



**SİNYALİZE DÖNEL KAVŞAKLARDA FARKLI
DENETİM YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ**

Said Ehsanullah INANCH

**Danışman: Prof. Dr. Mahir GÖKDAĞ
İkinci Tez Danışman: Prof. Dr. Yetiş Şazi MURAT
Yüksek Lisans Tezi
İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı
2022
(Her hakkı saklıdır.)**

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SİNYALİZE DÖNEL KAVŞAKLARDA FARKLI DENETİM YÖNTEMLERİNİN
İNCELENMESİ**

(Anlysis of Different Control Methods For Signalized Roundabouts)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Said Ehsanullah INANCH

Danışman: Prof. Dr. Mahir GÖKDAĞ
İkinci Tez Danışman: Prof. Dr. Yetiş Şazi MURAT

Erzurum
Temmuz, 2022

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Said Ehsanullah INANCH tarafından hazırlanan “Sinyalize Dönel Kavşaklarda Farklı Denetim Yöntemlerinin İncelenmesi” başlıklı çalışması 28 / 07 / 2022 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:	Prof. Dr. Mahir GÖKDAĞ <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır
Ortak Danışman:	Prof. Dr. Yetiş Şazi MURAT <i>Pamukkale Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır
Jüri Üyesi:	Dr. Öğr. Üyesi Emine ÇORUH <i>Gümüşhane Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır
Jüri Üyesi:	Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ATALAY <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır

Enstitü Yönetim Kurulunun
04/08/2022 tarih ve
.....sayılı kararı.

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 Prof. Dr. Mahir GÖKDAĞ birinci danışmanlığında ve Prof. Dr. Yetiş Şazi MURAT ikinci danışmanlığında sunulan “Sinyalize Dönel Kavşaklarda Farklı Denetim Yöntemlerinin 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	%4	30
Kuramsal Temeller	%28	30
Materyal ve Yöntem	%1	35
Araştırma Bulguları ve Tartışma	%0	20
Sonuçlar ve Öneriler	%0	20
Tezin Geneli	%9	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
Said Ehsanullah INANCH	Prof. Dr. Mahir GÖKDAĞ
1.8.2022	1.8.2022
İmza: Aslı Islak İmzalıdır	İmza: Aslı Islak İmzalıdır

* 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 vesayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

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

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın her aşamasında bilgilerini, birikimlerini ve desteklerini esirgemeyen danışman hocalarım Sayın Prof. Dr. Mahir GÖKDAĞ'a ve Prof. Dr. Yetiş Şazi MURAT'a,

Çalışmalarım süresince her zaman yanımda olan aileme maddi ve manevi desteklerinden ötürü şükranlarımı sunarım.

Said Ehsanullah INANCH



ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SİNYALİZE DÖNEL KAVŞAKLARDA FARKLI DENETİM YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ

Said Ehsanullah INANCH

Danışman: Prof. Dr. Mahir GÖKDAĞ

Ortak Danışmanı: Prof. Dr. Yetiş Şazi MURAT

Amaç: Bu çalışmanın amacı düzensiz akımlardan dolayı aşırı kuyruklanma ve gecikmeleri önlemek için kısmi denetimli sinyalize dönel kavşak(KDSDK) uygulamalarının hangi trafik koşullarında ve geometrik koşullarında geçerli olup olmadığını incelemek. Ayrıca önceki çalışmalardaki bulgularla da teyit etmektir.

Yöntem: Bu çalışmada KDSDK denetimi incelenmiştir. Bunun için dönel kavşakta, sirküle olan akımda boşluklar oluşturulur. Bu tür kavşaklar için kontrol detektörlü yaklaşım koluyla sinyalizasyon yapılacağı yaklaşım kolu önem arz etmektedir. Kavşağın ana akımı, detektörle ve bu akımın kavşağa girmesine engel yaratan kolu sinyalizasyonla kontrol edilir. Çalışmada, SIDRA Intersection simülasyon programı kullanılarak elde edilen sonuçlara göre bu kavşağın uygulanabilirliği irdelenmiştir.

Bulgular: Trafik hacminin yanı sıra, kavşağın farklı geometrik özelliklerinden; şerit sayısının etkisi önemli düzeyde olduğu görülmüştür. Kavşağın diğer geometrik özelliklerinin etkisi az da olsa değerlendirilebilirliği de ayrıca görülmüştür. SIDRA sonuçlarıyla, trafikte aşırı kuyruklanma ve taşıtların ortalama gecikmelerinin önüne geçmek için özellikle düzensiz trafik akımı olan kavşaklarda uygulanan KDSDK, sinyalize kavşağa ve dönel kavşağa göre daha uygun seçenek olduğunu teyit edilmiştir. Ekonomik, çevresel ve kapasite açısından da ayrıca KDSDK tasarımının önemli olduğu görülmüştür.

Sonuç: Dönel kavşaklarda, ana akımdan dolayı özellikle belli periyotlarda düzensiz akımlar neticesi aşırı kuyruklanma ve taşıtların ortalama gecikmelerinde artış söz konusudur. Kuyruklanma ve gecikmeyi minimize etmek için bu kavşakların belli trafik şartlarında KDSDK olarak yeniden tasarlanması ile kavşak performansında olumlu sonuçlandığı tespit edilmiştir. Dengesiz trafik akımına hizmet veren kavşakları, KDSDK olarak tasarlanması ile birlikte kavşak kapasitesi artarak, çevresel ve ekonomik zarar en aza seviyede olacaktır.

Anahtar Kelimeler: dönel kavşak, kısmi denetim, sinyalizasyon, sinyalize dönel kavşak, trafik yönetimi.

Temmuz 2022, 137 sayfa

ABSTRACT

MASTER THESIS

ANLYSIS OF DIFFERENT CONTROL METHODS FOR SIGNALIZED ROUNABOUTS

Said Ehsanullah INANCH

Supervisor: Prof. Dr. Mahir GÖKDAĞ

Co-Supervisor: Prof. Dr. Yetiş Şazi MURAT

Purpose: The aim of this study is to examine whether Roundabout Metering(RM) applications are valid in which traffic conditions and geometric conditions in order to prevent excessive queuing and delays due to irregular flows. It is also to confirm with the findings in previous studies.

Method: In this study, RM control was examined. For this, gaps are created in the circulating flow at the roundabout. For such intersections, the approach arm that will be signaled with the approach arm with control detector is important. The main current of the junction is controlled by the detector and by signaling the branch that prevents this current from entering the junction. In the study, the applicability of this intersection was examined according to the results obtained using the SIDRA Intersection simulation program.

Findings: In addition to the traffic volume, different geometric features of the intersection; The effect of the number of strips was found to be significant. Although the effect of other geometric features of the intersection is small, its evaluability has also been seen. With the results of SIDRA, it has been confirmed that RM, which is applied especially at intersections with irregular traffic flow, is a more suitable option than signalized intersection and roundabout in order to avoid excessive queuing in traffic and average delays of vehicles. It has also been seen that the design of the RM is important in terms of economic, environmental and capacity.

Conclusion: In roundabouts, there is excessive queuing and an increase in the average delays of vehicles due to irregular currents, especially in certain periods due to the main flow. In order to minimize queuing and delay, it was determined that these intersections were redesigned as RM under certain traffic conditions, resulting in positive intersection performance. By designing the intersections serving unbalanced traffic flow as RM, the intersection capacity will increase and the environmental and economic damage will be minimized.

Keywords: Roundabout, Roundabout Metering, Signal Control, Traffic Management.

July 2022, 137 pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
GİRİŞ.....	1
KURAMSAL TEMELLER.....	3
Trafik Yönetimi.....	3
Trafik yönetiminin amaçları.....	3
Trafik yönetimi teknikleri	3
Trafik yönetiminin bileşenleri.....	4
Kavşaklar.....	6
Kavşak tipleri	7
Kavşak performans parametreleri	16
Kaynak Özetleri	27
MATERYAL VE METOT.....	32
Materyal	32
Yöntem.....	32
Analizler.....	32
Analizlerde kullanılan programlar	33
Analizlerde kullanılan senaryolar(trafik hacimleri)	36
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	49
Senaryoların Oluşturulması.....	49
SIDRA Intersection Örnek Çalışmaların Sonuçları	49
Örnek Çalışma-1 sonuçları.....	49
Örnek çalışma-2sonuçları.....	58

Örnek çalışma-3özet sonuçları.....	67
Örnek çalışma-4(Kelleci kavşağı).....	68
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	79
KAYNAKÇA	81
ÖZGEÇMİŞ.....	83



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. MDKların Temel Özellikleri Karşılaştırması	16
Tablo 2. Örnek Bir Normallik Testi.....	35
Tablo 3. Örnek Bir Çarpıklık ve Basıklık Değerleri.....	35
Tablo 4. Örnek Bir Homojenlik Testi	35
Tablo 5. Örnek Bir Varyans Analizi Testi	36
Tablo 6. Kuzey Yaklaşım Kolu Senaryoları	37
Tablo 7. Güney (kontrol) Yaklaşım Kolu Senaryoları.....	38
Tablo 8. Doğu Yaklaşım Kolu Senaryoları	39
Tablo 9. Batı(Metering) Yaklaşım Kolu Senaryoları	39
Tablo 10. Kuzey Yaklaşım Kolu Senaryoları	40
Tablo 11. Güney(Kontrol) Yaklaşım Kolu Senaryoları.....	41
Tablo 12. Doğu Yaklaşım Kolu Senaryoları	41
Tablo 13. Batı Yaklaşım Kolu Senaryoları.....	42
Tablo 14. Güney(Metering-Sinyalize) Yaklaşım Kolu Senaryoları	43
Tablo 15. Kuzey(Kontrol) Yaklaşım Kolu Senaryolar	44
Tablo 16. Batı Yaklaşım Koluna Ait Senaryolar	45
Tablo 17. Kelleci Kardeşler Kavşağı Trafik Hacimleri-Bölüm-1	46
Tablo 18. Kelleci Kardeşler Kavşağı Trafik Hacimleri-Bölüm-2	47
Tablo 19. Kelleci Kardeşler Kavşağı Trafik Hacimleri-Bölüm-3	48
Tablo 20. Örnek Çalışma-1 Kavşağına Ait Geometrik Elemanların Tasarım Özellikleri.....	50
Tablo 21. DK ve SDK ArasındakiDoygunluk Dereceleri Farkı	50
Tablo 22. MDK ile KDSDK Arasındaki Kavşak Kapasiteler ve Aralarındaki Fark	51
Tablo 23. MDK ve KDSDK Ortalama Gecikmeler ve Aralarındaki Fark	52
Tablo 24. MDK ve KDSDK Arasındaki Hizmet Düzeyi	53
Tablo 25. MDK ve KDSDK Kuyruk Uzunlukları ve Aralarındaki Fark.....	53
Tablo 26. MDK ve KDSDK Durma Oranları ve Aralarındaki Farkı	54
Tablo 27. MDK ve KDSDK Yakıt Maliyeti Ve Aralarındaki Fark.....	55
Tablo 28. MDK ve KDSDK Yakıt Tüketimleri Ve Aralarındaki Farkı	56
Tablo 29. MDK ve KDSDK Arası Karbon Dioksit-CO2 Gazı ile Aralarındaki Fark	57
Tablo 30. Örnek Çalışma-2'nin Geometrik Elemanlarına Ait Tasarım Özellikleri.....	58
Tablo 31. MDK ve KDSDK Doygunluk Derecesi ve Aralarındaki Fark	59

Tablo 32. MDK ve KDSDK Kapasitesi ve Aralarındaki Fark	60
Tablo 33. MDK ve KDSDK Ortalama Gecikmesi ve Aralarındaki Fark	61
Tablo 34. MDK ve KDSDK Hizmet Düzeyi ve Aralarındaki Fark Durumu	62
Tablo 35. MDK ve KDSDK Kuyruk Uzunluğu ve Aralarındaki Fark	62
Tablo 36. MDK ve KDSDK Durma Oranı ve Aralarındaki Fark.....	63
Tablo 37. MDK ve KDSDK Yakıt Tüketimi ve Aralarındaki Fark	64
Tablo 38. MDK ve KDSDK Karbon Dioksit-CO2 Gazı ve Aralarındaki Fark	65
Tablo 39. Örnek Çalışma-1-2 ve Bazı Farklı Deneme Sonuçların Özeti.....	66
Tablo 40. Örnek Çalışma-3 Sonuç Özeti	67
Tablo 41. Şerit Genişliği 3.00m'den 3.50m çıkarıldığında Ortalama Gecikmeye % Olarak Etkisi (Artma /Azalma).....	68
Tablo 42. Şerit Genişliğinin 3.00m'den 4,50m Olarak Yeniden Tasarlanmasının Ortalama Gecikmeye Etki Oranları	69
Tablo 43. Şerit Sayısı 2x2'den 2x3 Yapılmasının Ortalama Gecikmeye Etki Oranları	69
Tablo 44. Ada Çapının 20 m Artırılmasıyla Kavşakların Ortalama Gecikmelerine Etki Oranları	70
Tablo 45. Sirkülasyon Genişliğinin 10 m Artmasının Ortalama Gecikmeye Etkisi.....	70
Tablo 46. Şerit Sayısının Yakıt Tüketimine Etkisi-Olumlu(+), Olumsuz(-)	72
Tablo 47. Şerit Genişliğinin 3.5m'den 4.5m'ye Çıkarılmasının Yakıt Tüketimine Etki Oranları	72
Tablo 48. Ada Çapının 20m Genişletilmesinin Yakıt Tüketimi Üzerine Etki Oranları	73
Tablo 49. 50 cm Şerit Genişliği Artmasının Yakıt Maliyetine Etkisi-Olumsuz(-) Olumlu(+).	74
Tablo 50. Şerit Genişliğinin 3,5m'den 4,5m Olarak Yeniden Tasarlanmasıyla Yakıt Maliyetine Etki Oranları-Azalma(+) Artma(-)	74
Tablo 51. Şerit Sayısını 2x2'den 2x3 Olarak Yeniden Tasarlanmasıyla Sinyalize Kavşakta Yakıt Maliyetine Etki Oranları.....	74
Tablo 52. Dönel Kavşaklarda Şerit Sayısını 2x2(2 Sirküle Şeritli)'den 2x3(3 Sirküle Şeritli) Olarak Yeniden Tasarlanmasının Yakıt Maliyetine Etki Oranları	75
Tablo 53. Ada Çapının 40m'den 60m Olarak Tasarlanmasıyla Yakıt Maliyetinde Oluşan Etki Oranları.....	75
Tablo 54. Şerit Sayısının 2x2'den 2x3'e Çıkarılmasının Kavşak Emisyonu Üzerindeki Etki Oranları	76
Tablo 55. Şerit Genişliğinin 1m Artırılmasıyla Kavşak Emisyonu Üzerindeki Etki Oranları	76

