kolu çıkış)

Gez kavşağı 1 kolundan giriş yapan araçların Gez kavşağı 2 kolundan çıkış yapması durumunda ki seyahat süresi analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 10'un '45,32 sn' seyahat süresi ile en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif '63,33 sn' seyahat süresiyle senaryo 7 olduğu görülmüştür. Şekil 81'de seyahat süresi değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



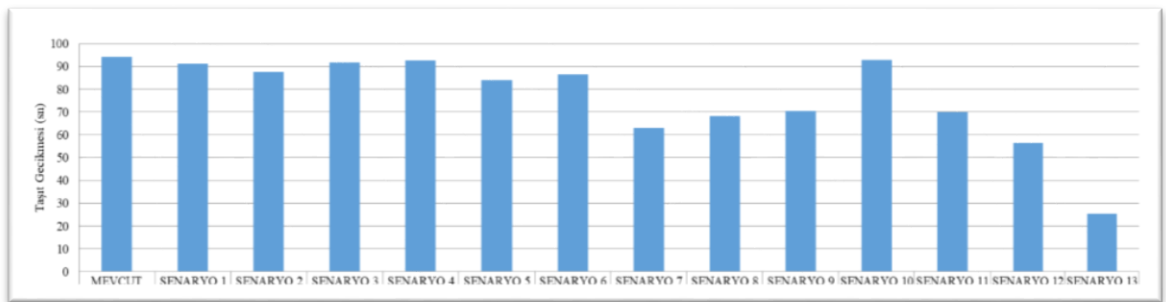
Şekil 81. Seyahat süresi (Gez kavşağı 1 kolu giriş – Gez kavşağı 2 kolu çıkış)

Gez kavşağı 2 kolundan giriş yapan araçların Gez kavşağı 1 kolundan çıkış yapması durumunda ki seyahat süresi analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 10'un '44,05 sn' seyahat süresi ile en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif '58,98 sn' seyahat süresiyle senaryo 7 olduğu görülmüştür. Şekil 82'de seyahat süresi değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



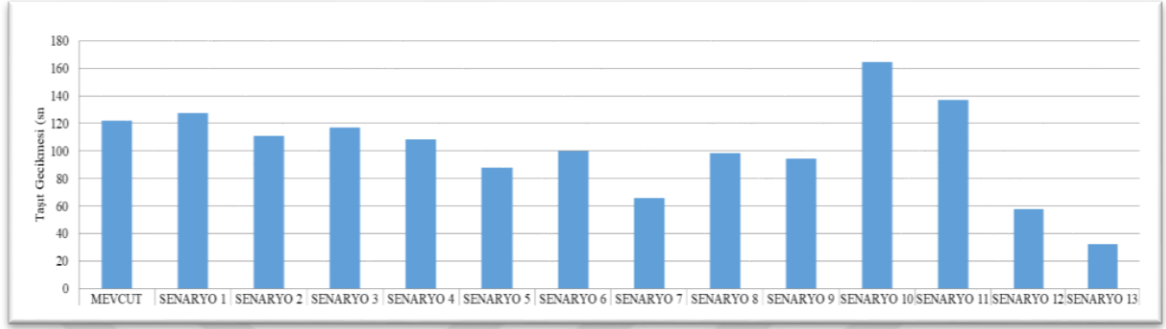
Şekil 82. Seyahat süresi (Gez kavşağı 2 kolu giriş – Gez kavşağı 1 kolu çıkış)

İstanbulkapı kavşağı 2 kolundan giriş yapan araçların İstasyon kavşağı 4 kolundan çıkış yapması durumunda ki taşıt gecikmesi süresi analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 13'ün '25,40 sn' taşıt gecikmesi süresi ile en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif '62,84 sn' durma gecikme süresiyle senaryo 7 olduğu görülmüştür. Şekil 83'te taşıt gecikmesi süresi değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



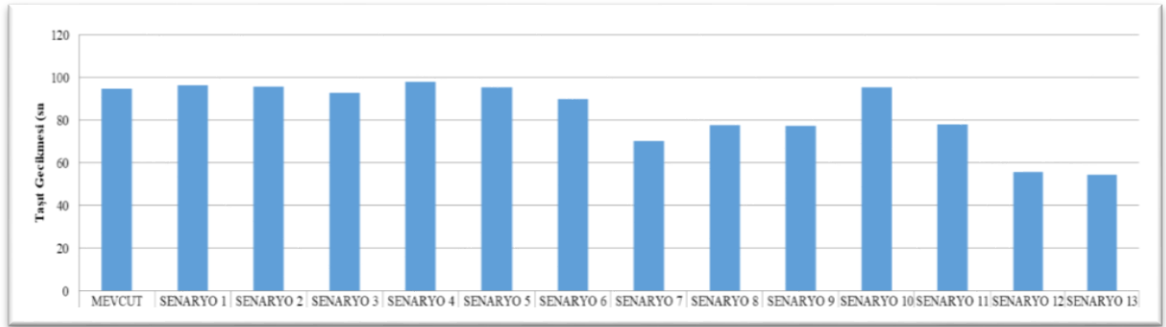
Şekil 83. Taşıt gecikmesi (İstanbulkapı kavşağı 2 kolu giriş – İstasyon kavşağı 4 kolu çıkış)

İstasyon kavşağı 4 kolundan giriş yapan araçların İstanbulkapı kavşağı 2 kolundan çıkış yapması durumunda ki taşıt gecikmesi süresi analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 13'ün '32,31 sn' taşıt gecikmesi süresi ile en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif '65,75 sn' durma gecikme süresiyle senaryo 7 olduğu görülmüştür. Şekil 84'te taşıt gecikmesi süresi değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



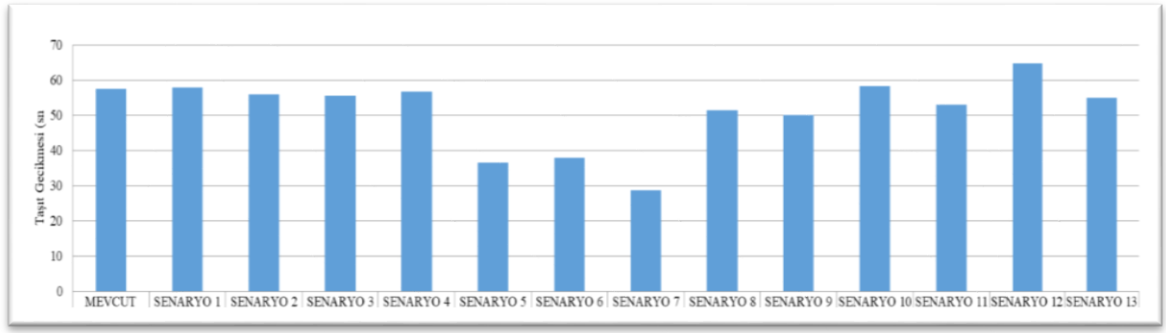
Şekil 84. Taşıt gecikmesi (İstasyon kavşağı 4 kolu giriş – İstanbulkapı kavşağı 2 kolu çıkış)

İstanbulkapı kavşağı 3 kolundan giriş yapan araçların İstasyon kavşağı 4 kolundan çıkış yapması durumunda ki taşıt gecikmesi süresi analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 13'ün '54,28 sn' taşıt gecikmesi süresi ile en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif '70,10 sn' durma gecikme süresiyle senaryo 7 olduğu görülmüştür. Şekil 85'te taşıt gecikmesi süresi değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



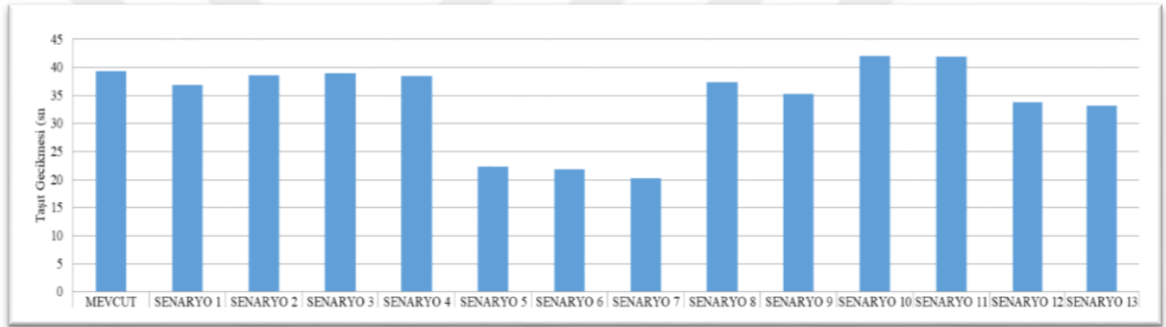
Şekil 85. Taşıt gecikmesi (İstanbulkapı kavşağı 3 kolu giriş – İstasyon kavşağı 4 kolu çıkış)

Gez kavşağı 1 kolundan giriş yapan araçların İstasyon kavşağı 2 kolundan çıkış yapması durumunda ki taşıt gecikmesi süresi analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre en iyi alternatif '28,77 sn' durma gecikme süresiyle senaryo 7 olduğu görülmüştür. Şekil 86'da taşıt gecikmesi süresi değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



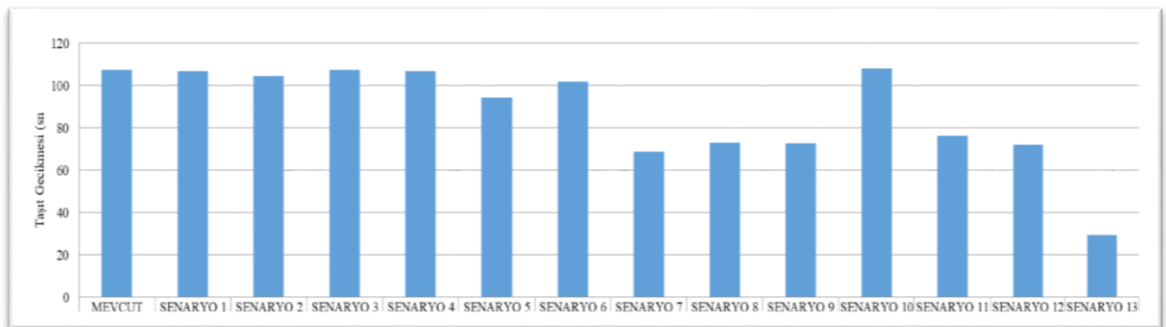
Şekil 86. Taşıt gecikmesi (Gez kavşağı 1 kolu giriş – İstasyon kavşağı 2 kolu çıkış)

Gez kavşağı 1 kolundan giriş yapan araçların İstanbulkapı kavşağı 2 kolundan çıkış yapması durumunda ki taşıt gecikmesi süresi analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre en iyi alternatif ‘20,22 sn’ durma gecikme süresiyle senaryo 7 olduğu görülmüştür. Şekil 87’de taşıt gecikmesi süresi değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



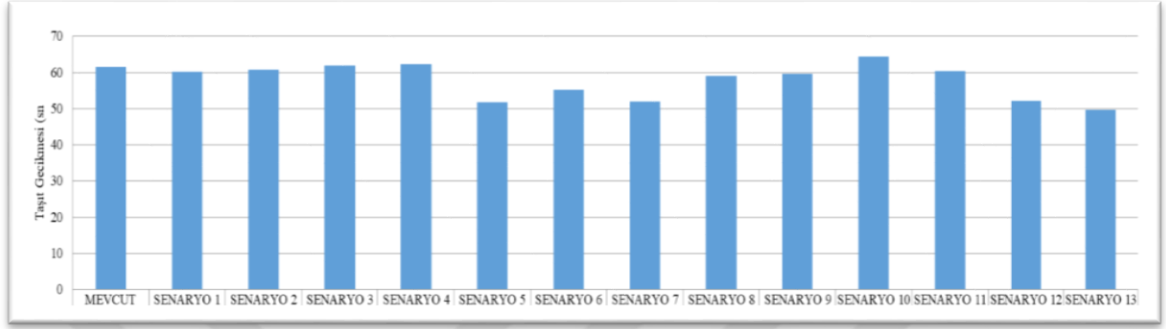
Şekil 87. Taşıt gecikmesi (Gez kavşağı 1 kolu giriş – İstanbulkapı kavşağı 2 kolu çıkış)