Tablo 56. Ada Çapı 40'den 60m'ye Genişletilmesinin Kavşak Emisyonları Üzerine Etki

Oranları77



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Kavşakların sınıflandırılması	7
Şekil 2. Farklı düzeyli kavşakların yaygın uygulamaları	8
Şekil 3. Denetimsiz eşdüzey kavşak türleri	9
Şekil 4. Dönel kavşak girişinde, taşıt yönünün saptırılması	12
Şekil 5. Dönel kavşak girişinde şerit sayısının ve genişliğin artırılması.....	12
Şekil 6. Denetimsiz hemzemin kavşaklarda ve yuvarlak adalarda çakışma noktaları-üç kollu kavşak	13
Şekil 7. Denetimsiz eşdüzey kavşaklar ile dönel kavşaklarda çakışma noktaları-dört kollu kavşak	13
Şekil 8. Bir MDK uygulaması-Carmel-Amerika	14
Şekil 9. MDKta bulunan geometrik elemanlar.....	15
Şekil 10. Gecikmeden dolayı oluşan kuyruk-Denizli.....	17
Şekil 11. Sinyalize kavşağın yaklaşım kolunda taşıt yörünge diyagramı ile gecikme bileşeni	18
Şekil 12. Otomobillerin egzoz emisyonu	20
Şekil 13. Sinyalize dönel kavşaklar için geliştirilen sinyal süresi hesabı yaklaşımı adımları .	21
Şekil 14. İzmir otobüs garajı dönel kavşağı	24
Şekil 15.Tavsiye edilen dönel kavşak ve tavsiye edilmeyen dönel kavşak örnekleri	24
Şekil 16. Tam denetimli sinyalize dönel kavşağı örneği-Anadolu Lisesi Kavşağı-Denizli.....	25
Şekil 17. KDSDK	27
Şekil 18. KDSDK için taşıt yükünün etkileri	33
Şekil 19. Dört yaklaşım kollu KDSDK	37
Şekil 20. Üç kollu KDSDK Örneği	43
Şekil 21. Kelleci kardeşler kavşağı - Denizli	46
Şekil 22. MDK ve KDSDK doyumluk dereceleri grafiği	50
Şekil 23. MDK ve KDSDK kapasite grafiği	51
Şekil 24. MDK ve KDSDK ortalama gecikme grafiği.....	52
Şekil 25. MDK ve KDSDK kuyruk uzunluğu grafiği	54
Şekil 26. MDK ve KDSDK durma oranı grafiği.....	55
Şekil 27. MDK ve KDSDK yakıt maliyeti grafiği	56
Şekil 28. MDK ve KDSDK yakıt tüketimi grafiği.....	57
Şekil 29. MDK ve KDSDK karbondioksit-CO2 grafiği.....	58

Şekil 30. MDK ve KDSDK doygunluk derecesi grafiği	59
Şekil 31. MDK ve KDSDK kapasitesi grafiği	60
Şekil 32. MDK ve KDSDK ortalama gecikme grafiği.....	61
Şekil 33. MDK ve KDSDK kuyruk uzunluğu grafiği	63
Şekil 34. MDK-KDSDK durma oranı grafiği	64
Şekil 35. MDK-KDSDK yakıt tüketimi grafiği	65
Şekil 36. MDK-KDSDK karbon dioksit-CO ₂ grafiği	66



KISALTMALAR DİZİNİ

V_C	: Kontrol yaklaşım kolunun önünde sirkülasyon yapan trafik hacmi (ta/sa)
V_{CA}	: Kontrol yaklaşım kolundaki trafik hacmi (ta/sa)
CO_2	: Karbondioksit
CO	: Karbon monoksit
HC	: Hidrokarbon
KDSDK–SDK-RM:	KDSDK – Sinyalize Kavşak -Roundabout metering
kg	: kilogram
KGM	: Karayolları genel Müdürlüğü
L	: Litre
m	: metre
MDK-DK-R	: Modern dönek kavşak – Dönel Kavşak - Roundabout
NOX	: Azot oksit
sa	: saat
SK - SI	: Sinyalize kavşak - Signalized Intersection
ta	: taşıt

GİRİŞ

Günümüzde dünya nüfusunun artışıyla birlikte trafikte motorlu taşıtların sayısı da hızlı bir şekilde artış göstererek trafik sıkışıklığı(tıkanıklık), gecikme, emisyon artışı ve gürültü kirliliği gibi farklı sorunları da beraberinde getirmektedir. Bu problemlerin giderilmesi ve en az seviyeye düşürülmesi ile ilgili pek çok araştırma yapılmıştır.

Son zamanlarda endüstriyel gürültü kirliliği türlerinden daha ciddi sağlık sorunlarına neden olan ve trafikte yakıt tüketiminin sonucu meydana gelen gürültü kirliliğinin en önemli etkenlerinden biri de trafik yoğunluğu olarak kabul edilmektedir.

Özellikle iki ve daha fazla karayolunun kesiştiği bölgelerde(kavşaklarda) meydana gelerek can ve mal kayıplarına sebebiyet veren trafik kazalarının en az seviyeye düşürülmesi amacıyla çeşitli trafik denetim yönetimleri uygulanmaktadır.

Sinyalize kavşaklarda çakışma sayısının çok olması ile, dönel kavşaklara göre daha fazla kazaya neden olmaktadır.Dönel kavşakların önemli tercih etme sebepleri trafik güvenliği, kapasite ve sinyalize kavşaklara nazaran zaman tasarrufunun daha iyi olmasıdır. Bütün yaklaşım kolları bir giriş, bir çıkış şeridinden oluşan dört yaklaşım kollu bir kavşak için, kavşağın denetimsiz olması göz önünde bulundurulduğunda çakışma noktası sayısı otuz ikiye, aynı kavşağın dönel kavşak olarak yapılması ile çakışma noktası sayısı en fazla sekiz olmaktadır. Dolayısıyla dönel kavşakların trafik güvenliği açısından oldukça etkin olduğu ortaya konulmuştur.

Dönel kavşak kullanımının yaygınlaşmasıyla bu sorunların önüne kısmen geçilebilse de bazı dönel kavşakların özellikle düzensiz trafik hacimlerine(bazı yaklaşım kollarda çok fazla,bazı yaklaşım kollarında ise çok az trafik hacminin olması) hizmet vermesi nedeniyle kavşak kollarının belli zaman dilimlerinde belli yaklaşım kollarında oluşan trafik hacimleri yoğunlaşabilir. Böyle durumlarda bu tip dönel kavşakların kapasite ve performansında dengeli hizmeti ve zaman tasarrufu sağlayabilmek ve aynı zamanda güvenliği göz önünde bulundurarak sinyalizasyon uygulanabilir.

Sinyalize dönel kavşak uygulamasını yaparken kuyruk detektörünün kuruluş mesafesine, devre süresine, trafik hacmine bağlı olarak kavşağın geometrik özelliklerini de dikkat etmek gerekmektedir.

Bu tür döner kavşağa trafik sinyali kontrolünün getirilmesi, yoğun dönemlerde düzensiz trafik akışlarıyla ilişkili olup, sorunların üstesinden gelmek için kullanılabilecek bir

tekniktir. Bununla birlikte, sinyal kontrolünün biçimi, işleyiş ayrıntıları ve tüm yol kullanıcıları üzerindeki etkisinin, bir döner kavşakta uygulamaya uyarlanmadan önce göz önünde bulundurulması gerekir (Natalizio 2006).

Sinyalize dönel kavşaklar farklı şekillerde uygulanmakta olup, kısmi denetimli sinyalize dönel kavşak(KDSDK) ve sinyalize dönel kavşak uygulamaları, dünyada uygulanan iki farklı denetim yöntemidir.

Özellikle Avustralya’da uygulanan sinyalize dönel kavşağın karşı ayağındaki gecikmeleri azaltmak ve dolaşımdaki akışı ölçmek için dönel kavşağın bir yaklaşımına sinyaller yerleştirilir. Bu yaklaşım yarı zamanlı-kısmi denetimli olarak çalışır ve tanımlanmış bir kritik mesafeye ulaşan gecikmeli yaklaşımda sıra uzunluğu(kuyruk) ile etkinleştirilir(Natalizio 2006).

KDSDK daha çok üç yaklaşım kollu olarak uygulanmaktadır. Hangi koldaki saatlik trafik hacmi fazla ise o yaklaşım kolu detektör yardımı ile kontrol edilirken, bu koldaki araçların kavşak girişlerine mani olan koluna da sinyalizasyon sistemi uygulanır. Kontrol detektörlü yaklaşım kolundaki trafik akımı detektöre ulaşınca, sinyalizasyon sistemli yaklaşım kolundaki sinyalizasyon sistemi bu yaklaşım kolundaki araçları, kavşağa girmeye müsaade etmekte ve detektöre kadar uzanan akımın kavşağa girmesi sağlanmaktadır. Böylelikle kavşakta oluşabilen olası tıkanıklığı engellemektedir (Çakıcı 2014).

Bu çalışmanın amacı, kısmi denetimli olarak çalışan sinyalize dönel kavşaklar ile modern dönel kavşak(MDK) arasındaki kavşak performansı ile bu kavşakların emisyon miktarlarını incelemektir. Bunun için, Natalizio (2006) ve Akçelik (2006) “sinyalize dönel kavşakların etkin olduğu hacimler”, geometrik özellikleri de göz önünde bulundurularak bazı senaryolar oluşturulmuştur. Natalizio’nun belirlemiş olduğu trafik hacimlerin sınırları dışına çıkılarak da bazı senaryolar oluşturulmuştur. Tüm bu senaryoların incelenmesi için mikro simülasyon programı SIDRA Intersection ile kavşakların geometrik özellikleri de farklı ölçülerde tutularak sinyalize kavşaklar, dönel kavşaklar ve KDSDK aralarındaki farklar incelenmiştir.

Çalışmanın sonuçları SPSS ile tek yönlü varyans analizi yapılarak kavşaklar arası parametrelerdeki farklılıkların anlamlılık dereceleri incelenmiştir.

KURAMSAL TEMELLER

Trafik Yönetimi

Trafik yönetimini, kısaca yayaların, motorlu veya motorsuz araçların güvenli olarak seyir etmelerine, trafik akışlarının denetlenmesine, park düzenlemesi ve yol kapasitesinin artırılmasına yönelik mevcut önlem ve yol gösteren uygulamalar olarak bilinir.

Trafik yönetiminin geçmişine göre trafikte motorlu araçların kullanımı, beraberinde meydana gelen veya çoğalan trafik kazalarının olmaması için trafik polisleri, yatay-düşey trafik işaretleri ve sinyalizasyon sistemleri ile başladığı anlaşılmaktadır. Trafikte yol boyunca yerleştirilen algılayıcılardan elde edilen verileri değerlendiren merkezi bir bilgisayar sistemi tarafınca yönetilmesi hızlı bir şekilde artmaktadır. Akıllı ulaşım sistemleri Amerika başta olmak üzere Avrupa'nın birçok ülkesi ve Japonya gibi ülkelerde çok gelişmiş şekilde kullanılmaktadır (Masoud 2018).

Trafik yönetiminin amaçları

Trafik yönetimi uygulamasıyla birlikte hedeflenen amaçlar, yol güzergâhında trafik akışını geliştirmek ve iyileştirmek, bölgeye insanların ve eşyaların ulaşımını kolaylaştırmak, kazaları minimize etmek, yol güvenliğini sağlamak gibi çevresel gelişme sağlamaktır. Bu hedeflerin birbirlerine uymadıkları halde mümkün olan en iyi denge kurulmaya çalışılmalıdır. Bu hususlar yerine getirilirken, trafik akımlarına olumsuz etki gösterip göstermediğine de dikkat edilmelidir.

Trafik yönetimi teknikleri

Bu teknikler üç ana başlığa ayrılmaktadır.

Taşıt hareketliliğine yönelik teknikler(Yolağının iyileştirilmesi)

Bu çalışmalar ile birlikte altyapıda uygulanacak fiziki ve işletme önlemleriyle araçların daha iyi seyir etmeleri amaçlanmaktadır.

- i. Yolağının altyapısı kapasitenin yükseltilmesi
- ii. Kavşakların geometrik düzenlemeleri ve denetim sistemleri
- iii. Yol genişletmeleri veya daraltmaları
- iv. Yolun kaplama özelliklerinin iyileştirilmesi
- v. Yol kenarı otoparklarının kısıtlanması

- vi. Ulaşım koridorlarına süreklilik kazandırılması
- vii. Yaya ve servis trafiğinin düzenlenmesi
- viii. Yollarda işletme önlemlerinin alınması
- ix. Sinyalizasyon sisteminin eşgüdümlü düzenlenmesi
- x. Trafik levha ve çizgilerinin düzenlenmesi
- xi. Otobüs, taksi durak yerlerinin düzenlenmesidir.

İnsan hareketliliğine yönelik teknikler

Bu çalışmalar sonucunda ise gene altyapıda fiziksel ve işletme açıdan yapılacak önlemler ile yolcu veya yayaların daha iyi seyahat etmeleri hedeflenmiştir. Bunlar:

- i. Toplu taşıma işletmeciliğinin geliştirilmesi
- ii. Hat sistemlerinin düzenlenmesi
- iii. Otobüslere öncelik tanıyan otobüs yolu, otobüs şeridi, sinyalizasyon uygulamaları
- iv. Yürüme ve yaya alanlarının yaygınlaştırılması.