İstanbulkapı kavşağı 2 kolundan giriş yapan araçların İstasyon kavşağı 1 kolundan çıkış yapması durumunda ki taşıt gecikmesi süresi analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 13’ün ‘29,43 sn’ taşıt gecikmesi süresi ile en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif ‘68,63 sn’ durma gecikme süresiyle senaryo 7 olduğu görülmüştür. Şekil 88’de taşıt gecikmesi süresi değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



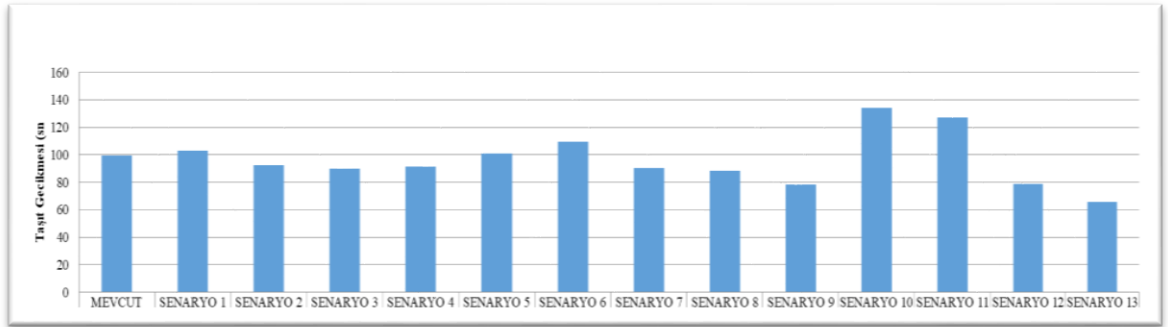
Şekil 88. Taşıt gecikmesi (İstanbulkapı kavşağı 2 kolu giriş–İstasyon kavşağı 1 kolu çıkış)

İstanbulkapı kavşağı 2 kolundan giriş yapan araçların Gez kavşağı 1 kolundan çıkış yapması durumunda ki taşıt gecikmesi süresi analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 13'ün '49,66 sn' taşıt gecikmesi süresi ile en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif '51,97 sn' durma gecikme süresiyle senaryo 7 olduğu görülmüştür. Şekil 89'da taşıt gecikmesi süresi değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



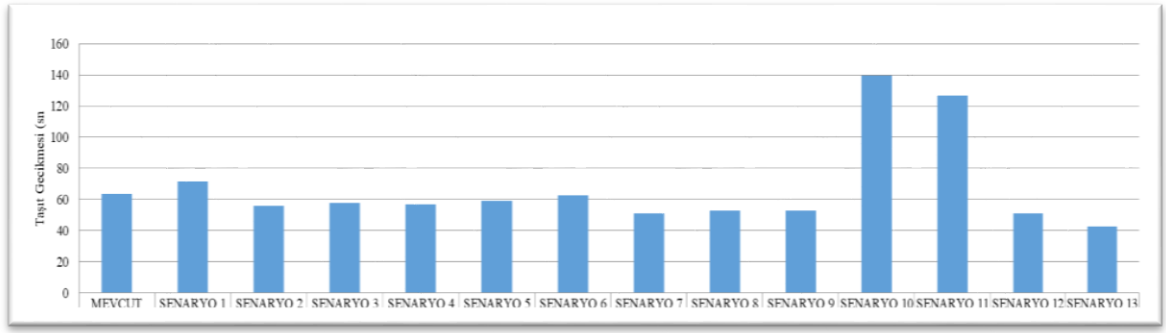
Şekil 89. Taşıt gecikmesi (İstanbulkapı kavşağı 2 kolu giriş – Gez kavşağı 1 kolu çıkış)

İstasyon kavşağı 1 kolundan giriş yapan araçların Gez kavşağı 2 kolundan çıkış yapması durumunda ki taşıt gecikmesi süresi analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 13'ün '65,83 sn' taşıt gecikmesi süresi ile en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif '78,11 sn' durma gecikme süresiyle senaryo 9 olduğu görülmüştür. Şekil 90'da taşıt gecikmesi süresi değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



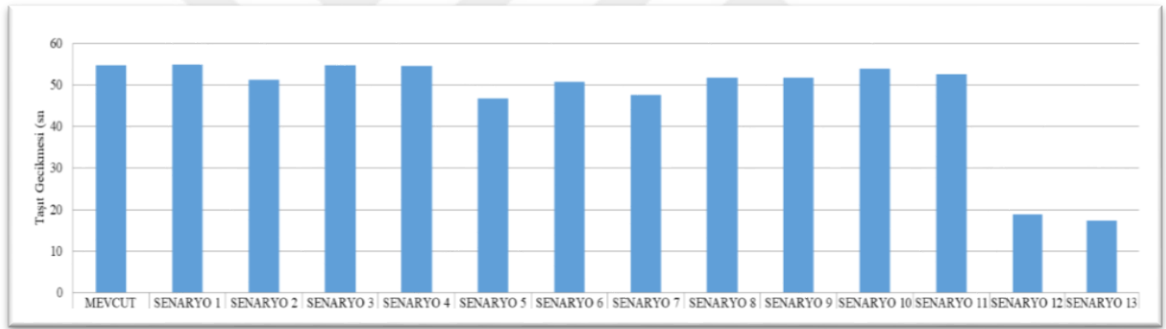
Şekil 90. Taşıt gecikmesi (İstasyon kavşağı 1 kolu giriş – Gez kavşağı 2 kolu çıkış)

İstasyon kavşağı 2 kolundan giriş yapan araçların Gez kavşağı 1 kolundan çıkış yapması durumunda ki taşıt gecikmesi süresi analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 13'ün '42,36 sn' taşıt gecikmesi süresi ile en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif '51,08 sn' durma gecikme süresiyle senaryo 7 olduğu görülmüştür. Şekil 91'de taşıt gecikmesi süresi değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



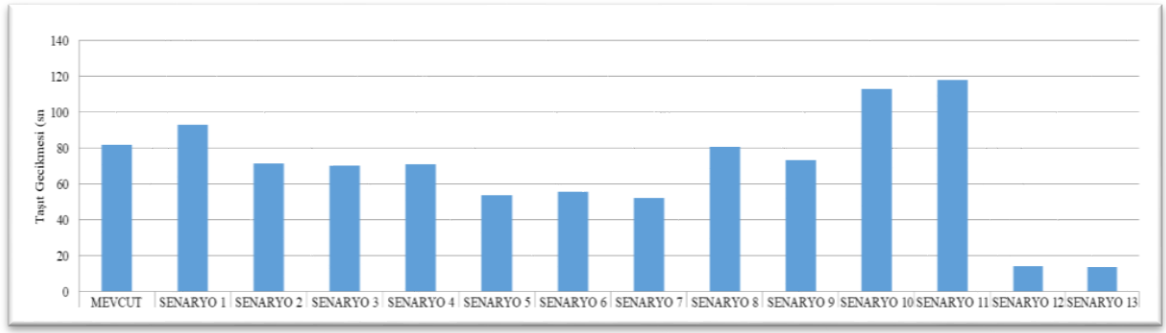
Şekil 91. Taşıt gecikmesi (İstasyon kavşağı 2 kolu giriş – Gez kavşağı 1 kolu çıkış)

İstanbulkapı kavşağı 2 kolundan giriş yapan araçların İstasyon kavşağı 4 kolu alt geçit çıkış yapması durumunda ki taşıt gecikmesi süresi analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 13’ün ‘17,44 sn’ taşıt gecikmesi süresi ile en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif ‘46,78 sn’ durma gecikme süresiyle senaryo 5 olduğu görülmüştür. Şekil 92’de taşıt gecikmesi süresi değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



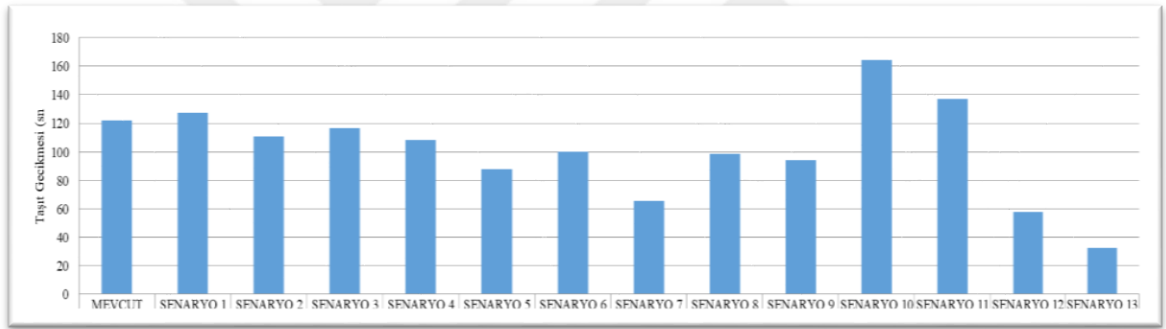
Şekil 92. Taşıt geçit (İstanbulkapı kavşağı 2 kolu giriş–İstasyon kavşağı 4 kolu alt geçit çıkış)

İstasyon kavşağı 4 kolu alt geçit giriş yapan araçların İstanbulkapı kavşağı 2 kolundan çıkış yapması durumunda ki taşıt gecikmesi süresi analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 13’ün ‘13,67 sn’ taşıt gecikmesi süresi ile en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif ‘52,37 sn’ durma gecikme süresiyle senaryo 7 olduğu görülmüştür. Şekil 93’te taşıt gecikmesi süresi değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



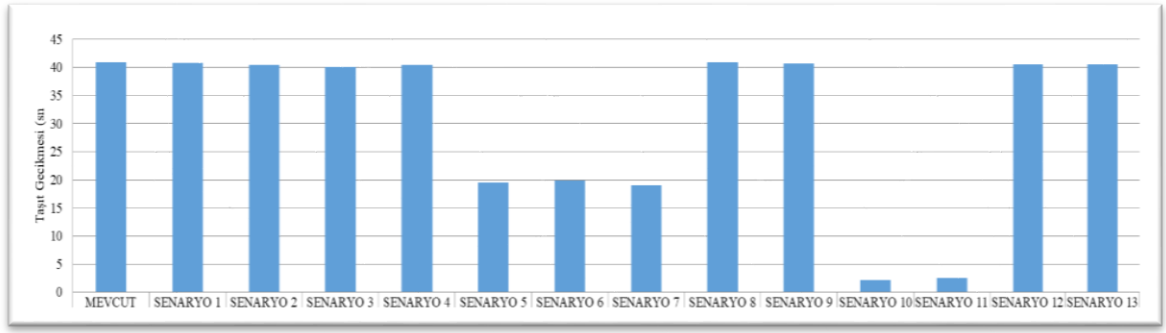
Şekil 93. Taşıt geçit (İstasyon kavşağı 4 kolu alt geçit giriş–İstanbulkapı kavşağı 2 kolu çıkış)