Taşıt talebine yönelik teknikler

Buradaki uygulamalardan beklenti ise fiziksel ve işletme tedbirleri ile yolcuların ulaşım isteklerinde kullanacakları araç çeşidi tercihinin etkilenmesidir:

- i. Toplu taşımayı daha cazip hale getirecek uygulamalar
- ii. Özel otomobil kullanımını zorlaştıracak uygulamalar
- iii. Özel otomobil ile toplu taşımayı bütünleyici uygulamalar.

Trafik yönetiminin bileşenleri

a. Trafik kontrol sistemleri

- Kentsel trafik kontrol merkezleri ve
- Hız kontrol sistemleri.

b. Trafik haberleşme (iletişim) sistemleri

Radyo-telsiz trafik uyarı sistemiyle motorlu taşıt kullanıcılarına acil bir durumda belirli bir frekanstan radyo dalgaları ile eş zamanlı olarak bilgiler verilir.

- Trafik uyarı radyo – telsiz hattı,
- Değişken ileti panoları,
- Değişken karayolu işaretleri ve
- Kişisel trafik bilgi sistemleri.

c. Trafik izleme sistemleri

Yol ve kavşak trafik bilgilerini eş zamanlı olarak kullanıcıya ulaştırması için trafiğin sürekli takip edilmesi gerektiğinden aşağıdaki sistemler kullanılmaktadırlar.

- Yol boyu algılayıcılar
- CCTV kapalı devre TV kameraları
- Duvar haritaları
- Gezici polis otoları
- Helikopterler
- Sivil oto kontrol (Denetleme).

d. Trafik ve yol bilgilerini toplama sistemleri

Trafik ölçüm detektörleri Akıllı Ulaşım Sistemleri'nin ana bileşenlerinden biridir. Hız ihlal durumu, taşıt sayma gibi trafik ölçüm verilerini bir merkezde birleştirir ve bunları anlık olarak sunmak amacıyla kullanılır. Bu detektörler vasıtasıyla toplanan veriler kullanarak, vatandaşlara bilgi aktarılmakta, seçenek olarak önerilen güzergâhlara gönderilmekte, trafik yoğunluğu artış gösteren bölgelerde talebi düşürerek, yol ağ kapasitesinin en verimli biçimde kullanılmasına çalışılmaktadır.

Trafik ölçüm detektörlerinin türleri:

- Mikrodalga Radar
- Bluetooth Sensör
- Loop Sensör
- Araç İçi Sayım Sistemleri
- Kablosuz Manyetik Sensör
- Trafik Verisi Toplama Sistemi (TVTS)
- Radar Tabanlı Trafik Ölçme Sistemi (RATOS).

e. Toplu ulaşım öncelik sistemi

Şehir içi dolaşan özel taşıt kullanımını en az düzeye düşürerek insanların bir hedefe hızlı olarak varmasını sağlamak. Bununla birlikte hava kirliliğinin azalması için toplu ulaşım öncelik sisteminde toplu ulaşım taşıtlarını hızlandırması için şehir içi dolaşırken sinyalli kavşaklarda sensörler sayesinde yeşil ışık önceliği tanımaktadır.

f. Acil uyarı sistemleri

Otobanlarda yol üzeri belirli noktalarda bulunan acil detektör uyarıları ve telefon hatları bu tip sistemlerde en çok kullanılan cihazlardır. Yol boyunca kullanılan telefonlarla görevli trafik polisi meydana gelen açık durumu merkeze ve o yolda telsiz kullananlara bildirir veya merkez kendisi o yönde bulunan detektörler ve kameralardan bilgi alır durumu değişken ileti panolarına iletir.

g. Acil durum yönetim sistemleri

Çoğu zaman kent içi esas ulaşım akslarında kullanılmakta olan acil durum yönetimi ‘Incident Management’ sistemi; yol trafiğın akışını, emniyetini olumsuz etkileyen olaylar, arızalanan araç, kötü hava koşulları ve yol bakımı gibi acil durumu olduğunda; olayı anında belirleyerek algılayabilmektedir. Böylece olabildiğince en kısa zamanda yol emniyetini ve akışını tekrar sağlamak üzere merkeze bilgi iletir. Buna göre otomatik bir şekilde trafiği düzenleyen bir sistemdir (Yorulmaz 2001).

h. Otomatik araç tanımlama sistemleri

Otomatik araç tanımlama AVI (Automatic Vehicle Identification)sistemleri üç elektronik elemandan oluşmaktadır.

- Araca monte edilmiş bir elektronik geçiş kartı
- Yol boyunca belli noktalarda yerleştirilmiş cihazlar
- Ana bilgisayar sistemi (veri toplanma merkezi).

i. Algılayıcılar

- Video algılayıcılar,
- Mikrodalga radar algılama,
- Bukle detektör algılama ve
- Hava durumu izleme.

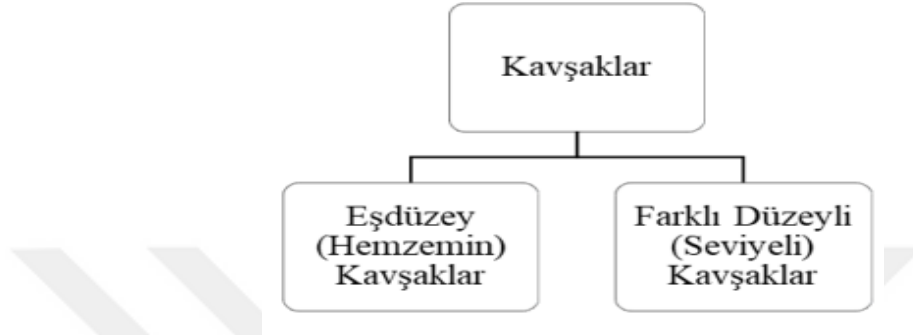
Kavşaklar

Kavşaklar, birden fazla yönden gelen trafik akımlarının kesiştiği, birleştiği ve ayrıldığı alanlar olarak tanımlanabilir. Genellikle üç kollu ve dört kollu olarak uygulanan kavşaklar dörtten fazla kollu halinde de zaruriyete(ihtiyaca)göre yapılabilmektedir. Farklı manevralardan dolayı da kavşak alanlarında trafik kazalarının görülmesi çok yüksektir (Murat ve Çakıcı 2015).Kazaların oluşması açısından riskli olan bu alanlarda oluşabilecek trafik

kazalarını önlemek ve minimuma indirmek amacıyla karayollarının farklı trafik denetimi yöntem ve teknikleri uygulanmaktadır. Böylece kazalardan dolayı hem can kaybı hem de mal kaybının önü kesilebilmektedir.

Kavşak tipleri

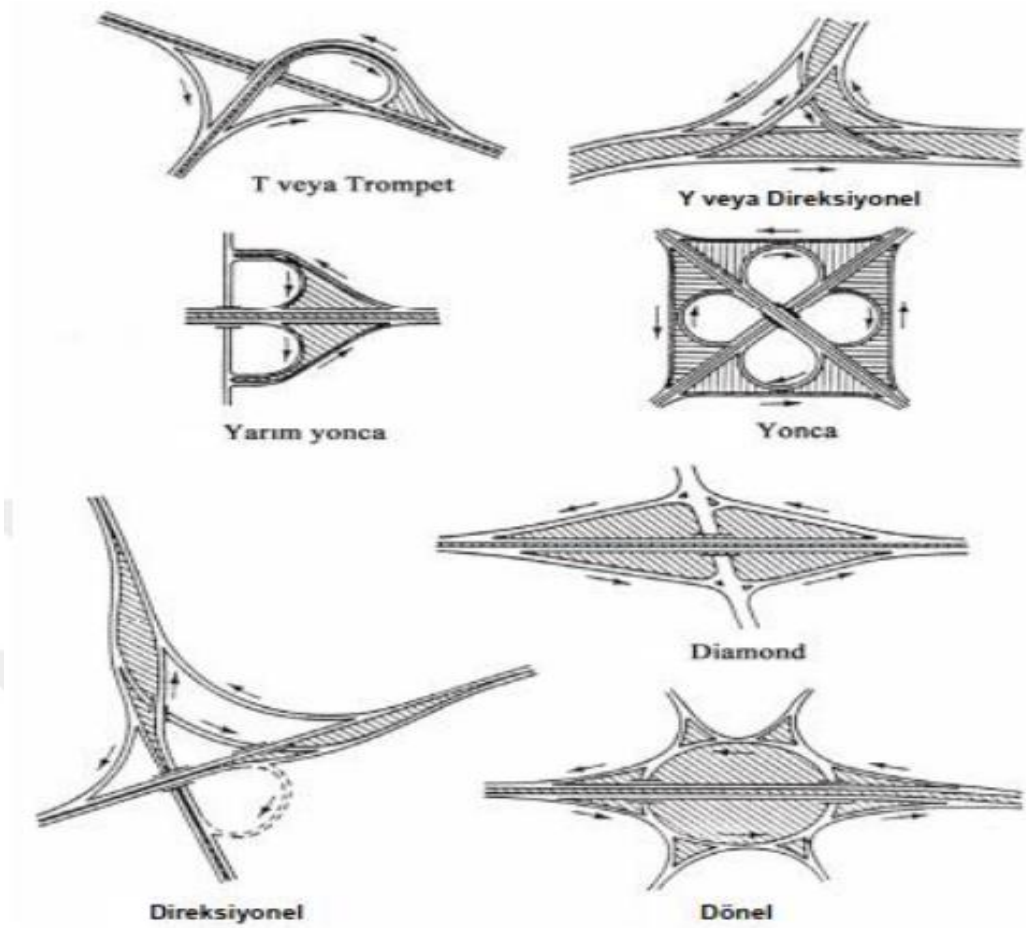
Kavşakları farklı özelliklerine göre farklı sınıflara ayırmak mümkün olmakla birlikte kesiştiği düzlemlere göre iki ana gruba ayrılabilir.



Şekil 1. Kavşakların sınıflandırılması (KGM 2016)

Farklı düzey kavşaklar

Bu kavşaklar iki veya daha fazla yol ağının aynı veya farklı seviyede kesişmesi ve birleşmesiyle oluşmaktadır. Karşılıklı geçiş ve dönüşlerdeki çakışmaları en aza indirmek suretiyle trafik tıkanıklığı ve gecikmeyi de en aza indirmek bu tip kavşakların uygulama amaçlarındandır. Şekil 2’de en çok tercih edilen farklı düzey kavşaklar verilmiştir (KGM 2016).



Şekil 2. Farklı düzeyli kavşakların yaygın uygulamaları (KGM 2016)

Katlı kavşakların tasarımı sırasında yayaların geçişlerinde emniyetinin sağlanması, araçların konforlu olarak kavşağı kullanmaları ve park alanlarının yeterli olmasına dikkate alınmalıdır (Kutlu 1993).

Eşdüzey (hemzemin) kavşaklar

İki veya daha fazla yönden gelen trafik akımlarının kesiştiği, birleştiği ve ayrıldığı hemzemin (aynı düzey) alana eşdüzey kavşak adı verilir. Genelde trafik hacminin düşük olduğu kentiçi ve kent dışı yollarda uygulanan hemzemin kavşaklarda gene yayaların ve taşıtların bu alanları emniyetli olarak kullanmaları bu kavşakların tasarım esaslarındandır. Aynı düzey kavşakların tasarım sırasında dikkat edilecek diğer özellikler ise şunlardır:

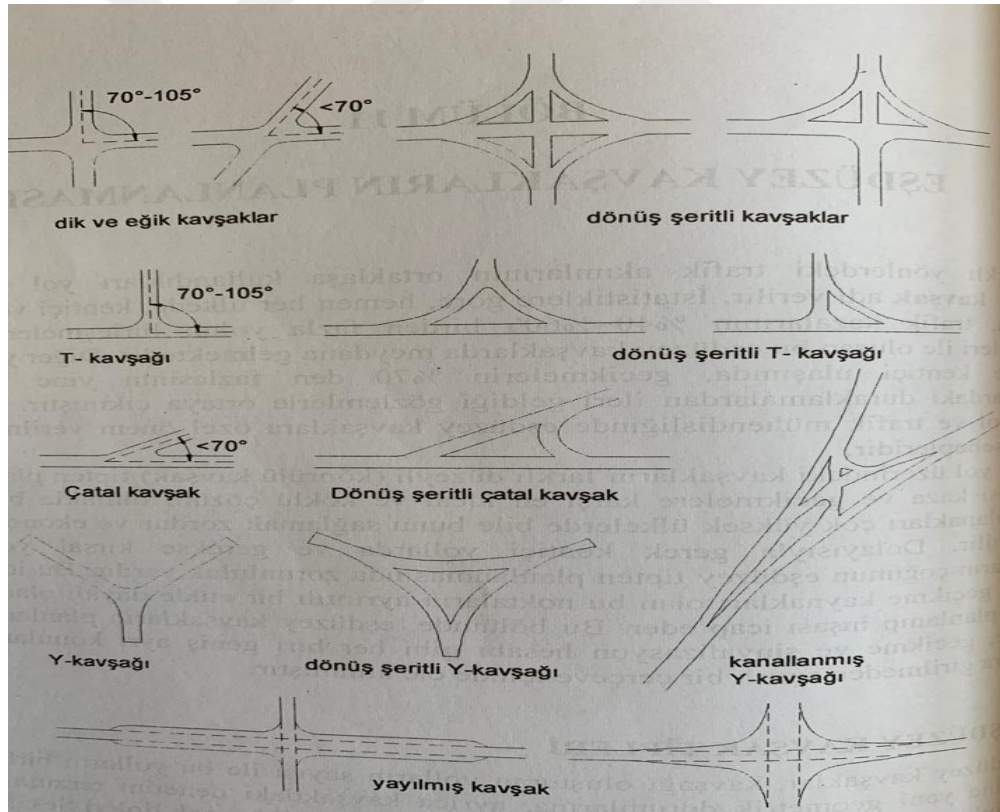
- Ekonomi
- Topoğrafya
- Kavşağa giren/çıkan tüm taşıtların görünebilmesi
- Estetik ve çevre uyumu
- En az manevrayla kavşağı terk edebilme (Tunç 2003)

Eşdüzey kavşakların sınıflandırılması aşağıda verilmiştir.

Eşdüzey kavşakları kendi içerisinde de aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- Denetimsiz eşdüzey kavşaklar
- Denetimli (sinyalize) eşdüzey kavşaklar
- Dönel kavşaklar
- Sinyalize dönel kavşaklar

Sinyalize olmayan (denetimsiz) kavşaklar, daha çok trafik hacminin çok az olduğu karayolu kesişme bölgelerinde yapılmaktadır. Bu tür kavşakların yönetimi için taşıt hareketleri, trafik işaretleri ve trafik levhalarının dikkate alınması ile sürücülerin inisiyatifine bırakılması etkili ve yeterli olabilmektedir. Denetimsiz hemzemin kavşaklarda özellikle trafik yoğunluğunun artmasıyla birlikte, trafik kazası gibi birçok probleme neden olabilmektedir (Çakıcı 2014). Şekil 3'te denetimsiz eşdüzey kavşak örnekleri verilmektedir (Umar ve Yayla 1992).



Şekil 3. Denetimsiz eşdüzey kavşak türleri (Umar ve Yayla 1992)

Denetimli (sinyalize) eşdüzey kavşaklar

Bu tip kavşaklarda sinyalizasyon uygulanmasının amacı, kavşağı kullanan taşıtların düzenli ve emniyetli bir şekilde akımlarının sağlanmalarıdır (Çakıcı 2014). Bu kavşaklarda uygulanan ışık sistemleri diğer trafik işaretlemeleriyle birlikte sürücü ve yayaları bilgilendirerek trafik akımlarının kontrol edilmesini sağlar (Akmaç 2012).

Bununla beraber denetimli eşdüzey kavşaklarda görülmesi mümkün olan bazı olumsuzluklar da vardır. Bunlar:

- Sinyalizasyon sistemlerinin yatırım masrafı
- Sinyalizasyon sistemlerinin işletme, bakım ve onarım masrafları
- Özellikle yoğun trafik akımının bulunduğu anayolda seyreden araçların gereksiz yere durdurulup bekletilmeleri sonucu oluşan enerji, zaman ve amortisman kaybı
- Seyahat konforunun azalması
- Çevre kirliliğinin artması (Murat 2007).

Işıklı kavşakların tasarım sırasında; kavşaklardaki trafik akımlarının seyrini düzenli olacak şekilde kontrol etmesi, kavşakta olabilecek kaza sayısını en az seviyeye indirmesi, trafikteki(kavşaktaki) tıkanıklığı ve buna benzer sorunları ortadan kaldırması ve yolu kullanan savunmasız (yaya ve bisikletli) yolcuların seyahatlerine güvenilir bir şekilde devam etmelerine imkân sağlaması amaçlanmaktadır.

Bilindiği üzere bütün kavşaklar için trafik hacimlerinin değişiklik arz etmesi söz konusudur. Dolayısıyla sinyalizasyon uygulaması bütün kavşaklar için uygun olamayabilir. Kavşak yaklaşım kollarındaki trafik hacminin çok az olduğu durumlarda uygulanan kavşakların trafik işaretleri ve levhalar ile yönetilmesi yeterli olabilmektedir. Böyle durumlarda ekonomik ve çevresel açıdan zararlı olması ile birlikte araçların ışıklara takılmasından dolayı fazladan zaman kaybı yaşamaları nedeniyle sinyalizasyon uygulaması yapılmamaktadır. Bu sebeplerden ötürü, kavşaklarda sinyalizasyon (ışık) uygulamasının yapılıp yapılmaması için ilk olarak kavşaktaki saatlik trafik hacminin tespit edilmesinin yanı sıra kavşak geometrisi, arazi durumu ve yapısı, yaya bilgileri, kaza bilgileri gibi bazı önemli verilere ihtiyaç duyulabilmektedir (Çakıcı 2014).

Kavşaklarda sinyalizasyon uygulama sistemleri, kontrol ettikleri kavşakların durumuna göre ikiye ayrılmaktadır

a. İzole sinyalizasyon sistemler

Bu tür sinyalizasyon uygulama sistemleri etrafındaki diğer sinyalize sistemlerinden etkilenmeyen sinyalizasyon uygulama sistemleridir

b. Koordine sinyalizasyon sistemler

Bu tip sinyalizasyon uygulama sistemleri ise birbirine yakın bulunan sinyalize kavşakları ile karayolu ağında, taşıtların gecikmelerini en aza indirmek ve sık duruş-kalkışlarını engellemek için söz konusu kavşaklarda uygulanan sinyalizasyon sistemlerinin birbirleri ile bağlantılı bir şekilde işletilen sinyalizasyon sistemleridir.

Sinyalize kavşakların en önemli konularından biri de söz konusu kavşaklarda uygulanan sinyal sürelerinin hesabıdır. Bu tür kavşaklarda sinyal sürelerinin hesabı için aşağıdaki faktörler etkili olmaktadır

- Kavşağın geometrik yapısı
- Kavşak yaklaşım kollarının eğimi
- Kavşak yaklaşım kollarındaki trafik hacmi
- Trafik hacimlerinin sağa-sola dönüş yapan taşıtların sayısı vs.

Bu faktörlere dikkat edilmeden yapılan kavşak sinyal süreleri hesapları, kavşak yaklaşım kollarındaki taşıtların daha uzun zaman harcamalarına dolayısıyla daha çok gecikmelere sebebiyet verebilir. İlaveten, bu gibi durumlarda kavşakta trafik tıkanıklığı problemini de doğurmaktadır.

Işıklı kavşaklarda sinyal süreleri, İngiliz (Webster) yöntemi, Avustralya (Akçelik)yöntemi ve Amerikan (HCM) yöntemi gibi farklı yöntemler ile hesaplanabilmektedir (Çakıcı 2014).

Dönel kavşaklar

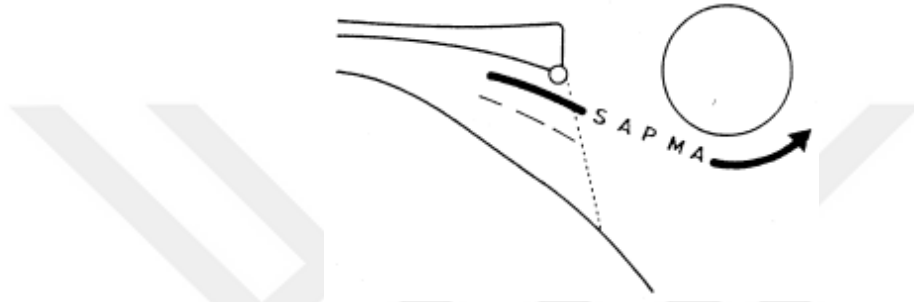
Dairevi bir trafik ada (yuvarlakada) etrafında, trafiğin saat yönünün tersine (eğer trafik akımı sağdan ise) veya saat yönünde (trafik akımı saat yönündeysen) akması yönlendirilmiş kavşaklar olarak bilinir (Janssens 1994). Bu tip kavşaklar, yollarda araçların hızını kontrol altına alarak çakışma noktalarının sayısını azaltmasıyla birlikte kavşaktaki taşıtların depolanabilmesine imkân vermektedir (Tunç 2003).

Günümüzde trafiğin soldan aktığı Avustralya, İngiltere vb. ülkelerde de yol güvenliği ve kapasitesi için MDK'lar uygulanmaktadır. Bu tip yuvarlakadaların sinyalize kavşaklara tercih edilmesinin başlıca nedenleri ise:

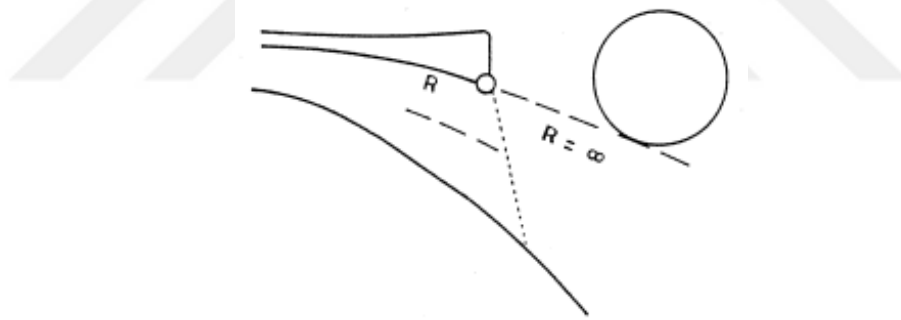
- Zorunlu yavaşlama nedeniyle kazalarda sayısal açıdan ve ayrıca şiddet olarak fark edilir azalma
- Kavşaklardan geçişte beklemenin azalması
- Yaya geçiş imkânlarının sağlanması

- Işıklı sinyal tesislerinin gerekli olmaması
- Yapım, bakım ve kontrol maliyetlerinin yüksek oranda azalması
- Yüksek araç kapasitesiyle yüksek sayıda bisiklet ve motosiklet geçmelerine de olanak sağlamasıdır (Oustron ve Bared 1995).

Dönel kavşak tasarımında trafik ada yarıçapı en az 5m olarak düşünülmektedir. Kavşak kapasite değerlendirmelerinde de genellikle dönel kavşağın, ada ve dönüş şeritlerini de kapsayan çap değerlerinden faydalanılmaktadır. Şekil 4'te dönel kavşakta araçların saptırılması ve Şekil 5'te ise dönel kavşak şerit sayısının ve genişliğinin arttırılmasını göstermektedir (Oustron ve Bared 1995).



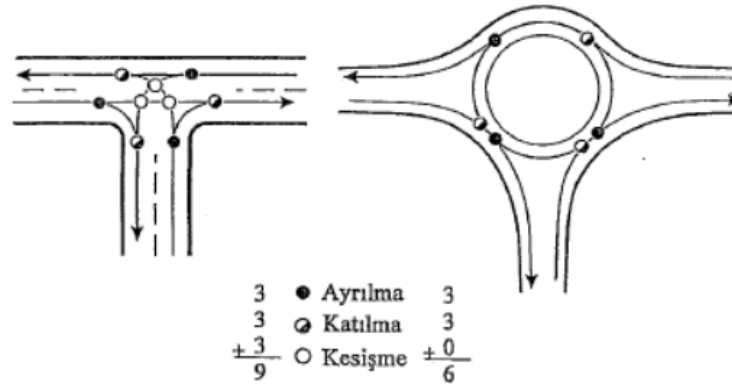
Şekil 4. Dönel kavşak girişinde, taşıt yönünün saptırılması (Oustron ve Bared 1995)



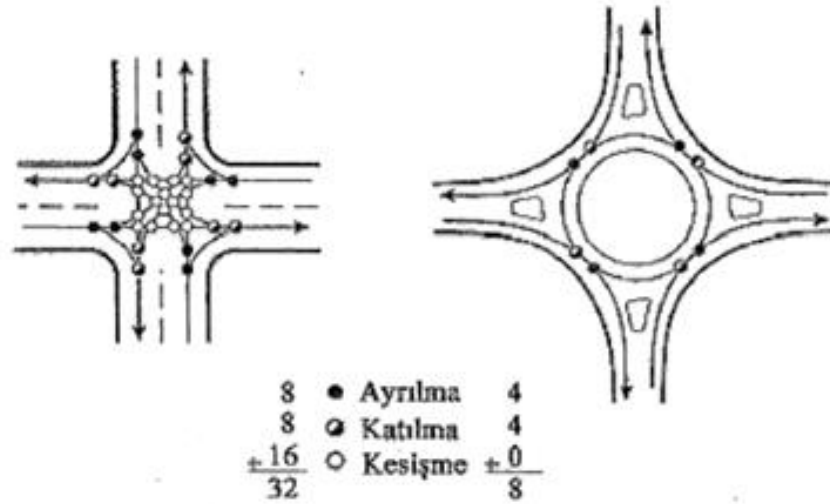
Şekil 5. Dönel kavşak girişinde şerit sayısının ve genişliğinin arttırılması (Oustron ve Bared 1995)

Trafik güvenliği ve kapasite açısından da dönel kavşakların daha avantajlı olduğu bilinmektedir. Üç yaklaşım kollu (tüm yaklaşım kolları bir giriş ve bir çıkış şeritten oluşan) bir dönel kavşakta denetimsiz olarak tasarlandığında kavşakta araçların çakışma noktalarının sayısı dokuz olup bu noktaların sayısı aynı kavşağı dönel kavşak olarak tasarlanmasında altı olarak bilinmektedir. Tüm yaklaşım kolları bir giriş bir de çıkış şeritlerinden oluşan dört yaklaşım kollu bir denetimsiz kavşakta, araçların çakışabileceği noktaların sayısı otuz iki iken, aynı kavşağı dönel kavşak olarak düşünülmesi durumunda taşıtların çakışma noktalarının sayısı en fazla sekiz olmaktadır. Buradan da söz konusu bu iki tip kavşak tercihinde trafik güvenliği açısından dönel kavşak türünün seçimi oldukça doğru bir karar

olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 6’da üç kollu ve Şekil 7’de ise dört kollu denetimsiz hemzemin kavşaklardaki ve yuvarlakadalardaki çakışma noktaları gösterilmiştir(KGM 2016).



Şekil 6. Denetimsiz hemzemin kavşaklarda ve yuvarlakadalarda çakışma noktaları-üç kollu kavşak (KGM 2016)



Şekil 7. Denetimsiz eşdüzey kavşaklar ile dönele kavşaklarda çakışma noktaları-dört kollu kavşak (KGM 2016)

Şekil 8’de Carmel-Amerika’daki bir MDK uygulamasını göstermektedir (Padgett 2008).