İstasyon kavşağı 4 kolundan giriş yapan araçların İstanbulkapı kavşağı 2 kolundan çıkış yapması durumunda ki taşıt gecikmesi süresi analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 13’ün ‘32,31 sn’ taşıt gecikmesi süresi ile en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif ‘65,75 sn’ durma gecikme süresiyle senaryo 7 olduğu görülmüştür. Şekil 94’te taşıt gecikmesi süresi değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



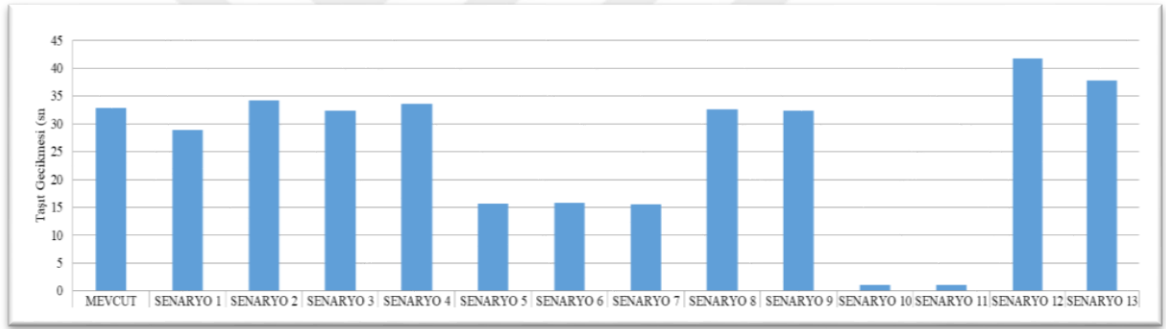
Şekil 94. Taşıt gecikmesi (İstasyon kavşağı 4 kolu giriş–İstanbulkapı kavşağı 2 kolu çıkış)

Gez kavşağı 1 kolundan giriş yapan araçların Gez kavşağı 2 kolundan çıkış yapması durumunda ki taşıt gecikmesi süresi analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 10’un ‘2,13 sn’ taşıt gecikmesi süresi ile en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif ‘19,05 sn’ durma gecikme süresiyle senaryo 7 olduğu görülmüştür. Şekil 95’te taşıt gecikmesi süresi değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



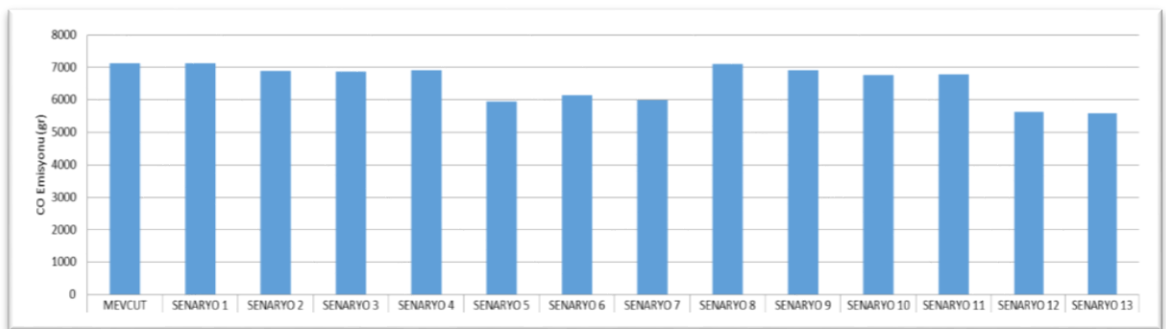
Şekil 95. Taşıt gecikmesi (Gez kavşağı 1 kolu giriş – Gez kavşağı 2 kolu çıkış)

Gez kavşağı 2 kolundan giriş yapan araçların İstasyon kavşağı 1 kolundan çıkış yapması durumunda ki taşıt gecikmesi süresi analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 10 ve Senaryo 11’in ‘1,09 sn’ taşıt gecikmesi süresi ile en iyi alternatifler olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif ‘15,53 sn’ durma gecikme süresiyle senaryo 7 olduğu görülmüştür. Şekil 96’da taşıt gecikmesi süresi değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



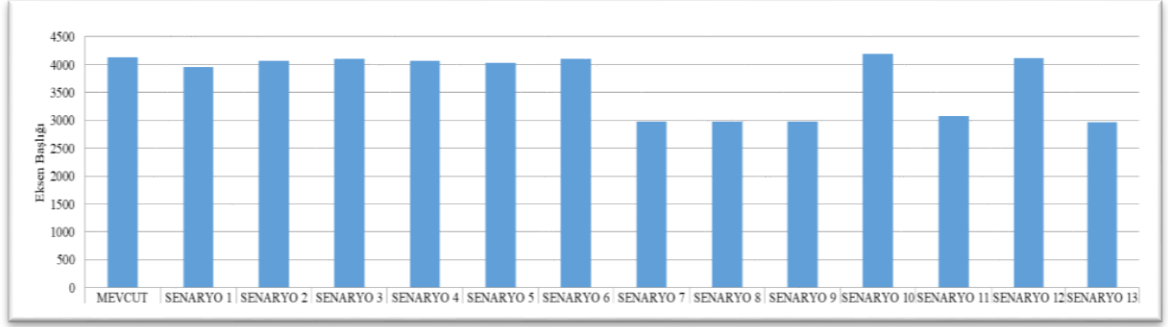
Şekil 96. Taşıt gecikmesi (Gez kavşağı 2 kolu giriş- İstasyon kavşağı 1 kolu çıkış)

Gez kavşağında ki CO Emisyonu analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 13’ün ‘5591,11 gr’ CO emisyon değeriyle en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif ‘5959,91 gr’ CO emisyon değeriyle senaryo 5 olduğu görülmüştür. Şekil 97’de CO emisyon değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



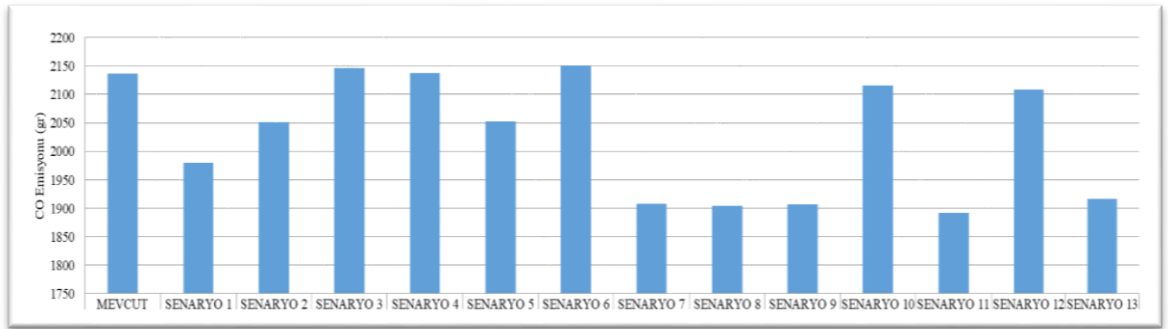
Şekil 97. CO emisyonu (Gez kavşağı)

İstasyon kavşağında ki CO Emisyonu analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 13'ün '2964,90 gr' CO emisyon değeriyle ile en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif '2975,38 gr' CO emisyon değeriyle senaryo 7 olduğu görülmüştür. Şekil 98'de CO emisyon değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



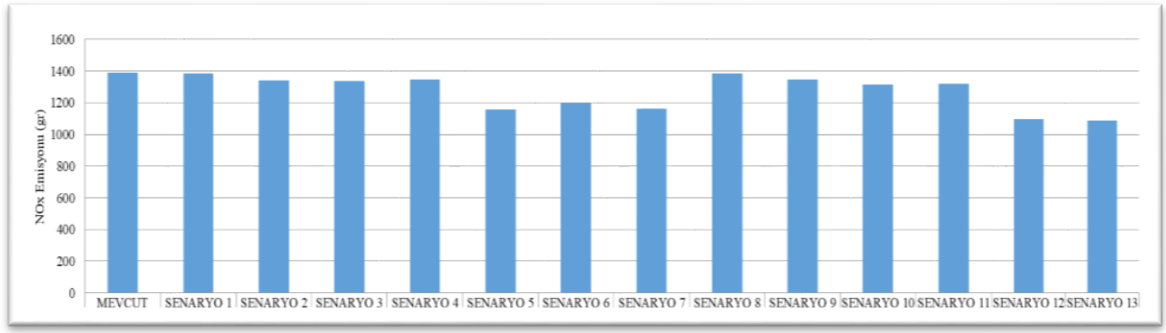
Şekil 98. CO emisyonu (İstasyon kavşağı)

İstanbulkapı kavşağında ki CO Emisyonu analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 11'in '1892,20 gr' CO emisyon değeriyle ile en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif '1904,46 gr' CO emisyon değeriyle senaryo 8 olduğu görülmüştür. Şekil 99'da CO emisyon değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



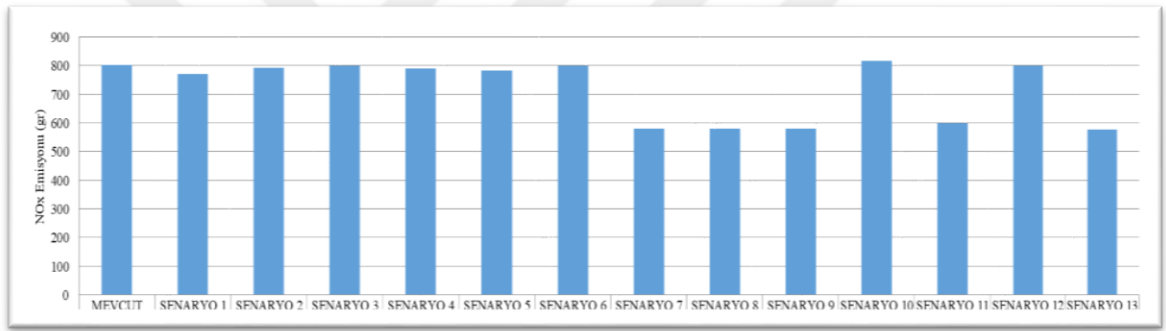
Şekil 99. CO emisyonu (İstanbulkapı kavşağı)

Gez kavşağında ki NO_x Emisyonu analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 13'ün '1087,83 gr' NO_x emisyon değeriyle ile en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif '1159,58 gr' NO_x emisyon değeriyle senaryo 5 olduğu görülmüştür. Şekil 100'de NO_x emisyon değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



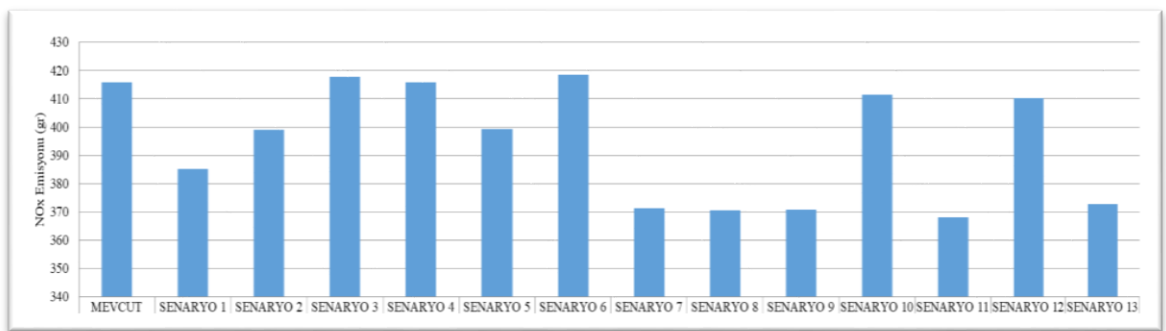
Şekil 100. NO_x emisyonu (Gez kavşağı)

İstasyon kavşağında ki NO_x Emisyonu analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo13'ün '576,86 gr' NO_x emisyon değeriyle ile en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif '578,90 gr' NO_x emisyon değeriyle senaryo 7 olduğu görülmüştür. Şekil 101'de NO_x emisyon değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



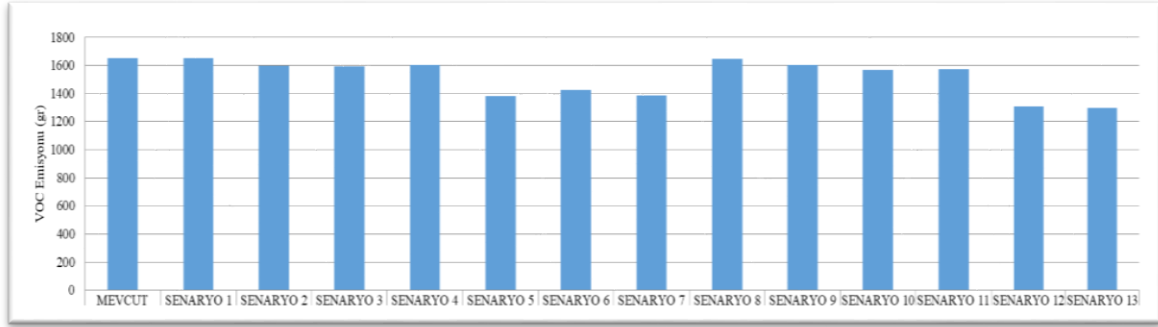
Şekil 101. NO_x emisyonu (İstasyon kavşağı)

İstanbulkapı kavşağında ki NO_x Emisyonu analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 11'in '368,15 gr' NO_x emisyon değeriyle ile en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif '370,54 gr' CO emisyon değeriyle senaryo 8 olduğu görülmüştür. Şekil 102'de NO_x emisyon değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



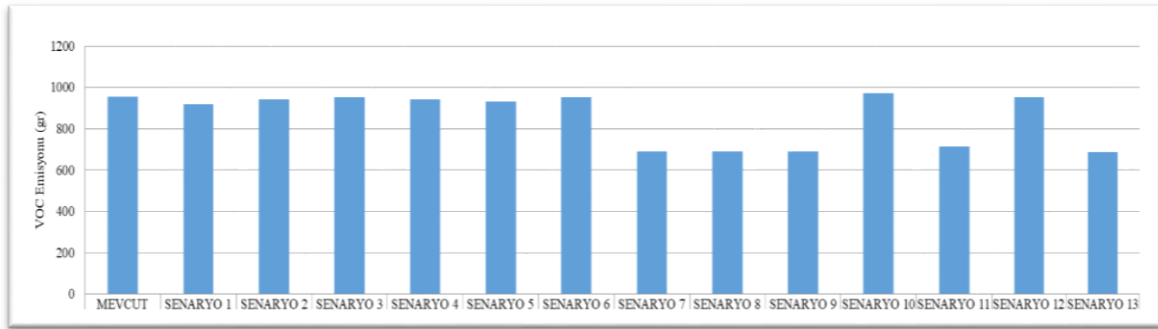
Şekil 102. NO_x emisyonu (İstanbulkapı kavşağı)

Gez kavşağında ki VOC Emisyonu analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 13'ün '1295,79 gr' VOC emisyon değeriyle en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif '1381,27 gr' VOC emisyon değeriyle senaryo 5 olduğu görülmüştür. Şekil 103'te VOC emisyon değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



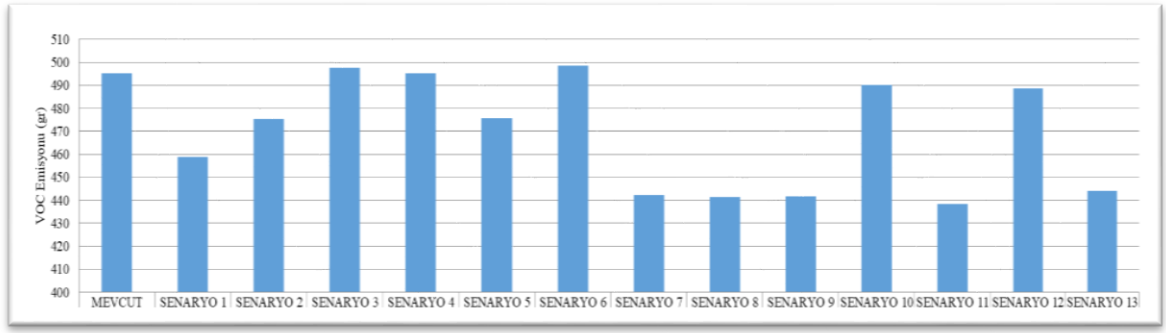
Şekil 103. VOC emisyonu (Gez kavşağı)

İstasyon kavşağında ki VOC Emisyonu analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 13'ün '687,14 gr' VOC emisyon değeriyle en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif '689,57 gr' VOC emisyon değeriyle senaryo 7 olduğu görülmüştür. Şekil 104'te VOC emisyon değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



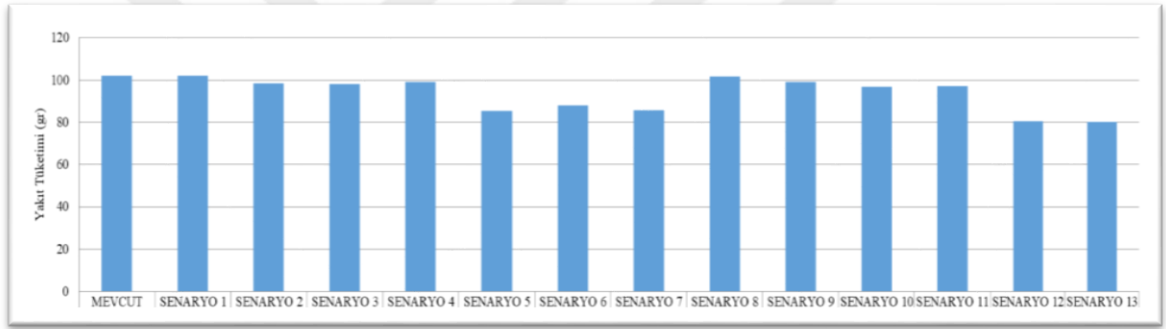
Şekil 104. VOC emisyonu (İstasyon kavşağı)

İstanbulkapı kavşağında ki VOC Emisyonu analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 11'in '438,54 gr' VOC emisyon değeriyle en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif '441,38 gr' CO emisyon değeriyle senaryo 8 olduğu görülmüştür. Şekil 105'te VOC emisyon değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



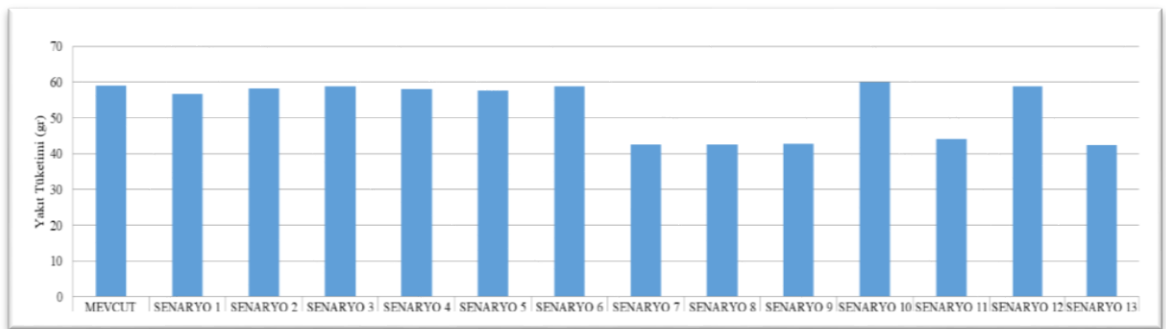
Şekil 105. VOC emisyonu (İstanbulkapı kavşağı)

Gez kavşağında ki yakıt tüketimi analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 13'ün '79,99 gr' yakıt tüketimi değeriyle en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif '85,26 gr' yakıt tüketimi değeriyle senaryo 5 olduğu görülmüştür. Şekil 106'da yakıt tüketimi değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



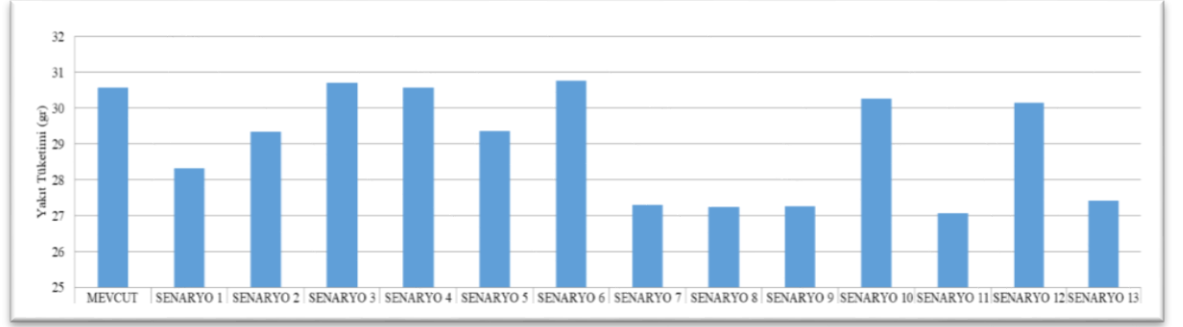
Şekil 106. Yakıt tüketimi (Gez kavşağı)

İstasyon kavşağında ki yakıt tüketimi analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 13'ün '42,42 gr' yakıt tüketimi değeriyle en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif '42,57 gr' yakıt tüketimi değeriyle senaryo 7 olduğu görülmüştür. Şekil 107'de yakıt tüketimi değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



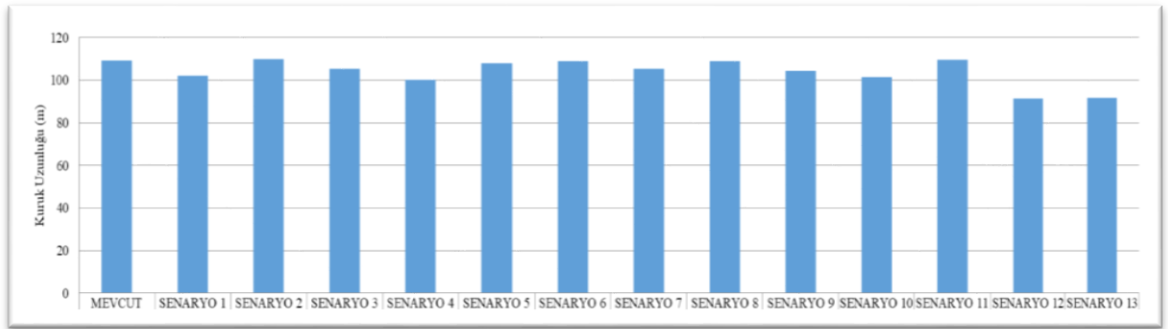
Şekil 107. Yakıt tüketimi (İstasyon kavşağı)

İstanbulkapı kavşağında ki yakıt tüketimi analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 11'in '27,07 m' yakıt tüketimi değeriyle ile en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif '27,25 m' yakıt tüketimi değeriyle senaryo 8 olduğu görülmüştür. Şekil 108'de yakıt tüketimi değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