Şekil 8. Bir MDK uygulaması-Carmel-Amerika (Padgett 2008)

Burada şekilden de görüldüğü üzere, 1 ve 3 numaralı bölümde, kesikli çizgiler yardımı ile araçların kavşağa girmeleri için beklemesi gereken yerlerdir. Bu kısımlarda yaklaşım kollarındaki araçlar, kavşak içindeki (sirküle olan) araçlara öncelik verme mecburiyetindedir. Dolayısıyla kavşak yaklaşım kollarındaki taşıtlar, herhangi bir trafik güvenliği tehdidine neden olmamak için, yaklaşım kollarının önünde bulunan kesikli çizgilere yaklaşırken hızlarını düşürmesi gerekmektedir.

MDKlarda meydana gelen kazalar kafa kafaya olmamaktadır. Bunun sebebi ise söz konusu kavşakta araçların seyahati (sirküle olan akım) aynı yönde olmasıdır. Bu yüzden de MDKlar daha çok tercih edilmektedir.

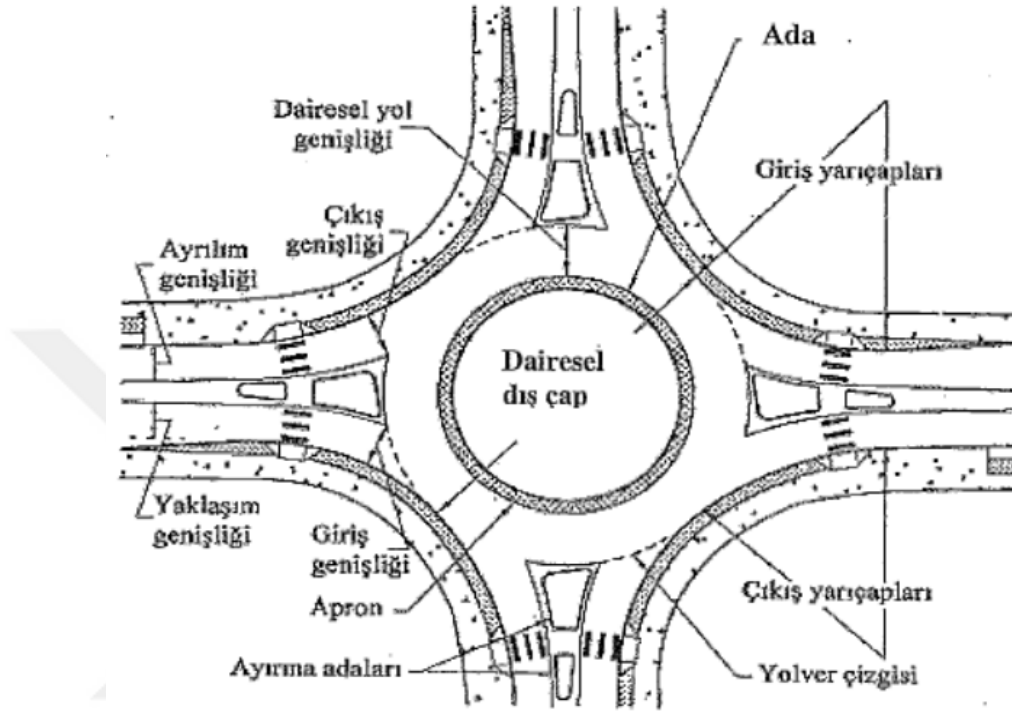
MDKlarda sinyalizasyonun olmamasından dolayı sürücülerin dikkati herhangi bir dış unsura bağlı veya mecbur olmamakta ve böylece taşıt kullanıcıları, yayaların hareketlerine daha dikkatli olmasını sağlamaktadır.

MDK, trafik akımlarını düzenlemelerine ilave olarak, geometrik tasarımı sayesinde de kavşağı kullanan sürücülerin iyi bir görüş açısını yakalamaları mümkün olan kavşak türlerinden birisidir. Bu tip kavşaklarda orta adanın da sürücülerin görüş açısını engellemeyecek şekilde, güzel görünüşlü olarak uygulanması da mümkün olmaktadır (Çakıcı 2014)ve(Tanyel 2001)

MDKlardan istenilen performansı gösterebilmesi için kavşak geometrik elemanları standartlara uygun olarak tasarlanması ve uygulanması gerekmektedir. Standartlara göre

uygulanan kavşak tasarımı, kavşak performansını arttırarak oluşabilecek kaza sayılarını da enaz düzeye indirmiş olur. Böylece hem can kaybı hem de maddi zararın önüne geçilmiş olmaktadır. Dolayısıyla MDKların projelendirmedeki aşamalara dikkat edilmesi hayati önem arz etmektedir (Tanyel 2001).

Şekil 9’da MDKların bütün geometrik elemanları detaylı olarak gösterilmektedir.



Şekil 9. MDK’ta bulunan geometrik elemanlar (Tanyel 2001)

MDKların geometrik elemanlarının seçimi/kararı kavşak kapasitesini doğrudan etkilemektedir. Bunlar;

- Giriş genişliği
- Giriş şeridi sayısı
- Yaklaşım genişliği
- Giriş uzunluğu
- Girişte genişlemenin keskinlik derecesi
- Dönüş yarıçapı
- Kavşaktaki kesişme açısı
- Giriş kolundaki ayırıcı ada genişliği
- Kavşak çapı
- Örüme alanının genişliği
- Dönüş alanının genişliği
- Dönüş şeridi sayısı

- Çıkış genişliği
- Örüme alanının uzunluğu
- Giriş ve çıkış noktaları arasındaki uzaklık, şeklinde sıralanabilmektedir (Tanyel 2001).

MDKlar bulundukları çevre, şerit boyutları ve sayısına göre altı ana grup altında sınıflandırılmaktadır:

1. Mini MDKlar
2. Şehiriçi kompakt MDKlar
3. Şehiriçi tek şeritli MDKlar
4. Şehiriçi çift şeritli MDKlar
5. Kırsal tek şeritli MDKlar
6. Kırsal çift şeritli MDKlar (KGM 2009).

MDKlara ait temel özelliklerin kıyaslaması Tablo 1' ile verilmiştir.

Tablo 1. MDKların Temel Özellikleri Karşılaştırması (KGM 2009)

Tasarım Elemanları	Mini Dönel Kavşak	Şehiriçi Kompakt	Şehiriçi Tek Şeritli	Şehiriçi Çift Şeritli	Kırsal Tek Şeritli	Kırsal Çift Şeritli
Tavsiye edilen maksimum tasarım giriş hızı(km/sa)	25	25	35	40	40	50
Yaklaşım başına maksimum giriş şeridi sayısı	1	1	1	2	1	2
Tipik iç çember çapı(m)	13-25	25-30	30-40	45-55	35-40	55-60
4-kollu MDKlardaki günlük hizmet hacimleri(taş/gün)	10000	15000	20000	Trafik talebine göre değişir.	20000	Trafik talebine göre değişir.

Kavşak performans parametreleri

Kavşak tasarım ve incelemelerinde performans ve emisyon oranlarını etkileyen parametreler çok önem arz etmektedir. Bu parametrelerden performansı doğrudan etkileyen şerit sayısı ve genişliği, özellikle dönel kavşaklarda merkez ada çapının büyüklüğü ve sirkülasyon yapan şerit sayısı ile genişliği, sinyalizasyon uygulanması durumunda devre süresi vs. etkenlere kavşak tasarım sırasında dikkat edilmelidir.

Taşıtların ortalama gecikmelerine bağlı olarak emisyon miktarlarının tasarrufu da kavşak tasarım sırasındaki amaçlardan biridir. Yakıt tüketimini etkileyen bu parametreden

dolayı açığa çıkan fazla emisyon(özellikle CO_2 , CO, HC, NOX vb.) miktarları, çevresel, ekonomik vb. yönden olumsuz etkileri beraberinde taşımaktadır.

Gecikme

Gecikme, kavşak kollarından kavşağa yaklaşan araçların yoğun trafikten, kavşağın farklı; geometrik özellikler, trafik işaret levhaları, sinyalizasyon sistemi, yayaların sayısı, araç türü(otomobil-hızlı araç ve ağır-yavaş hızlı araç) vb. sebeplerden dolayı kavşakta harcanan süredir. Gecikme, sinyalizasyon kavşakların performansını ve hizmet düzeyini etkileyen önemli parametrelerdendir (Çakıcı ve Murat 2016). Şekil 10'dagecikmeden dolayı oluşan kuyruğu göstermektedir.



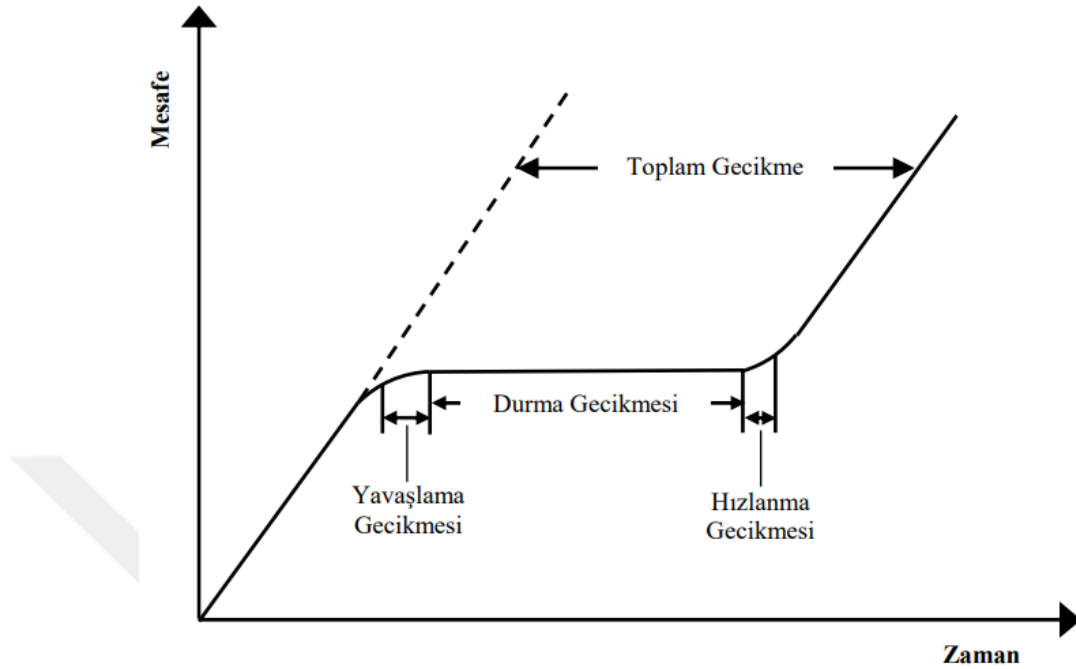
Şekil 10. Gecikmeden dolayı oluşan kuyruk-Denizli

Taşıt gecikmelerinin tahmini için farklı hesap yöntemleri geliştirilmiş olup, Webster, Akçelik ve Amerikan(Highway Capacity Manual-HCM) yöntemleri en çok kullanılan gecikme hesap yöntemlerdendir.

Sinyalize kavşakların tasarımı sırasında geometrik elemanların uygun olarak tasarlanmaması ve sinyal süresi atamasının doğru, dakik ve hassasiyetle yapılmaması durumunda araçların gecikmelerine yol açabilmektedir.

Sinyalize kavşaklar için gecikmeler; yavaşlama, durma ve hızlanma gecikmeleri olmak üzere üçe ayrılır. Yavaşlanma gecikmesi, kavşağa yaklaşan taşıtın kavşak yaklaşım kolundaki sinyalizasyon sisteminden dolayı hızın yavaşlamaya başladığından, bu sinyalizasyon sisteminden (kırmızı ışıktan) dolayı durma(beklemeye) başladığı ana kadar harcanan süredir. Durma gecikmesi, aracın sinyalizasyon kavşakta kırmızı veya yeşil ışık süresince durmasından dolayı harcanan süre olarak tanımlanır. Hızlanma gecikmesi ise, sinyalizasyon

sisteminin kırmızıdan yeşile dönmesi ile taşıtın tekrar hızlanması için gereken zamana denir. Şekil 11’de sinyalizasyon kavşağın yaklaşım kolunda taşıt yörünge diyagramı ile gecikme bileşeni gösterilmektedir (Çakıcı ve Murat 2016).



Şekil 11. Sinyalizasyon kavşağın yaklaşım kolunda taşıt yörünge diyagramı ile gecikme bileşeni (Çakıcı ve Murat 2016)

Akçelik gecikme modeli

Akçelik gecikme modeli, HCM ve Webster gibi yaygın olarak kullanılan gecikmenin minimizasyon modellerindendir. Matematiksel bu model, trafik akımına (harekete) dayalı olup, Webster ve HCM modelleri ise faz dayalı olmaktadır. Bu çalışma da akım dayalı olduğundan Akçelik gecikme modelinden bahsedilecektir. Eşitlik 1 ile Akçelik gecikme bağlantısında, bir akım için toplam gecikmenin değerini hesaplamaktadır.

$$D = \frac{qC \times (1-u)^2}{2 \times (1-y)} + N_o \times X \quad (1)$$

Burada;

D: toplam gecikme(sn), q: akım (taşıt/saniye), C: devre süresi(saniye), qC: ortalama geliş sayısı(taşıt/devre), u: yeşil zaman oranı($u=g/c$; g: saniye olarak etkili yeşil süre), y: akım oranı($y=q/s$; s: saat başına taşıt biriminden doygun akım), N_o : ortalama taşınan kuyruk(taşıtlar), x: doygunluk derecesi($x=q/Q$; Q: saniye başına taşıt biriminden kapasite)'dir.

$$N_o = \begin{cases} \frac{QT_f}{4} \left(z + \sqrt{z^2 + \frac{12(x-x_o)}{QT_f}} \right), & x \geq x_o \\ 0, & x < x_o \end{cases} ; \left(x_o = 0.67 + \frac{sg}{600} \right) \quad (2)$$

Burada;

T_f : akım periyodu, QT_f : T_f periyodu boyunca deşarj olabilen maksimum taşı sayısı, z : $x-1$ (Eğer $x < 1$ ise z negatiftir), x_o : N_o 'ın yaklaşık olarak 0 olması altındaki doygunluk derecesi, sg : kapasite (taşıit/devre)'dir.