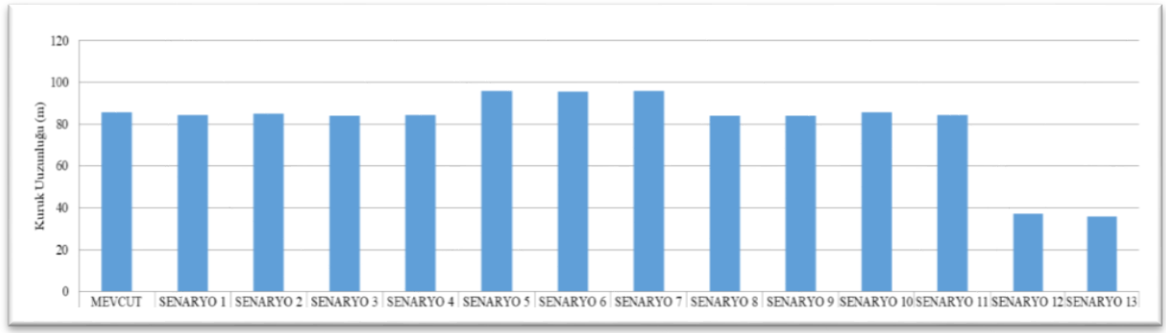
Şekil 108. Yakıt tüketimi (İstanbulkapı kavşağı)

İstanbulkapı kavşağı 1 kolunda ki kuyruk uzunluğu analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 12'nin '91,33 m' kuyruk uzunluğu değeriyle ile en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif '100,25 m' kuyruk uzunluğu değeriyle senaryo 4 olduğu görülmüştür. Şekil 109'da kuyruk uzunluğu değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



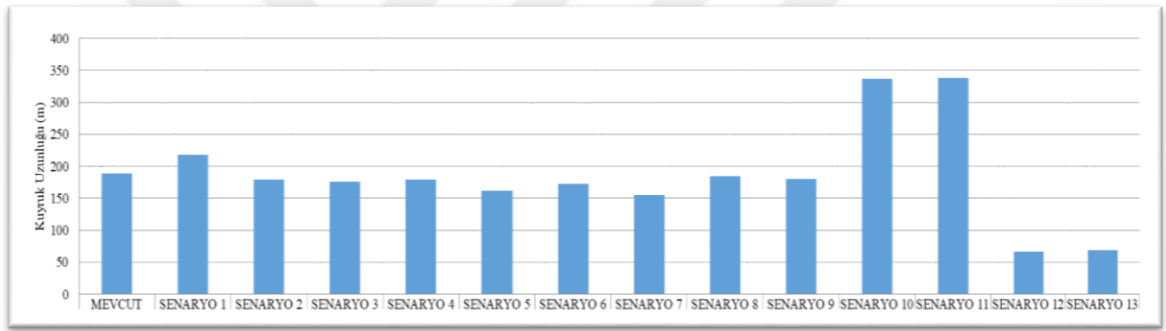
Şekil 109. Kuyruk uzunluğu (İstanbulkapı kavşağı 1 kolu)

Gez kavşağı 3 kolunda ki kuyruk uzunluğu analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 13'ün '35,80 m' kuyruk uzunluğu değeriyle ile en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif '83,91 m' kuyruk uzunluğu değeriyle senaryo 8 olduğu görülmüştür. Şekil 110'da kuyruk uzunluğu değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



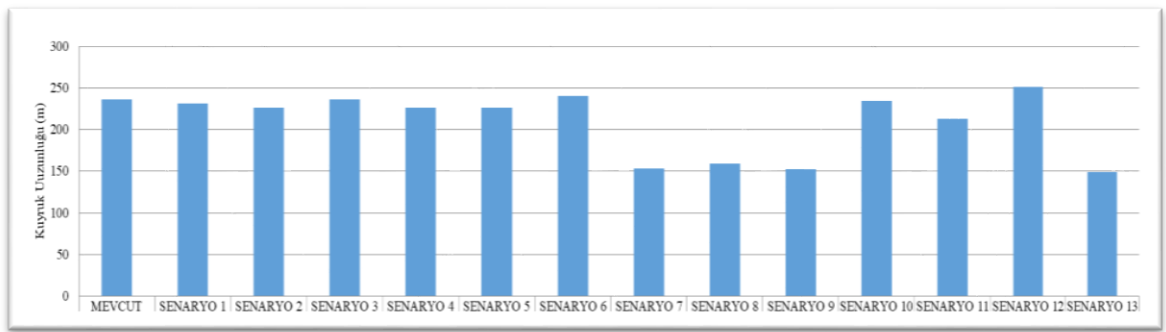
Şekil 110. Kuyruk uzunluğu (Gez kavşağı 3 kolu)

Gez kavşağı 4 kolunda ki kuyruk uzunluğu analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 12'nin '66,68 m' kuyruk uzunluğu değeriyle en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif '155,72 m' kuyruk uzunluğu değeriyle senaryo 7 olduğu görülmüştür. Şekil 111'de kuyruk uzunluğu değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



Şekil 111. Kuyruk uzunluğu (Gez kavşağı 4 kolu)

İstasyon kavşağı 3 kolunda ki kuyruk uzunluğu analiz değerleri incelendiğinde mevcut duruma göre farklı düzeyli kavşak tasarımı yapılan senaryo 13'ün '149,08 m' kuyruk uzunluğu değeriyle en iyi alternatif olduğu, Farklı düzeyli kavşak tasarımlarından sonra en iyi alternatif '152,66 m' kuyruk uzunluğu değeriyle senaryo 9 olduğu görülmüştür. Şekil 112'de kuyruk uzunluğu değerlerinin grafik gösterimi verilmiştir.



Şekil 112. Kuyruk uzunluğu (İstasyon kavşağı 3 kolu)

AHP Sonuçları

Bu çalışmamızda kavşak tasarım tipini belirlemek amacıyla AHP uygulanmıştır. Çalışmada ortalama gecikme, seyahat süresi, emisyon salınımları, yakıt tüketimi ve kuyruk uzunlukları parametreleri dikkate alınmıştır. Belirlenen koridorun analizleri için VISSIM programı kullanılarak parametrelere göre AHP metodu uygulanmıştır

Tablo 10’da verilen matriste satırda bulunan kriterler ile sütunda bulunan kriterlerin öncelik karşılaştırılmaları verilmiştir

Tablo 10. Tanımlama Kriterleri Öncelikleri

Kriterler	Ortalama Gecikme	Seyahat Süresi	Kuyruk Uzunluğu	Yakıt Tüketimi	CO Emisyonu	NO _x Emisyonu	VOC Emisyonu	Ağırlıklar
Ortalama Gecikme	1	1/2	5	5	4	4	4	0,296
Seyahat Süresi	2	1	3	5	4	1/2	4	0,295
Kuyruk Uzunluğu	1/5	1/3	1	1/2	1/2	1/2	1/2	0,053
Yakıt Tüketimi	1/5	1/5	2	1	1/2	1/2	1/2	0,058
CO Emisyonu	1/4	1/4	2	2	1	3	2	0,127
NO _x Emisyonu	1/4	1/4	2	2	1/3	1	3	0,098
VOC Emisyonu	1/4	1/4	2	2	1/2	1/3	1	0,073
Lambda(max):7,395	CI:0,066 RI:1,32	CR:0,05 (<0,10)						

Senaryoların ortalama gecikme, seyahat süresi, emisyon salınımları, yakıt tüketimi ve kuyruk uzunluklarının ikili karşılaştırma matrisleri Tablo 11- Tablo 17’de verilmiştir

Senaryoların gecikme süresi kriteri açısından ikili karşılaştırılmalarına göre Senaryo 13 en büyük ağırlığa sahip olduğu görülmüştür. Tablo 11’de Senaryoların gecikme süresi kriteri açısından ikili karşılaştırılmaları verilmiştir

Tablo 11. Senaryoların Gecikme Süresi Kriteri Açısından İkili Karşılaştırılmaları

Senaryolar	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5	Senaryo 6	Senaryo 7	Senaryo 8	Senaryo 9	Senaryo 10	Senaryo 11	Senaryo 12	Senaryo 13	Ağırlıklar
Senaryo 1	1	1/9	1/3	1/9	1/9	1/4	1/7	1/4	1/9	1/3	1/5	1/6	1/9	0,010
Senaryo 2	9	1	7	3	1/3	5	1/2	3	1/2	5	4	1/3	1/5	0,077
Senaryo 3	3	1/7	1	1/5	1/6	1/3	1/7	1/4	1/9	1/3	1/7	1/7	1/9	0,013
Senaryo 4	9	1/3	5	1	1/3	5	1/3	1/2	1/3	3	2	1/4	1/6	0,046
Senaryo 5	9	3	6	3	1	9	2	2	1/2	4	3	1/3	1/4	0,104
Senaryo 6	4	1/5	3	1/5	1/9	1	1/5	1/3	1/7	1/2	1/5	1/6	1/8	0,018
Senaryo 7	7	2	7	3	1/2	5	1	4	3	7	4	3	1/4	0,135
Senaryo 8	4	1/3	4	2	1/2	3	1/4	1	1/3	4	1/3	1/5	1/7	0,039
Senaryo 9	9	2	9	3	2	7	1/3	3	1	5	4	3	1/4	0,123
Senaryo 10	3	1/5	3	1/3	1/4	2	1/7	1/4	1/5	1	1/5	1/6	1/7	0,020
Senaryo 11	5	1/4	7	1/2	1/3	5	1/4	3	1/4	5	1	1/3	1/5	0,049
Senaryo 12	6	3	7	4	3	6	1/3	5	1/3	6	3	1	1/3	0,117
Senaryo 13	9	5	9	6	4	8	4	7	4	7	5	3	1	0,250

Senaryoların seyahat süresi kriteri açısından ikili karşılaştırılmalarına göre Senaryo 13 en büyük ağırlığa sahip olduğu görülmüştür. Tablo 12’de Senaryoların Seyahat süresi kriteri açısından ikili karşılaştırılmaları verilmiştir

Tablo 12. Senaryoların Seyahat Süresi Kriteri Açısından İkili Karşılaştırılmaları

Senaryolar	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5	Senaryo 6	Senaryo 7	Senaryo 8	Senaryo 9	Senaryo 10	Senaryo 11	Senaryo 12	Senaryo 13	Ağırlıklar
Senaryo 1	1	1/7	1/3	1/8	1/8	1/4	1/6	1/4	1/8	1/3	1/5	1/6	1/8	0,011
Senaryo 2	7	1	6	3	1/3	5	1/2	3	1/2	5	4	1/3	1/5	0,077
Senaryo 3	3	1/6	1	1/5	1/6	1/3	1/6	1/4	1/8	1/3	1/6	1/6	1/8	0,014
Senaryo 4	8	1/3	5	1	1/3	5	1/3	1/2	1/3	3	2	1/4	1/6	0,047
Senaryo 5	8	3	6	3	1	9	2	2	1/2	4	3	1/2	1/4	0,106
Senaryo 6	4	1/5	3	1/5	1/9	1	1/5	1/3	1/6	1/2	1/5	1/6	1/8	0,018
Senaryo 7	6	2	6	3	1/2	6	1	4	3	7	4	3	1/4	0,135
Senaryo 8	4	1/3	4	2	1/2	3	1/4	1	1/3	4	1/3	1/5	1/6	0,041
Senaryo 9	8	2	8	3	2	6	1/3	3	1	5	4	3	1/4	0,121
Senaryo 10	3	1/5	3	1/3	1/4	2	1/7	1/4	1/5	1	1/5	1/6	1/7	0,021
Senaryo 11	5	1/4	6	1/2	1/3	5	1/4	3	1/4	5	1	1/3	1/5	0,049
Senaryo 12	6	3	6	4	2	6	1/3	5	1/3	6	3	1	1/3	0,111
Senaryo 13	8	5	8	6	4	8	4	6	4	7	5	3	1	0,248
Lambda(max):14,838 CI:0,153 RI:1,56 CR:0,098(<0,10)														

Senaryoların kuyruk uzunluğu kriteri açısından ikili karşılaştırılmalarına göre Senaryo 13 en büyük ağırlığa sahip olduğu görülmüştür. Tablo 13'te Senaryoların kuyruk uzunluğu kriteri açısından ikili karşılaştırılmaları verilmiştir

Tablo 13. Senaryoların Kuyruk Uzunluğu Kriteri Açısından İkili Karşılaştırılmaları

Senaryolar	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5	Senaryo 6	Senaryo 7	Senaryo 8	Senaryo 9	Senaryo 10	Senaryo 11	Senaryo 12	Senaryo 13	Ağırlıklar
Senaryo 1	1	1/8	1/3	1/8	1/8	1/4	1/5	1/4	1/8	1/3	1/3	1/6	1/8	0,012
Senaryo 2	8	1	7	3	1/3	5	1/2	3	1/2	5	4 1/3	1/3	1/3	0,085
Senaryo 3	3	1/7	1	1/3	1/6	1/3	1/5	1/4	1/8	1/3	1/5	1/5	1/8	0,015
Senaryo 4	8	1/3	3	1	1/3	5	1/3	1/2	1/3	3	3 1/3	1/4	1/6	0,051
Senaryo 5	8	3	6	3	1	9	2	2	1/2	4	3	1/2	1/3	0,113
Senaryo 6	4	1/5	3	1/5	1/9	1	1/5	1/3	1/5	1/2	1/3	1/6	1/7	0,020
Senaryo 7	5	2	5	3	1/2	6	1	4	3	7	4	3	1/3	0,140
Senaryo 8	4	1/3	4	2	1/2	3	1/4	1	1/3	4 1/3	1/3	1/3	1/5	0,045
Senaryo 9	8	2	8	3	2	5	1/3	3	1	5	4 1/3	3	1/4	0,126
Senaryo 10	3	1/5	3	1/3	1/4	2	1/7	2/9	1/5	1	1/3	1/6	1/5	0,023
Senaryo 11	3	2/9	5	2/7	1/3	3	1/4	3	2/9	3	1	1/3	1/3	0,045
Senaryo 12	6	3	5	4	2	6	1/3	3	1/3	6	3	1	1/3	0,110
Senaryo 13	8	3	8	6	3	7	3	5	4	5	3	3	1	0,216
Lambda(max):14,824 CI:0,152 RI:1,56 CR:0,097(<0,10)														

Senaryoların yakıt tüketimi kriteri açısından ikili karşılaştırılmalarına göre Senaryo 13 en büyük ağırlığa sahip olduğu görülmüştür. Tablo 14'te Senaryoların yakıt tüketimi kriteri açısından ikili karşılaştırılmaları verilmiştir

Tablo 14. Senaryoların Yakıt Tüketimi Kriteri Açısından İkili Karşılaştırılmaları

Senaryolar	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5	Senaryo 6	Senaryo 7	Senaryo 8	Senaryo 9	Senaryo 10	Senaryo 11	Senaryo 12	Senaryo 13	Ağırlıklar
Senaryo 1	1	1/4	5	1/3	1/5	1/3	1/5	1/3	1/4	1/6	1/8	1/7	1/9	0,016
Senaryo 2	4	1	4	2	3	3	1/2	3	1/2	1/2	1/4	1/2	1/7	0,048
Senaryo 3	1/5	1/4	1	1/4	1/3	1/2	1/6	1/3	1/5	1/7	1/9	1/7	1/9	0,012
Senaryo 4	3	1/2	4	1	1/2	3	1/2	2	1/4	1/2	1/3	1/3	1/9	0,033
Senaryo 5	5	1/3	3	2	1	3	1/3	3	1/3	1/3	1/4	1/3	1/7	0,038
Senaryo 6	3	1/3	2	1/3	1/3	1	1/4	1/3	1/5	1/5	1/7	1/5	1/9	0,018
Senaryo 7	5	2	6	2	3	4	1	3	3	1/2	1/4	1/2	1/5	0,070
Senaryo 8	3	1/3	3	1/2	1/3	3	1/3	1	1/3	1/4	1/5	1/4	1/9	0,025
Senaryo 9	4	2	5	4	3	5	1/3	3	1	1/2	1/3	1/3	1/6	0,061
Senaryo 10	6	2	7	2	3	5	2	4	2	1	1/7	1/3	1/7	0,074
Senaryo 11	8	4	9	3	4	7	4	5	3	7	1	5	1/7	0,178
Senaryo 12	7	2	7	3	3	5	2	4	3	3	1/5	1	1/5	0,098
Senaryo 13	9	7	9	9	7	9	5	9	6	7	7	5	1	0,329
Lambda(max):14,676 CI:0,14 RI:1,56 CR:0,09 (<0,10)														

Senaryoların CO emisyonu kriteri açısından ikili karşılaştırılmalarına göre Senaryo 13 en büyük ağırlığa sahip olduğu görülmüştür. Tablo 15'te Senaryoların CO emisyonu kriteri açısından ikili karşılaştırılmaları verilmiştir

Tablo 15. Senaryoların CO Emisyonu Kriteri Açısından İkili Karşılaştırılmaları

Senaryolar	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5	Senaryo 6	Senaryo 7	Senaryo 8	Senaryo 9	Senaryo 10	Senaryo 11	Senaryo 12	Senaryo 13	Ağırlıklar
Senaryo 1	1	1/4	5	1/3	1/5	1/3	1/5	1/3	1/4	1/6	1/8	1/7	1/8	0,016
Senaryo 2	4	1	4	2	3	3	1/2	3	1/2	1/2	1/4	1/2	1/7	0,049
Senaryo 3	1/5	1/4	1	1/4	1/3	1/2	1/7	1/3	1/5	1/7	1/8	1/7	1/8	0,012
Senaryo 4	3	1/2	4	1	1/2	3	1/2	2	1/4	1/2	1/3	1/3	1/8	0,034
Senaryo 5	5	1/3	3	2	1	3	1/3	3	1/3	1/4	1/4	1/3	1/7	0,038
Senaryo 6	3	1/3	2	1/3	1/3	1	1/4	1/3	1/5	1/5	1/7	1/5	1/8	0,018
Senaryo 7	5	2	7	2	3	4	1	3	3	1/2	1/3	1/2	1/5	0,072
Senaryo 8	3	1/3	3	1/2	1/3	3	1/3	1	1/3	1/4	1/5	1/4	1/8	0,025
Senaryo 9	4	2	5	4	3	5	1/3	3	1	1/2	1/3	1/3	1/6	0,062
Senaryo 10	6	2	7	2	4	5	2	4	2	1	1/7	1/3	1/7	0,077
Senaryo 11	8	4	8	3	4	7	3	5	3	7	1	5	1/7	0,175
Senaryo 12	7	2	7	3	3	5	2	4	3	3	1/5	1	1/5	0,099
Senaryo 13	8	7	8	8	7	8	5	8	6	7	7	5	1	0,323
Lambda(max):14,76 CI:0,147 RI:1,56 CR:0,09 (<0,10)														

Senaryoların NO_x emisyonu kriteri açısından ikili karşılaştırılmalarına göre Senaryo 13 en büyük ağırlığa sahip olduğu görülmüştür. Tablo 16’da Senaryoların NO_x emisyonu kriteri açısından ikili karşılaştırılmaları verilmiştir

Tablo 16. Senaryoların NO_x Emisyonu Kriteri Açısından İkili Karşılaştırılmaları

Senaryolar	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5	Senaryo 6	Senaryo 7	Senaryo 8	Senaryo 9	Senaryo 10	Senaryo 11	Senaryo 12	Senaryo 13	Ağırlıklar
Senaryo 1	1	1/4	5	1/3	1/5	1/3	1/4	1/3	1/4	1/6	1/7	1/6	1/9	0,017
Senaryo 2	4	1	4	2	3	3	1/2	3	1/2	1/2	1/4	1/2	1/6	0,051
Senaryo 3	1/5	1/4	1	1/4	1/3	1/2	1/6	1/3	1/5	1/7	1/8	1/6	1/9	0,012
Senaryo 4	3	1/2	4	1	1/2	3	1/2	2	1/4	1/2	1/3	1/3	1/9	0,035
Senaryo 5	5	1/3	3	2	1	3	1/3	3	1/3	1/3	1/4	1/3	1/6	0,040
Senaryo 6	3	1/3	2	1/3	1/3	1	1/4	1/3	1/4	1/5	1/6	1/4	1/9	0,019
Senaryo 7	4	2	6	2	3	4	1	3	3	1/2	1/4	1/2	1/4	0,073
Senaryo 8	3	1/3	3	1/2	1/3	3	1/3	1	1/3	1/4	1/4	1/4	1/9	0,027
Senaryo 9	4	2	5	4	3	4	1/3	3	1	1/2	1/3	1/3	1/6	0,063
Senaryo 10	6	2	7	2	3	5	2	4	2	1	1/6	1/3	1/6	0,079
Senaryo 11	7	4	8	3	4	6	4	4	3	6	1	5	1/6	0,178
Senaryo 12	6	2	6	3	3	4	2	4	3	3	1/5	1	1/4	0,101
Senaryo 13	9	6	9	9	6	9	4	9	6	6	6	4	1	0,305
Lambda(max):7,674 CI:0,134 RI:1,56 CR:0,09 (<0,10)														

Senaryoların VOC emisyonu kriteri açısından ikili karşılaştırılmalarına göre Senaryo 13 en büyük ağırlığa sahip olduğu görülmüştür. Tablo 17’de Senaryoların VOC emisyonu kriteri açısından ikili karşılaştırılmaları verilmiştir

Tablo 17. Senaryoların VOC Emisyonu Kriteri Açısından İkili Karşılaştırılmaları

Senaryolar	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5	Senaryo 6	Senaryo 7	Senaryo 8	Senaryo 9	Senaryo 10	Senaryo 11	Senaryo 12	Senaryo 13	Ağırlıklar
Senaryo 1	1	1/3	5	1/3	1/5	1/3	1/5	1/3	1/4	1/6	1/8	1/6	1/9	0,017
Senaryo 2	3	1	4	2	3	3	1/2	3	1/2	1/2	1/3	1/2	1/6	0,052
Senaryo 3	1/5	1/4	1	1/3	1/3	1/2	1/6	1/3	1/5	1/6	1/9	1/6	1/9	0,012
Senaryo 4	3	1/2	3	1	1/2	3	1/2	2	1/3	1/2	1/3	1/3	1/8	0,035
Senaryo 5	5	1/3	3	2	1	3	1/3	3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/6	0,042
Senaryo 6	3	1/3	2	1/3	1/3	1	1/3	1/3	1/5	1/5	1/6	1/5	1/8	0,020
Senaryo 7	5	2	6	2	3	3	1	3	3	1/2	1/3	1/2	1/5	0,074
Senaryo 8	3	1/3	3	1/2	1/3	3	1/3	1	1/3	1/3	1/5	1/3	1/8	0,028
Senaryo 9	4	2	5	3	3	5	1/3	3	1	1/2	1/3	1/3	1/6	0,063
Senaryo 10	6	2	6	2	3	5	2	3	2	1	1/6	1/3	1/6	0,077
Senaryo 11	8	3	9	3	3	6	3	5	3	6	1	5	1/6	0,171
Senaryo 12	6	2	6	3	3	5	2	3	3	3	1/5	1	1/5	0,100
Senaryo 13	9	6	9	8	6	8	5	8	6	6	6	5	1	0,311
Lambda(max):14,557 CI:0,13 RI:1,56 CR:0,08 (<0,10)														

Tüm matrislerin birleşik ağırlığı Tablo 18’de verilmiştir. Tabloya göre AHP metodu uygulandığında en yüksek birleşik ağırlığa sahip senaryo 13’ün optimum tasarım olduğunu

göstermiştir. Senaryo 13'ün yapım maliyeti yüksek olduğu için optimum seçenek senaryo 7 olarak alınmıştır.