Modelde, kavşağın ortalama taşıit gecikmesi de eşitlik 3 ile hesaplanabilir

$$d=D/q \quad (3)$$

Eşitlik 3'te;

d :ortalama taşıit gecikmesi(taşıit/saniye).

Emisyon

Emisyon, kelime anlamıyla yaymak ve çıkarmak olup, emisyon kaynaklarından(baca, taşıit, tesis vb.) açığa veya dışarıya çıkarak çevreye zarar veren, hava kirliliğini olumsuz yönde etkileyen her türlü sıvı, katı ve gaz atıklarıdır. CO_2 , CO, NOX ve HC gibi emisyon gazları taşıitların yakıt tüketimine bağılı olarak artarak çevre kirliliğine katkıda bulunabilir(Mutlu 2019).

İnsan ve diğır canlıların sağılını da olumsuz yönde etkileyen emisyon oranının artmasını minimize etmek ve otomobilleri daha çevre dostu kılmak için emisyon ölçme testleri yapılabilir. Bu test sonucu hava kirliliğine neden olan gaz/gazları üretmeyen araçlara egzoz gazı emisyon ruhsatı verilir. Araç muayene istasyonlarında yapılan bu testler, binek araçlara ilk üç yılda daha sonra her iki yılda yapılır. Diğır araçlarda bu test, her yıl yapılma zorunluluğı vardır (Anonym 2017). Araç yaşının çokluğu da emisyon miktarının daha fazla üretimine yol açabilir. Şekil 12'de egzoz emisyonu gösterilmektedir (Masoud 2018).



Şekil 12. Otomobillerin egzoz emisyonu (Masoud 2018)

COPERT 4 programı yardımıyla CO, CO₂ ve genel birçok emisyon miktarları hesaplanabilir. Bunun için aşağıdaki verilere ihtiyaç duyulur.

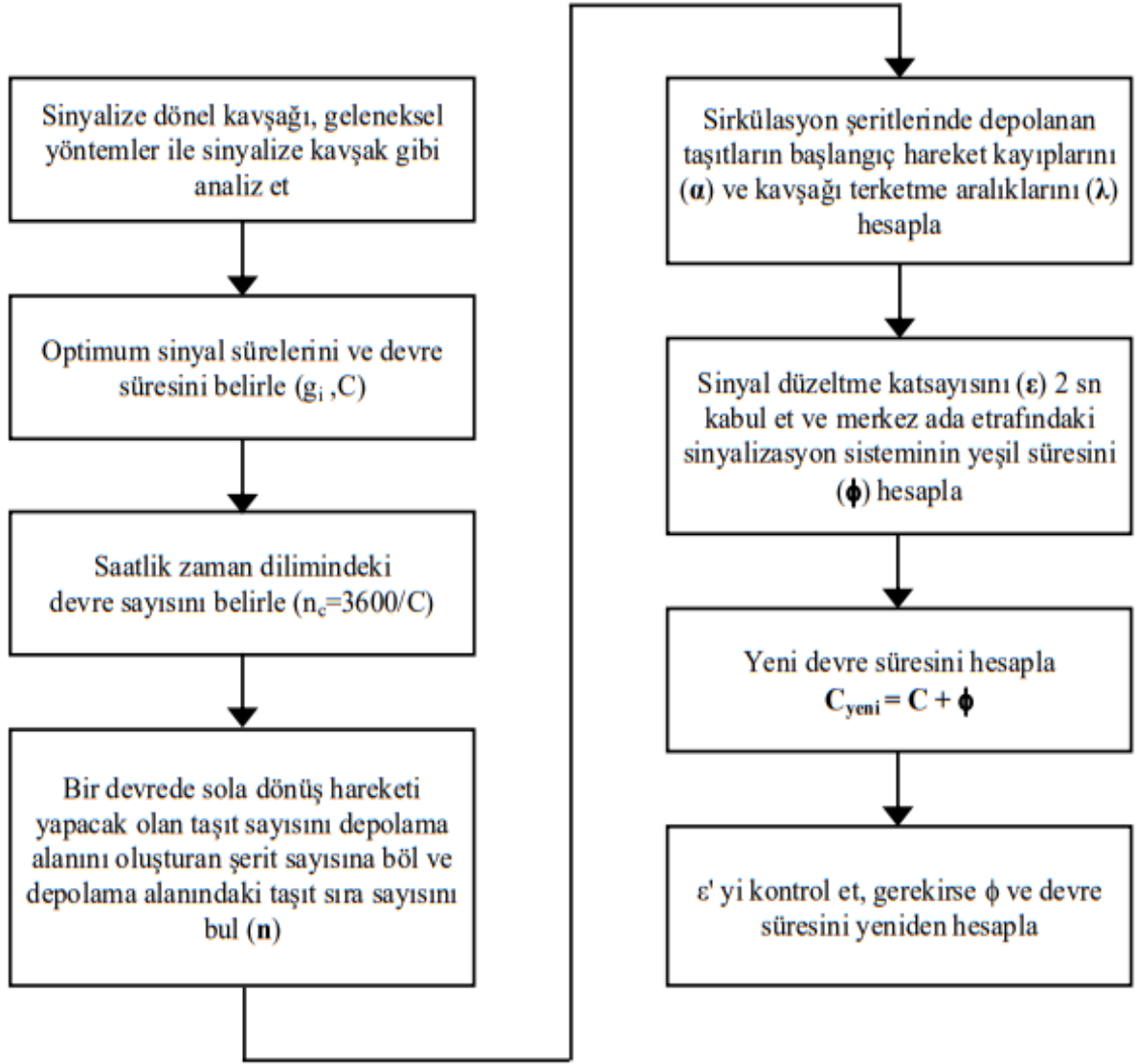
- a) Araç özellikleri (kamyon tipleri, azami toplam ağırlıklar, emisyon tipleri, vb.),
- b) Devlet yolları, il yolları ve otoyollardaki taşıt-km oranları ve ortalama hız değerleri,
- c) Aylık ortalama en düşük ve en yüksek sıcaklıklar,
- d) Yakıt tüketimi ve özellikleri (Özen ve Tüydeş Yaman 2013).

Sinyal süresi ataması

Sinyalize dönel kavşak tasarımı ve işletimi sırasındaki en önemli hususlardan biri de bu kavşaklardaki sinyalizasyon sistemlerindeki sinyal sürelerinin atanmasıdır(Yang ve diğ. 2004) ve (Ma ve diğ. 2013).

Sinyalize dönel kavşaklarda sinyal sürelerinin ataması yapılırken kavşaktaki mevcut trafik koşulları, kavşağın verileri dikkate alınmadan ve gelişigüzel bir şekilde yapılması durumunda, kavşak yaklaşım kollarıyla merkez ada etrafındaki araçların kavşakta daha fazla zaman harcamalarına sebebiyet verebilmektedir. Böylece ortalama araç gecikmesinin artması, kavşağın kapasitesinin azalması ve kavşakta tıkanıklığın meydana gelmesine neden olabilmektedir(Ma ve diğ. 2013). Dolayısıyla kavşak yaklaşım kollarıyla orta ada etrafında konumlandırılan sinyalizasyon sistemlerinin sinyal süre atamalarının doğru ve uygun bir şekilde yapılması kavşağın performansını oldukça etkileyebilmektedir(Çakıcı ve Murat 2016).

Mevcut yazılım programları yardımıyla da sinyalize dönel kavşaklar için sinyal süresi tayini ve sinyal süresi optimizasyonu yapılamadığından dolayı bu tip kavşakların sinyalizasyon zaman ataması doğru ve dakik belirlenmesi için yeni bir yaklaşım önerilmiştir(Çakıcı 2014) ve (Çakıcı ve Murat 2016).



Şekil 13. Sinyalize dönel kavşaklar için geliştirilen sinyal süresi hesabı yaklaşımı adımları (Çakıcı ve Murat 2016)

Şekil 13'teki akış diyagramından yararlanarak, merkez ada etrafındaki sinyalizasyon sistemlerinin yeşil süresi, Çakıcı (2014) tarafından geliştirilen aşağıdaki eşitlik ile kolay bir şekilde hesaplanabilmektedir(Çakıcı ve Murat 2016).

$$Ø = \alpha + [(n-1) \times \lambda] + \varepsilon \quad (4)$$

Burada;

Ø: Orta ada çevresindeki sinyalin yeşil süresi(sn), **α:** sinyalizasyon sisteminin ön kısmındaki taşıtların başlangıç hareket kayıpları(sn), **n:** depolama alanındaki taşıt sıra sayısı, **λ:** taşıtların kavşağı terk etme aralığı(sn), **ε:** sinyal düzeltme katsayısı(sn)'dir.

α, başlangıç hareket parametresi, sinyalizasyon sisteminin kırmızıdan yeşile dönüşüyle kuyruğa takılan taşıtların harekete geçmesi için gereken zaman dilimidir. Gözlemlenerek ilgili kavşak için doğru biçimde elde edilebilir.

n , depolama alanındaki taşıtın sıra sayısı, doğrudan ada etrafındaki sinyal süresini etkileyecek ana parametredir. Kavşak yaklaşım kolundan sol yöne dönen araç sayısı, depolama bölgesindeki şerit sayısı ve saatlik devre sayısı ile bağlantılıdır. Bu parametrenin hesaplanması için aşağıdaki eşitlik 5 kullanılabilir.

$$n = \frac{q_L}{n_C \times n_{SL}} \quad (5)$$

Burada;

q_L , sola dönüş yapan trafik hacmi(ta/sa), n_C , saatlik zaman dilimindeki devre sayısı($n=3600/C$), n_{SL} , depolama alanındaki şerit sayısıdır.

λ , aracın kavşağı terk etme aralığı, başlangıç kaybı sonrasında gözlemlenerek doğrudan ölçülerek elde edilir. Kolaylık açısından hesaplamada 2.0sn ile 2.5sn arasında ortalama bir değer tercih edilir.

ϵ , sinyal düzeltme katsayısı, hesap yaklaşımındaki bir öngörüye göre ilave edilmiştir. Tasarımda ilk olarak Şekil 13'te gösterildiği üzere, merkez adadaki depolama durumu dikkate alınmaksızın bir devre süresi hesaplanır, daha sonra Eşitlik 4($\phi = \alpha + [(n-1) \times \lambda] + \epsilon$)'e göre hesaplanan süre devre süresine eklenerek kavşağın yeni devre süresi belirlenir. Hesaplanan yeni devre süresi ilk devre süresinde göre fazla olur ve saatteki devre sayısı n_C azalır. Saatteki devre süresinin azalmasıyla araç sıra sayısı(n) artar ve netice itibarıyla başlangıçtaki duruma göre, merkez ada etrafındaki araçların depolama alanını terk edebilmesi için fazladan süre ihtiyacı ortaya çıkar. Bunun karşılanması için ϵ sinyal düzenleme katsayı denklemi kullanılır. Denklem 6 yardımıyla bu katsayının hesabı yapılabilir.

$$n = \left[\frac{q_L}{n_{Cek} \times n_{SL}} \right] \times 2 \quad (6)$$

Burada;

n_{Cek} , devre süresi artışından dolayı ve saatlik olarak azalan ek devre sayısı olup, $n_{Cek} = (3600/C_{yeni} - C)$ bağlantı yardımıyla hesaplanabilir. Hesaplamalarda kolaylık açısından ilk olarak ϵ , 2.0 sn olarak alınır, yeni devre süresi hesaplandıktan sonra 6 numaralı eşitlik ile yeterliliği kontrol edilerek gerektiğinde arttırılır. ϵ 'nin arttırılması durumunda, merkez ada etrafındaki sinyalizasyon sisteminin yeşil süresi(ϕ) ve devre süresi(C) tekrardan hesaplanarak, sinyal süresi hesabı süreci sonuçlandırılır (Çakıcı ve Murat 2016).

Dünyada dönel kavşak uygulamaları

Son zamanlarda özellikle Avrupa ülkeleri ve Avustralya gibi yeni eşdüzey kavşakların dönel kavşak olarak yapılmasına gidilmektedir. Bunun nedeniyse: kazalarda önemli derecede

azalma, kavşaklardan düşük hızlarla geçiş yapma, yüksek yaya geçişinin mümkün olabilmesi, sinyalizasyon sistemlerine ihtiyaç duyulmaması, bakım ve kontrol masraflarının yüksek oranda düşüş göstermesi ve araç kapasitesinin yüksek seviyeye ulaşmasıyla çok sayıda bisiklet ve motosikletin de geçmesine imkân tanınması olarak bilinmektedir (Oustron ve Bared 1995).

Hollanda 1980’li yıllardan sonra dönel kavşak uygulamasında önemli sayıya ulaşarak altı yıl boyunca yaklaşık olarak 400 dönel kavşak uygulaması yapmıştır (Oustron ve Bared 1995)

Norveç’te 1980 yılına kadar sadece 15 adet dönel kavşak uygulaması bulunurken, bu sayı 1990’da 350’ye ve 1992 yılında ise 500’e ulaşmıştır (Oustron ve Bared 1995).

İsviçre’de dönel kavşak inşasına sayısı 1980’de 19’den 1992’de 200’e ulaşmıştır. Gene aynı yıl içerisinde 500 yeni dönel kavşak inşasına karar verilmiştir (Oustron ve Bared 1995).

Fransa’da ise 1987 yılına kadar özellikle batı bölgelerinde ve Brötanya’da 500 yeni dönel kavşak uygulaması inşa edilmiştir. Dönel kavşak inşaatı veya sinyalizasyon kavşakların dönel kavşak olarak dönüştürülmesiyle birlikte 1991 yılında, yılda 1000 adet dönel kavşak inşasının gerçekleştirmesine ulaşmıştır (Oustron ve Bared 1995).