Tablo 18. Bütün Kriterlerin Birleşik Ağırlıkları

	0,296	0,295	0,053	0,058	0,127	0,098	0,073	Bileşik Ağırlıklar
	Ortalama Gecikme	Seyahat Süresi	Kuyruk Uzunluğu	Yakıt Tüketimi	CO Emisyonu	NOX Emisyonu	VOC Emisyonu	
Senaryo 1	0,01	0,011	0,012	0,016	0,016	0,017	0,017	0,013
Senaryo 2	0,077	0,077	0,085	0,048	0,049	0,051	0,052	0,068
Senaryo 3	0,013	0,014	0,015	0,012	0,012	0,012	0,012	0,013
Senaryo 4	0,046	0,047	0,051	0,033	0,034	0,035	0,035	0,042
Senaryo 5	0,104	0,106	0,113	0,038	0,038	0,04	0,042	0,082
Senaryo 6	0,018	0,018	0,02	0,018	0,018	0,019	0,02	0,018
Senaryo 7	0,135	0,135	0,14	0,07	0,072	0,073	0,074	0,113
Senaryo 8	0,039	0,041	0,045	0,025	0,025	0,027	0,028	0,035
Senaryo 9	0,123	0,121	0,126	0,061	0,062	0,063	0,063	0,101
Senaryo 10	0,02	0,021	0,023	0,074	0,077	0,079	0,077	0,041
Senaryo 11	0,049	0,049	0,045	0,178	0,175	0,178	0,171	0,094
Senaryo 12	0,117	0,111	0,11	0,098	0,099	0,101	0,1	0,108
Senaryo 13	0,25	0,248	0,216	0,329	0,323	0,305	0,311	0,271

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Simülasyon programlarının kullanılması kavşakların sahada uygulamasına başlamadan önce alternatif senaryolar denenerek belirlenen kriterler açısından optimum tasarım belirlenmesinde tasarımcılara kolaylık sağlarken, optimum senaryoyu uygulamak suretiyle de maliyet en aza indirilebilir.

Bu çalışmanın amacı, Erzurum İl merkezinde yoğun trafik hacmine sahip olan 3 farklı kavşağın (İstasyon kavşağı, Gez kavşağı, İstankapı Kavşağı) belirlenerek seyahat süreleri, taşıt gecikmelerini, CO emisyon salınımı, NO_x emisyon salınımı, VOC emisyon salınımı, yakıt tüketimi ve kuyruk uzunlukları değerlerini iyileştirmek amacıyla öneriler sunulmuştur

Bu amaç doğrultusunda belirlenen kavşaklar için koridor şeklinde mevcut durum önerilen 13 farklı senaryo ile karşılaştırılarak incelenmiştir. Yapılan mikro-simülasyon sonuçları ve çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan AHP'ye göre en uygun kavşak tipleri belirlenmiştir. AHP yöntemine göre en uygun alternatifin senaryo 7 olduğu tespit edilmiştir

Gez kavşağında CO, NO_x, VOC emisyonu ve yakıt tüketimi değerlerini; “Senaryo 1” %0,14 oranında, “Senaryo 2” %3,43 oranında, “Senaryo 3” %3,78 oranında, “Senaryo 4” %3,02 oranında, “Senaryo 5” %16,44 oranında, “Senaryo 6” %13,72 oranında, “Senaryo 7” %16,11 oranında, “Senaryo 8” %0,34 oranında, “Senaryo 9” %3,07 oranında, “Senaryo 10” %5,21 oranında, “Senaryo 11” %4,86 oranında, “Senaryo 12” %21,03 oranında, “Senaryo 13” %21,61 oranında azaltmaktadır

İstasyon kavşağında CO, NO_x, VOC emisyonu ve yakıt tüketimi değerlerini; “Senaryo 1” %4,03 oranında, “Senaryo 2” %1,36 oranında, “Senaryo 3” %0,47 oranında, “Senaryo 4” %1,57 oranında, “Senaryo 5” %2,36 oranında, “Senaryo 6” %0,47 oranında, “Senaryo 7” %27,88 oranında, “Senaryo 8” %27,85 oranında, “Senaryo 9” %27,14 oranında, “Senaryo 11” %25,29 oranında, “Senaryo 12” %0,32 oranında, “Senaryo 13” %28,13 oranında azaltmaktadır. (“Senaryo 10” %1,69 oranında artış İstasyon kavşağının 2 ve 4 kolundaki kuyruk uzunluğunun artışından dolayı değerinde artışa neden olduğu değerlendirilebilir)

İstankapı kavşağında CO, NO_x, VOC emisyonu ve yakıt tüketimi değerlerini; “Senaryo 1” %7,37 oranında, “Senaryo 2” %4,02 oranında, “Senaryo 5” %3,95 oranında, “Senaryo 7” %10,69 oranında, “Senaryo 8” %10,87 oranında, “Senaryo 9” %10,79 oranında, “Senaryo 10” %1,01 oranında, “Senaryo 11” %11,45 oranında, “Senaryo 12” %1,34 oranında,

“Senaryo 13” %10,31 oranında azaltmaktadır. (“Senaryo 3” %0,46, “Senaryo 4” %0,02, “Senaryo 6” %0,66 oranında artış ihmal edilebilecek kadar küçüktür)

Batı-Doğu yönünde hareket eden taşıtlar için elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir

Batı-Doğu güzergahı için seyahat sürelerinin değerlendirilmesi

Seyahat süresini; “Senaryo 1” %1,63 oranında, “Senaryo 2” %3,21 oranında, “Senaryo 3” %0,92 oranında, “Senaryo 4” %0,63 oranında, “Senaryo 5” %4,94 oranında, “Senaryo 6” %4,30 oranında, “Senaryo 7” %16,31 oranında, “Senaryo 8” %13,64 oranında, “Senaryo 9” %12,48 oranında, “Senaryo 10” %0,64 oranında, “Senaryo 11” %12,61 oranında, “Senaryo 12” %19,48 oranında, “Senaryo 13” %36,52 oranında azaltmaktadır

Batı-Doğu yönü için taşıt gecikme sürelerinin değerlendirilmesi

Taşıt gecikme süresini; “Senaryo 1” %3,33 oranında, “Senaryo 2” %6,96 oranında, “Senaryo 3” %2,52 oranında, “Senaryo 4” %1,63 oranında, “Senaryo 5” %10,96 oranında, “Senaryo 6” %8,19 oranında, “Senaryo 7” %33,29 oranında, “Senaryo 8” %27,45 oranında, “Senaryo 9” %25,27 oranında, “Senaryo 10” %1,42 oranında, “Senaryo 11” %25,84 oranında, “Senaryo 12” %40,08 oranında, “Senaryo 13” %73,03 oranında azaltmaktadır

Batı-Doğu yönü için kuyruk uzunluğu değerlendirilmesi

Kuyruk uzunluğunu Gez kavşağı 3 kolunda; “Senaryo 1” %1,40 oranında, “Senaryo 2” %0,52 oranında, “Senaryo 3” %1,65 oranında, “Senaryo 4” %1,38 oranında, “Senaryo 8” %1,94 oranında, “Senaryo 9” %1,74 oranında, “Senaryo 11” %1,44 oranında, “Senaryo 12” %56,51 oranında, “Senaryo 13” %58,17 oranında azaltmaktadır. (“Senaryo 10” %0,16 oranında artış ihmal edilebilecek kadar küçüktür) (“Senaryo 5” %12,23 oranında, “Senaryo 6” %11,66 oranında, “Senaryo 7” %12,15 oranında artış olmaktadır. Senaryo 5, Senaryo 6 ve Senaryo 7’de batı-doğu yönündeki hareketinde kuyruk uzunluğunda artışa sebep olsa bile seyahat süresinde ve taşıt gecikmelerinde azalma olması araç akımında beklmeleri azaltarak kavşaktan boşalttığı sonucuna varılabilir.)

Kuyruk uzunluğunu İstasyon kavşağı 3 kolunda; “Senaryo 1” %2,40 oranında, “Senaryo 2” %4,26 oranında, “Senaryo 3” %0,30 oranında, “Senaryo 4” %4,31 oranında, “Senaryo 5” %4,35 oranında, “Senaryo 7” %35,29 oranında, “Senaryo 8” %32,64 oranında, “Senaryo 9” %35,45 oranında, “Senaryo 10” %0,95 oranında, “Senaryo 11” %9,81 oranında, “Senaryo 13” %36,95 oranında azaltmaktadır. (“Senaryo 6” %1,57 oranında artırmaktadır. Gez kavşağında ada olmaması durumu olarak tasarlanan kavşaktan erkenden gelen taşıtların mevcut olarak tasarlanan istasyon kavşağında boşaltılamadığından kaynaklandığı

değerlendirilebilir) (“Senaryo 12” %6,14 oranında artırmaktadır. Gez kavşağında doğu-batı yönünde farklı düzeyli kavşak olarak tasarlanan kavşaktan erkenden gelen taşıtların mevcut olarak tasarlanan istasyon kavşağında boşaltılamadığından kaynaklandığı değerlendirilebilir

Doğu-Batı yönünde hareket eden taşıtlar için elde edilen sonuçların değerlendirilmesi

Doğu-Batı güzergahı için seyahat sürelerinin değerlendirilmesi

Seyahat süresini; “Senaryo 2” %4,76 oranında, “Senaryo 3” %1,78 oranında, “Senaryo 4” %6,18 oranında, “Senaryo 5” %15,27 oranında, “Senaryo 6” %10,14 oranında, “Senaryo 7” %26,13 oranında, “Senaryo 8” %10,49 oranında, “Senaryo 9” %12,50 oranında, “Senaryo 12” %29,86 oranında, “Senaryo 13” %41,64 oranında azaltmaktadır. (“Senaryo 1” %2,14 oranında, “Senaryo 10” %20,02 oranında, “Senaryo 11” %6,33 oranında artırmaktadır)

Doğu-Batı yönü için taşıt gecikme sürelerinin değerlendirilmesi

Taşıt gecikme süresini; “Senaryo 2” %9,09 oranında, “Senaryo 3” %4,32 oranında, “Senaryo 4” %11,09 oranında, “Senaryo 5” %28,02 oranında, “Senaryo 6” %18,18 oranında, “Senaryo 7” %46,14 oranında, “Senaryo 8” %19,40 oranında, “Senaryo 9” %22,64 oranında, “Senaryo 12” %52,56 oranında, “Senaryo 13” %73,53 oranında azaltmaktadır. (“Senaryo 1” %4,42 oranında, “Senaryo 10” %34,63 oranında, “Senaryo 11” %12,13 oranında artırmaktadır)

Doğu-Batı yönü için kuyruk uzunluğunun değerlendirilmesi

Kuyruk uzunluğunu Gez kavşağı 4 kolunda; “Senaryo 2” %4,88 oranında, “Senaryo 3” %6,80 oranında, “Senaryo 4” %5,12 oranında, “Senaryo 5” %14,17 oranında, “Senaryo 6” %8,31 oranında, “Senaryo 7” %17,44 oranında, “Senaryo 8” %1,89 oranında, “Senaryo 9” %4,24 oranında, “Senaryo 12” %64,65 oranında, “Senaryo 13” %63,50 oranında azaltmaktadır. (“Senaryo 1” %15,85 oranında, “Senaryo 10” %78,48 oranında, “Senaryo 11” %79,48 oranında artırmaktadır)