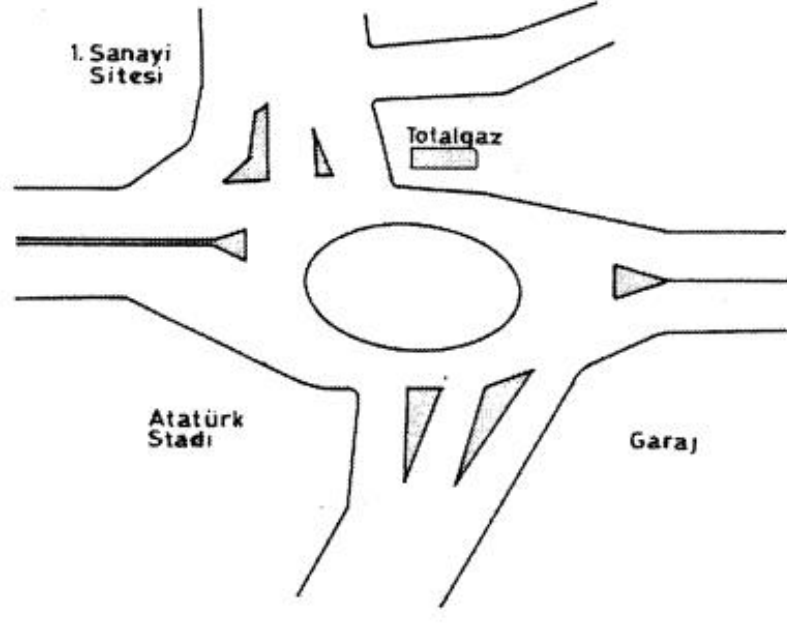
İngiltere’de dönel kavşak uygulaması 1960’lı yıllarda özellikle büyük şehirlerde ve trafiğin yoğun olduğu kavşaklarda sıkışıklıklar ve gecikmelerin çoğaldığından dolayı “dönen araçlara yol ver” kuralının uygulamasıyla kavşak kapasitesinde en az %10, araç başına ortalama 30 saniye veya %40 oranında azalma görülmüştür (Blackmore 1963).

İngiltere’de gene sinyalizasyon kavşaklarla dönel kavşaklar arasında bir karşılaştırma yapıp hangi kavşak tipinin seçilmesi uygunluğu araştırılmıştır. Çalışmalar neticesinde dönel kavşaklarda önemli kaza azalması olasılığı görünse de kavşağın hizmet verdiği trafik hacmi ve bulunduğu bölgeye göre tercih edilmesi gerektiği söylenmiştir (Webster ve Newby 1964) (Webster ve Blackmore 1968) (Millard 1971) (Janssens 1994).

Türkiye’de dönel kavşak uygulamaları

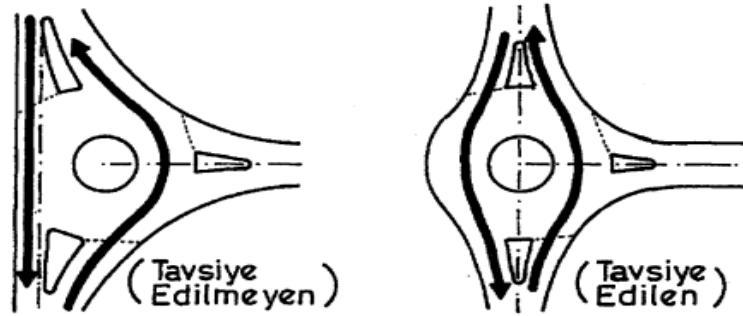
Türkiye’de dönel kavşak uygulaması Avrupa’daki kadar yaygın olmamakla birlikte sık kullanılan eşdüzey kavşak türlerinden birisidir. İzmir’de bulunan Basmane kavşağı eski tip dönel kavşak örneğidir. Gene İzmir’de bulunan ve dönel kavşak olarak bilinen ancak özellikleri bakımından dönel kavşaklara uymayan birçok uygulama trafiğe hizmet etmektedir (Tanyel 2001).

Günümüzde Türkiye'nin birçok kentinde MDK uygulamaları bulunmaktadır. Şekil 14'te İzmir otobüs garajı dönel kavşağı verilmiştir (Tanyel 2001).



Şekil 14. İzmir otobüs garajı dönel kavşağı (Tanyel 2001)

Dönel kavşağı üç kollu olarak inşa edilmesi durumunda Şekil 15'teki gibi sağdaki dönel kavşak örneği tavsiye edilmektedir (Seim 1991).



Şekil 15. Tavsiye edilen dönel kavşak ve tavsiye edilmeyen dönel kavşak örnekleri (Seim 1991)

Sinyalize dönel kavşaklar

Sinyalize dönel kavşaklar, dönel kavşaklarla sinyalize kavşakların birleşimi sonucu ortaya çıkan hemzemin kavşak tiplerinden birisidir. Şimdiye kadar sinyalize dönel kavşakların iki farklı tür uygulaması vardır. Birinci tip uygulama, hem Türkiye'de hem de gelişmekte(Roundabout) olan birçok ülkede devamlı artış gösteren uygulamaları bulunan, tam denetimli sinyalize dönel kavşaklardır. İkinci tür uygulaması ise özellikle Avustralya'da uygulanmakta olan KDSDK'tır (Çakıcı 2014).

Tam denetimli sinyalize yuvarlakadalar

Tam denetimli sinyalize dönel kavşaklar, dönel kavşakta, kavşak yaklaşım kollarıyla merkez adanın etrafındaki belli noktalarda sinyalizasyon sistemlerinin konumlandırıldığı ve trafik akımlarının kavşaktan geçiş önceliğinin bu sinyalizasyon sistemlerine göre ayarlandığı hemzemin kavşaklar olarak bilinmektedir. Dönel kavşaklarla sinyalize kavşakların birleşmesi ile ortaya çıkan tam denetimli sinyalize dönel kavşaklar, çoğunlukla sürücülerin üzerine trafik eğitiminin tam oturmadığı veya sürücülerin tam olarak trafik eğitime hakimiyeti olmayan ülkelerde uygulanmaktadır.

Türkiye’de hem şehiriçi hem de şehirlerarası yol şebekelerinde her geçen gün sayıları büyük artış göstermekte olan tam denetimli sinyalize dönel kavşakların tasarımındaki öncelikli hedefi, kavşakta sirküle olan(dolaşan) trafik akımlarıyla kavşağa giriş yapacak olan trafik akımlarının kesişmelerini önlemek ve böylelikle kavşakta meydana gelme ihtimali olan kaza riskini en az seviyeye çekmektir. Şekil 16’da tam denetimli sinyalize dönel kavşak uygulamasının bir örneği verilmektedir-Denizli-Türkiye(Çakıcı 2014).



Şekil 16. Tam denetimli sinyalize dönel kavşağı örneği-Anadolu Lisesi Kavşağı-Denizli (Çakıcı 2014)

Tam denetimli sinyalize dönel kavşakların tasarım ve işletmesi sırasında kavşaktaki sinyalizasyonun sistemlerinin sinyal süreleri önem arz etmektedir. Bu tür kavşaklarda Kavşak yaklaşım kollarında ve merkez ada etrafında konumlandırılan sinyalizasyon sistemlerinin sinyal süreleri, kavşaktaki gecikmeleri en aza indirecek şekilde optimum sinyal süresi ile hizmete sunulmalıdır. Söz konusu kavşak türlerinin sinyal sürelerinin optimizasyonu için, tasarımcının bilgi ve deneyimi ile kavşakta yapılacak trafik gözlemleri (kavşak yaklaşım kollarındaki saatlik trafik hacimlerinin belirlenmesi, yaklaşım kollarında sola dönüş yapan

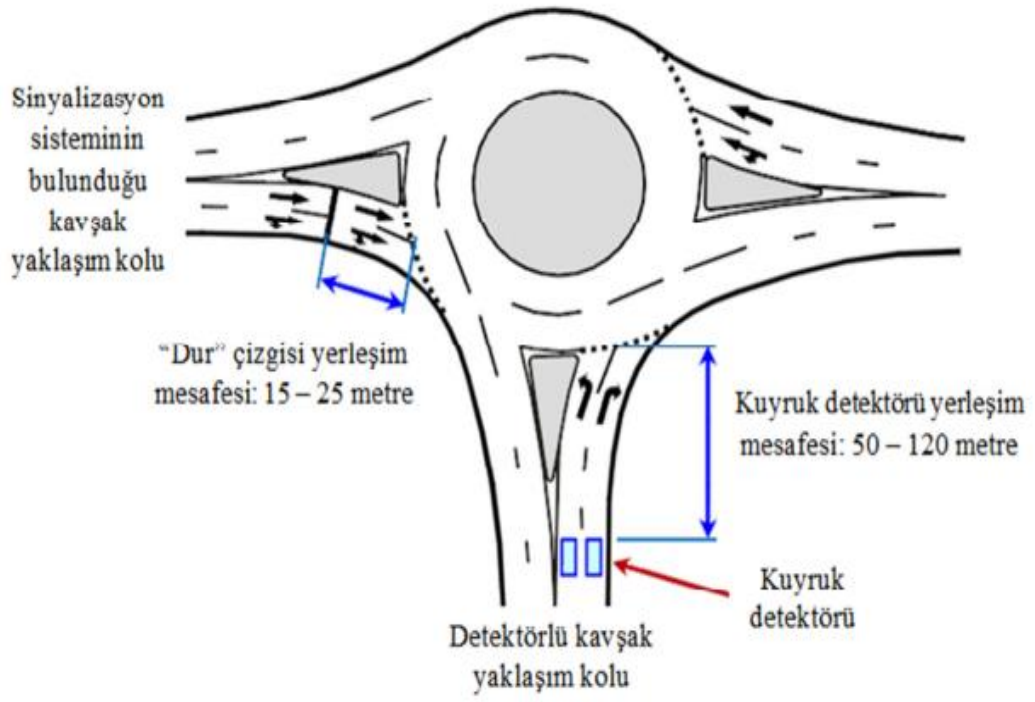
saatlik trafik hacimlerinin belirlenmesi vb.) çok önemli olup kavşağın performansını arttırmaktadır (Çakıcı 2014).

Kısmi denetimli sinyalize dönel kavşak(KDSDK)

KDSDKlar, kavşak kolları arasında belli bir zaman diliminde dengesiz trafik akımlarının olduğu durumlarda uygulanmaktadır. Bu sistem sayesinde, söz konusu kavşakta sirküle olan akımda boşluklar oluşturulur ve kavşağın bir kolunun çok yoğun öbür kol/kollarının çok az yoğunluk gösterdiği durumlarda oluşan kuyruklanmadan kaynaklı meydana gelen gecikmeleri azaltır. Bu tip sorunların daha çok belli bir zaman diliminde (sabah işe gidiş, akşam iş çıkışı ana yol ile tali yolun kesişmesinde yapılan dönel kavşaklarda) meydana gelmesinden dolayı uygulanan tam denetimli sinyalizasyon sistemi başarılı olmaktadır (Akçelik 2006).

KDSDKlar, üç veya dört yaklaşım kollu olarak inşa yönetilmektedir. Bu uygulamada, ana akımın olduğu kavşak yaklaşım kolu detektör yardımı ile kontrol edilirken bu yaklaşım koluna göre daha az trafik hacmi olan ve ana akımın kavşak girişine engel olan kavşak yaklaşım koluna ise sinyalizasyon sistemi ile kontrol edilir. Ana akımın bulunduğu yaklaşım kolunda yerleştirilen detektör ile kavşak girişinin 50-120metreöncesinde konumlandırılmalıdır. Sinyalizasyon sistemi yardımı ile kontrol edilen yaklaşım kolunun kavşak girişinden 15-25m öncesinde ise “dur” çizgisi olmalıdır (Akçelik 2006).

KDSDKlarda, ana akımda oluşan taşıt kuyruklanması o yaklaşım kolunda bulunan detektöre ulaşıncı, sinyalizasyonun sisteminin yerleştirildiği yaklaşım kolundan kavşağa girecek olan araçlar için kırmızı ışık yanar ve bu koldaki taşıtların kavşağa girmesi engellenir. Böylece ana akımda bulunan tüm araçların kavşağı kullanmaları sağlanır ve daha kısa zamanda kavşağı terk etmelerine ve kavşakta daha az süre kaybetmelerine yardımcı olur.KDSDKlarda ana akımın bulunduğu kolda yerleştirilen detektör sayesinde ortalama taşıt gecikmeleri önemli oranda azalmakta ve böylece kavşaktaki ortalama taşıt gecikmesine ciddi oranda etkisini göstermektedir. Bu durum kavşak performansını arttırmaktadır. Şekil 17’de üç yaklaşım kollu KDSDK planı gösterilmektedir (Akçelik 2006).



Şekil 17. KDSKD (Akçelik 2006)

Kaynak Özetleri

Akçelik, (2005) ve (2006) tarafından yapılan çalışmalarında,Avustralya’da bulunan iki kavşağın gerçek trafik hacimleri ve gerçek geometrik özelliklerini kullanarak kavşak tercihlerini dönel kavşak ve KDSKD(KDSKD) olarak ayarlanarak analiz edilmiştir. Elde edilen analiz sonucu ise KDSKD olarak ayarlandığında dönel kavşağa göre daha iyi performans sergilediği anlaşılmıştır. KDSKD için, ortalama gecikmenin yanı sıra CO_2 emisyonu ve kavşak işletme maliyeti de önemli derecede azalma göstermiştir.

Natalizio (2006) tarafından yapılan çalışmasında, sinyalizasyon dönel kavşaklarda trafik akımlarının dengesiz olarak devam ettiği durumlarda KDSKD olarak yapılmasını araştırmıştır. Çizmiş olduğu grafiğinde KDSKD’ın uygulanmasını gerektiren(KDSKD uygulamasının faydalı olduğu) trafik hacimlerinin değerlerini, detektörlü yaklaşım kolu ile bu yaklaşım kolu önünde dolaşan trafik hacimleri olarak belirlemiştir. Bu çalışmada taşıt yükü, etkili, etkisiz ve kötü etkileyen trafik hacimleri olarak belirlenmiştir.