Senaryo 1 ‘in Doğu-Batı yönünde seyahat süresinde, gecikmelerde ve Gez kavşağı 4 kolundaki kuyruk uzunluğunda artış olmasının sebebi sinyalizasyonu ileriye aldığımızda mevcut sinyal yeterli gelmediği için artışa neden olduğu değerlendirilebilir

Senaryo 10 ve senaryo 11’in Doğu-Batı yönünde seyahat süresinde, gecikmelerde ve Gez kavşağı 4 kolundaki kuyruk uzunluğunda artışın sebebi; Tasarımı kuzey-güney yönünde farklı düzeyli kavşak olarak yapılan senaryoların mevcut sinyal yeterli gelmediği için artışa neden olduğu değerlendirilebilir. Sinyalizasyon sürelerini revize etmek gerekir

Kuyruk uzunluğunu İstanbulkapı kavşağı 1 kolunda; “Senaryo 1” %6,48 oranında, , “Senaryo 3” %3,67 oranında, “Senaryo 4” %8,17 oranında, “Senaryo 5” %1,10 oranında, “Senaryo 6” %0,31 oranında, “Senaryo 7” %3,65 oranında, “Senaryo 8” %0,33 oranında, “Senaryo 9” %4,51 oranında, “Senaryo 10” %7,10 oranında, “Senaryo 12” %16,34 oranında, “Senaryo 13” %15,98 oranında azaltmaktadır (“Senaryo 2” %0,49, “Senaryo 11” %0,37 oranında artış ihmal edilebilecek kadar küçüktür)

İstasyon, Gez ve İstanbulkapı kavşaklarının oluşturduğu koridorda Doğu-Batı yönleri için yeşil dalga uygulandığında diğer kollara verilen sürenin çok az olması nedeniyle diğer kollarda seyahat süresi, gecikme ve kuyruklanmada aşırı artış olmasına neden olduğundan uygulanabilirlik açısından uygun olmadığı görülmüştür.

Bu çalışmada akıllı kavşak tasarımı ele alınmamıştır. Çalışmadaki kavşaklar için akıllı kavşak tasarımı yapılarak yeni çalışmalar yapılması önerilmektedir

KAYNAKLAR

- Abalı, Y. A., Kutlu, B. S., ve Eren, T., 2012. Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri İle Bursiyer Seçimi: Bir Öğretim Kurumunda Uygulama, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 26(3-4), 259-271.
- Abret, N. E., 2016. Koridor Analizi ve İyileştirme Önerileri Üzerine Bir Çalışma. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Akın, M. D., 2020. Samsun İli Atatürk Bulvarı Üzerindeki Trafiğin Mikro Simülasyon Tekniği İle Modellenmesi. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, On Dokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Akmaz, M. M., 2012. Konya'nın Önemli Sinyalize Kavşaklarının Bilgisayar Programı İle İncelenmesi. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Akpınar, O., 2020. Gölcük İlçesi Kent Geçişinde Bulunan Kavşakların Mikrosimülasyon ve Taguchi Metoduyla İyileştirilmesi. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Alçelik, N., 2010. Kent İçi Sinyalize ve Dönel Kavşakların Kapasite Açısından Karşılaştırılması Ümraniye İlçesi Örneğinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Alemdar, K. D., 2019. Kavşak Tasarımlarının Karar Verme Teknikleri ile Değerlendirilmesi. Y Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Ayfer, M. Ö., 1977. Trafik Sinyalizasyonu. Bayındırlık Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü Matbaası Yayın No: 226, 182 s, Ankara.
- Bayata, H. F., ve Bayrak, O. Ü., 2018. Yeni Yapılması Planlanan bir Kavşağın Mikro-Simülasyon ile Değerlendirilmesi. Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(3), 550-559.
- Bayrak, O. Ü., Bayata, H. F., Hattatoğlu, F., ve Çolak, M. A., 2016. Mikrosimülasyon Kullanılarak Bir Kavşağın Trafik Yönetim Ölçümlerinin Değerlendirilmesi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6 (3), 87-96.
- Bennett, J. and Betts, B., 2017. Aimsun Saturation Flow Calibration for Hybrid Simulation: Challenges and Recommendations. Australian Institute of Traffic Planning and Management (AITPM) National Conference, Melbourne, Victoria, Australia.
- Beşiroğlu, F. I., 2016. Samsun İli Hafif Raylı Sistem Hemzemin Geçitlerinde Mikrosimülasyon Modelleme Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul.
- Camcı, A. A., 2019. Kavşak Tasarımında Trafik Simülasyon Tekniklerinin Kullanımı ve Sakarya için Uygulamaları. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- Çakıcı, Z., 2014. Sinyalize Dönel (Yuvarlakada) Kavşakların Tasarım Esaslarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- Çakıcı, Z. ve Murat, Y. Ş., 2016. Sinyalize Dönel Kavşaklar için Hesap Yöntemi Önerisi ve Performans Analizi. Teknik Dergi, 27(4), 7569-7592.
- Dağüstü, H. Ş., 2010. Trafik Yönetiminde Kavşak Trafiğinin Kontrolü için Bir Sinyal Zamanlama Modeli. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

- Demiral, A. C., 2019. Antalya İli Muratpaşa İlçesi'nde Sinyalize Kavşak Analizi Örnek Çalışması. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
- Demiriz, A. O., 2019. Mezoskopik Simülasyon ile Koridor Kapasite Analizi Yapılması: Erzincan İli Örneği. Y. Lisan Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, , Erzurum.
- Erol, D. ve Başkan. Ö., 2017. Şehiriçi Işıklı ve Dönel Kavşak Uygulamalarının Performans Kriterlerine Etkisinin İncelenmesi. 12. Ulaştırma Kongresi, Adana.
- Fernandes P., Coelho M. C., and Roupail N. M., 2017. Assessing the Impact of Closely-Spaced Intersections on Traffic Operations and Pollutant Emissions on a Corridor level. Transportation Research Part D, 54, 304-320.
- Gedizlioğlu, E., 2004. Kentlerimizde Trafik Yönetim. Türkiye Mühendislik Haberleri, 6 (434), 17-22.
- Jamshidnejad, A., Papamichail, I., Papageorgiou, M. and Schutter, B.D., 2017. A Mesoscopic Integrated Urban Traffic Flow-Emission Model. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 75, 45-83.
- Jiang, Z. and Y.-X. Huang., 2009. Parametric Calibration of Speed–Density Relationships in Mesoscopic Traffic Simulator with Data Mining. Information Sciences, 179(12), 2002-2013.
- Keçek, G. ve Yıldırım, E. (2010). Kurumsal Kaynak Planlama Sisteminin Analitik Hiyerarşi Süreci ile Seçimi: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama. Süleyman Demirel Üniversitesi İ.İ.B.F Dergisi, 15(1), 197- 202.
- KGM., 2016. Karayolları Tasarım El Kitabı. KGM Yayınları, 297 s, Ankara.
- Kırımlı, Y. S., 2019. Eşdüzey Kavşaklarda Kavşaklar Arası Mesafenin Kavşak Performansına Etkisinin Araştırılması. Y. Lisan Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Korfant M., and Gogola M., 2017. Possibilities of Using Traffic Planning Software in Bratislava. Procedia Engineering, 192, 433-438.
- Kutlu, K., 1993. Trafik Tekniği. 3. Baskı. İstanbul: İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Mitroi, I. S., Ciobica, A. M., and Popa, M., 2016. Car-Following Models Comparison Between Models Used by Vissim and Aimsun. University Politehnica of Bucharest Scientific Bulletin series D. 78(4), 71-82.
- Murat, Y. Ş., 1996. Denizli Şehir İçi Kavşaklarındaki Trafik Akımlarının Bilgisayarla İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- Murat, Y. Ş., 2012. Trafik Mühendisliği. Pamukkale Üniversitesi Ders Notu, 53 s, Denizli.
- Murat, Y. Ş., Başkan, Ö., 2006. İzole Sinyalize Kavşaklardaki Ortalama Taşıt Gecikmelerinin Yapay Sinir Ağları İle Modellenmesi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12, 214-227.
- Nikitin, N., Patskan V., and Savina, I., 2017. Efficiency Analysis of Roundabout with Traffic Signals. Transportation Research Procedia, 20, 443-449.
- Nyame-Baafi, E., Adams, C. A., and Osei, K. K., 2018. Volume Warrants Fot Majör and Minör Roads Left-Turning Traffic Lanes at Unsignalized T-Intersection: A Case Study Using VISSIM Modelling. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 5(5), 417-428.

- Otkovic I.I., Tollazzi T., and Sraml M., 2013. Calibration of Microsimulation Traffic Model Using Neural Network Approach. *Expert Systems with Applications*, 40, 5965–5974.
- Öğütveren, E., 2019. Modern Dönel Kavşakların Geometrik Tasarımı ve Kapasite İlişkisi. Y. Lisans Tezi. Fen bilimleri Enstitüsü, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- Savaş K., 2019. Kavşaklarda Yaya Simülasyonu ve Kavşak Kapasitesine Olan Etkisinin İncelenmesi: Çorlu İlçesi Örneği. Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- Schenk, M., Tolujew, J. and Reggeline, T., 2009. Mesoscopic Modeling and Simulation of Logistics Networks. *IFAC Proceedings Volumes*, 42(4), 582-587.
- Shaaban, K., and Kim, I., 2015. Comparison of SimTraffic and Vissim Microscopic Traffic Simulation Tools in Modeling Roundabouts. *Procedia Computer Science*, 52, 43-50.
- Suleiman, G. M., Bezgin, N. Ö., Ergun, M., Gürsoy, M. and Karşahin, M., 2016. Effects of Speed Management and Roadway Parameters on Traffic Flow along Arterials. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, 170, 346-362.
- Sun, D., Zhang, L., and Chen, F., 2013. Comparative Study on Simulation Performances of CORSIM and VISSIM for Urban Street Network. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 37, 18–29.
- Şimşir, F., Özkaynak, E., ve Ekmekçi, D., 2013. Kavşaklarda Trafik Sinyalizasyon Sisteminin Modellemesi ve Benzetimi. Akademik Bilişim Konferansı, Antalya.
- TS 7769, 1990, Şehiriçi Yollar-Kavşaklara Ait Tarifler. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Tuncuk, M., ve Karşahin, M., 2004. Coğrafi Bilgi Sistemleriyle Şehiriçi Trafik Kaza Analizi: Isparta Örneği. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası 17. Teknik Kongre ve Sergisi, İstanbul.
- Tunç, A., 2003. Trafik Mühendisliği ve Uygulamaları. Asil Yayın Dağıtım, 790 s, Türkiye.
- Uludamar, E., ve Tüccar, G., 2016. Döner Kavşaklarda Farklı Sinyalizasyon Zamanlamasındaki Trafik Yoğunluğunun Karşılaştırılması. Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7 (1), 217-223.
- Umar F., ve Yayla N., 1992. Yol İnşaatı, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Ünlü, E. N., 2019. Eşdüzey Kavşaklarda Sinyal Faz Planının Kavşak Performansına Etkilerinin Benzetim Modeli ile Değerlendirilmesi. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Yavuzylmaz, F. ve Dünder, S., 2017. 15 Temmuz Şehitler Köprüsü Gişe Sahasının Trafik Akımına Etkisinin Araştırılması. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 8(4), 703-714.
- Yayla, N., 2011. Karayolu Mühendisliği, Birsan Yayınevi, 285 s, İstanbul.
- Yun, M., and Ji, J., 2013. Delay Analysis of Stop Sign Intersection and Yield Sign Intersection Based on Vissim. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 96, 2024-2031.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Hüseyin OKTAN
Doğum tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu:	
E-mail:	
Eğitim	
Lise:	Tevfik İleri Anadolu Lisesi
Lisans:	Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi
Yüksek lisans:	Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri. Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce:	İyi
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	