Bai ve diğ. (2010) tarafından yapılan çalışmasında, sayısal hesaplama ve deneysel trafik mühendisliği metotları ile yuvarlakada kavşağı orta adanın yarıçap ve farklı devre sürelerinin, söz konusu kavşakta ortalama araç beklemesine/gecikmesine etkileri incelenmiştir. Bu çalışmada dönel kavşaklar için tasarım sinyal kontrolünün mod seçimi için teknik olarak destek sağlamıştır.

Johnnie ve diğ. (2012) tarafından yapılan çalışmada, sinyalize dönel kavşakta gecikmenin kapsamı ve hizmet düzeyi araştırılmıştır. Bu çalışmanın amacı ise sinyalize dönel kavşakta karayolu hizmet kalitesini belirlemektir. Çalışma kapsamında, kompozit trafik kontrol mekanizmalı sinyalize bir kavşakta gecikme çalışması yapılmıştır. Kompozit trafik kontrol mekanizmalarının iki veya daha fazla trafik kontrol cihazı olduğu göz önünde bulundurularak, tek ve kompozit sinyalize kavşaklara ait veriler analiz edilerek karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, dönel kavşak ile biraz daha iyi bir hizmet düzeyi olduğu göstermiş, daha önemlisi, trafik sinyalleri kapatıldığında çelişkili hareketlerde ve ızgara kilitlenmesinde önemli bir azalma sağlanmıştır.

Gökdağ (2012) tarafından yapılan çalışmada Erzurum-Türkiye’de karayolu trafik gürültüsünün incelenmesini incelenmiştir. Erzurum ilinde yapılan bu çalışmanın amacı, şehir trafiğindeki maksimum gürültü seviyelerinin kaynağını belirlemek olup gerçekçi ve kontrollü koşullar altında farklı hızlarda sürülen farklı tipteki araçların gürültü seviyeleri de ölçülmüştür. Yoğun olmayan saatlerde, 7.30 ile 20.30 arasında, yerden 1.5m yükseklikte bir stant üzerinde bir mikrofona kullanılarak yapılan maksimum seviye, bir Brüel ve Kjaer gürültü seviyesi analiz cihazında (B ve K 4426) dB(A) FAST konumunda manuel olarak okunmuştur. Çalışma sonucunda, sonuç olarak, maksimum gürültü seviyelerinin kaynağı çoğunlukla orta ağırlıktaki araçlar ve nadiren binek otomobiller veya araçların olduğu belirlenmiştir.

Tanyel ve diğ. (2013) tarafından yapılan çalışmada, yuvarlakada kavşaklarda ağır araçların(özellikle şehir içi için otobüs) etkisi araştırılmıştır. Bu çalışma kapsamında veriler İzmir’deki beş farklı yuvarlakada kavşağından elde edilerek kullanılmıştır. Sonuçlara göre, ağır araç düzeltme faktörü(faa) değerini hesaplarken yanyol ve anayol akımı için farklı eşdeğer otomobil birimi(EBO) değerinden faydalanmalıdır. Her iki akım için aynı EBO değerinden faydalanılması mühendislerin yetersiz yada fazla tasarımlar yapmalarına sebebiyet verecektir. Bunun dışında anayol akımının ortalama hızının az olması durumunda ana akımdaki ağır araç etkisinin daha çok olduğu belirlenmiştir.

Ma ve diğ. (2013) tarafından yapılan çalışmada, sinyalize dönel kavşaklar için şerit işaretlerinin ve zamanlamanın entegre optimizasyonu incelenmiştir. Çalışmada söz konusu kavşak türleri için bir öncelik grafiği, kavşak yaklaşım kollarında ve dolaşım(sirküle) şeritlerinde birleşik bir faz yapısı formüle edilmek amacıyla benzersiz olarak tasarlanmıştır. Bu çalışma kapsamında, kapasite maksimizasyonu, çevrim uzunluğuyla gecikmenin minimizasyon problemleri bir dönel kavşağın çakışmasını optimize etmek için formüle edilmiştir. Vaka çalışması ve duyarlılık analizleri sonuçlarına göre, önerilen modelin etkinliği görülmüştür.

Gökdağ ve Atalay (2015) tarafından yapılan çalışmada, Trafik Eğitiminin Trafik Kazaları Üzerindeki Etkisi araştırılmıştır. Türkiye genelinde kusurlu sürücülerin eğitim düzeylerine göre sıralama verileri ışığında, trafik eğitiminin önemi, bu eğitimin verilmesi gereken kurumlar ve kazalar üzerindeki pozitif etkileri rakamsal olarak vurgulanmıştır. Sıralamaya göre;%37'ini ilkokul, %15'ini ortaokul, %1'ini ilköğretim, %29'unu lise, %17'ini yüksekokul ve %1'ini ise eğitim seviyesi tespit edilemeyenler meydana getirdiği görülmüştür. Sonuç olarak trafik eğitiminin küçük(çocuk) yaşta anne ve baba tarafından verilmesi, trafik eğitim parklarının yaygınlaştırılması,sürücü eğitim yerlerince verilen teorik bilgilerin geniş uygulamalar ile desteklenmesi, insan merkezli problemlerin temelini oluşturan eğitimin medya hükümet politikaları vs. tarafından da desteklenmesi çok önemli olarak savunulmuştur.

Murat ve Çakıcı (2015) tarafından yapılsinyalize dönel kavşakların performanslarının farklı senaryolar altında incelenmesi konulu çalışmada, yapılan analizlerin sonuçlarını iki aşamada belirleyerek incelenmiştir. Birinci kısımda depolama şerit sayısı fark etmeksizin ve ikinci kısımda ise depolama şerit sayısının kavşağın performansına etkisi incelenmiştir. Sonuçlar, talebin düşük ve yüksek olması durumları için sıralanmıştır.

Çakıcı ve Murat (2016) tarafından yapılan Sinyalize dönel kavşaklar için hesap yöntem önerisi ve performans analizi adlı çalışmada, sinyalize dönel kavşak incelenmiştir. Kavşak yaklaşım kolları ve yuvarlak ada etrafında dolaşan akımların optimum sinyal faz plan tasarımı araştırılmıştır. Önerilen hesap yöntemi için dört fazlı bir dönel kavşak dikkate alınmıştır. Bu çalışmada farklı kavşak türleri ve önerilen hesap yöntemi ile düzenlemesi yapılarak, sinyalize dönel kavşak türü kıyaslanmıştır.

Masoud (2018) tarafından yapılan çalışmada, kent içi trafik sorunlarının çözümünde trafik yönetimi olarak Erzurum örneği üzerinde araştırmıştır. Bu çalışmanın amacı, kent içi ulaşım sorunlarıyla ilgili genel bilgilerin verilmesi, bu sorunların çözümü için trafik yönetimi ilke ve koşulların ele alınmasıdır. Bu çalışmanın sonucunda Erzurum kent içi trafik sorunlarının çözümünde trafik yönetimi olarak, Kısa, Orta ve Uzun vadeli olarak üç kısımdan oluşan öneriler verilmiştir.

Çalışkanelli ve Tanyel (2018) tarafından yapılan Sinyalize Kavşaklarda Doygun Akım Değerinin İrdelenmesi adlı çalışmada hemzemin kavşak türlerinden olan sinyalize kavşaklarda, kavşak kapasitesini etkileyen önemli parametrelerden olan doymuş akım değeri araştırılmıştır. Çalışma kapsamında, İzmir, Bursa ve Denizli illerinin merkezlerinden alınan on farklı kavşağın verilerinden faydalanılmıştır. Yapılan bu çalışma sonucunda, analizler, temel doymuş akım değerinin 1720 otomobil/saat/şerit olduğunu ve sinyalize dönel kavşaklarda ise bu değer 1634 otomobil/saat/şerit'e düştüğünü göstermiştir. Ayrıca

çalışmada, ağır taşıtlar, sola ve sağa dönen araçlar için ‘‘Eşdeğer Otomobil Birim’’ değerleri de önerilmiştir.

Gökdağ ve Baş (2019) tarafından yapılan çalışmada yorgunluk ve uykusuzluğun sürücü davranışları üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada sürücülerin sürüş şartlarının uykusuzluk ve yorgunluk açısından incelenmesi amaçlanarak ilgili anketler hazırlanıp Erzincan İlindeki 493 sürücüye uygulanmıştır. Sonuç olarak, bayram tatili gibi trafik yorgunluğunun belirgin şekilde arttığı dönemlerde trafik kontrollerinin sıklığının artırılması ve trafik güvenliğini artıracak önlemlerin alınması gerektiği, sürücülerin hasta oldukları zaman veya sürüşü etkileyebilecek ilaç kullandıklarında normal uyku saatlerinde araç kullanmamaları, araç kullanırken uykusuzluk ve yorgunluğun yol açabileceği olası tehlikeler hususunda farkındalık yaratmak ve bu bilinci topluma kazandırılması için televizyon ve radyodaki kamu spotlarıyla eğitim önlemleri bir an önce alınması önerilmiştir.

Öğütveren (2019) tarafından yapılan çalışmada, MDKların geometrik tasarımı ve kapasite ilişkisi araştırılmıştır. bu çalışmanın ana amacı söz konusu kavşakların tasarım sırasında kullanılan geometrik elemanlarını tanıtmak ve bu elemanlardan olan kavşak çapının değişiminin kavşak performansına yansımaları PTV VISSIM simülasyon programı yardımıyla kalibre edilmesidir. Bu çalışmada dönel kavşak adanın mevcut çapı 25m olarak belirlenmiştir. 23m ile 35m arasında ada çaplarının seçildiği durumlardaki ortalama gecikmeler birbirine benzer ve yakın değerleri yansıtmış olup, ortalama gecikme açısından en iyi sonucu 32,75m’lik ada çapı olarak belirlenmiştir.

Murat ve diğ. (2019) tarafından yapılan çalışmada, kentsel çok şeritli kademeli kontrollü sinyalizasyon dönel kavşaklar için bir sinyal zamanlaması formülü önerilmiştir. Bu formül için dönel kavşağın merkezi adası ve sirküle olan trafik akımları dikkate alınmıştır. Araç gecikmelerinin azalması ve tasarım prosedüründe bazı iyileştirmelerin yapılması da çalışmanın hedeflerindendir. Bu çalışma kapsamında iki yüz farklı durum(senaryo) trafik akımları tasarlanarak simüle edilmiştir. Önerilen bu formülle tasarlanan sinyal zamanlamalarında, %5 ile %50 arasında farklı oranlarda araç gecikmelerinin azalması ve mevcut duruma göre ortalama gecikmenin de %36 oranına kadar azaldığı bu çalışmanın önemli bulgularındandır.

Bozkurt ve Yılmaz (2020) tarafından yapılan çalışmada, dönel kavşakların kavşak güvenliği üzerine etkisinin analizleri incelenmiştir. Doğru ve güvenli kavşak tasarımı, sürücü davranışlarının yanı sıra kavşak geometrik özelliklerinin her birinin doğru ve uygun olarak tasarlanması çok önem arz ettiğini sonucu elde edilmiştir.

Baş ve diğ. (2020) tarafından yapılan çalışmada Erzurum ili Tebrizkapı kavşağı incelenmiştir. AIMSUN'un kullanıldığı bu kavşağın gecikme ve bekleme süresi sorunları için iki alternatif önerilmiştir. Birincisi MDK uygulaması olup bu tip kavşakta gecikmenin mevcut duruma göre %78 ve bekleme süresinin ise %94 oranda azalma gösterdiği belirlenmiştir. Farklı düzey kavşak uygulaması ise ikinci alternatif olarak belirlenmiştir. Alt geçit uygulamasında gecikmenin %88 ve bekleme süresinin ise %96 oranlarında azaldığı öğrenilmiş olup uygulama maliyetinden dolayı en iyi tercihin MDK uygulaması olduğu savunulmuştur.

Özinal ve Uz (2021) tarafından yapılan çalışmada, dönel kavşak geometrik elemanlarının kavşak güvenliğine etkisi literatür ışığında değerlendirilmiştir. Bu çalışma sırasında bazı ülkelerin standartlarında yer alan tasarım kriterleri de incelenmiştir. Bu değerlendirmeye göre Türkiye'de, dönel kavşakların tasarımı sırasında yararlanılan kılavuzlar/standartların bilgi eksikliği vurgulanmıştır. Sonuca göre, dönel kavşakların tasarımı yapılırken, kavşak güvenliğinin sağlanabilmesi için geometrik elemanları arasında etkileşim ve uygun fiziksel boyutlarına dikkat edilmesi gerekir. Türkiye için özgü tasarım kılavuzunun hazırlanmasına ihtiyaç duyulduğu bildirilmiştir.

Çakıcı ve Murat (2021) tarafından yapılan sinyalize dönel kavşaklarda diferansiyel gelişim algoritması ile sinyal süre optimizasyonu adlı çalışmada, sinyalize dönel kavşakların performanslarının artırılması amaçlanmıştır. Bunun için kavşaktaki ortalama araç gecikmesini en aza indirmeyi hedefleyen bir sinyal süresi optimizasyonu modeli oluşturularak, bu modelde fazlara ait sinyal süreleriyle devre süresi Diferansiyel Gelişim Algoritması yardımıyla optimize edilmiştir. Modelin etkinliği, Denizli Kelleci Kardeşler Kavşağı'ndan dört farklı zaman dilimi için toplanan gerçek trafik verileri VISSIM ile teste tabi tutulmuştur. Testin sonucu olarak, bu model için ortalama gecikmelerin kavşağın mevcut durumuna göre yaklaşık %45'a kadar varan oranında azalabileceği belirlenmiştir.

Bozkurt (2020) tarafından yapılan çalışmada, İzmir kent merkezindeki ve 2017 yılında çift taraflı sistemden tek taraflı sisteme dönüştürülen Fevzi Paşa ve Gazi bulvarları incelemesi yapılmıştır. Mevcut durumla önceki durum arasında performans parametrelerinden olan; gecikme, yakıt tüketimi ve sinyal süreleri SIDRA Intersection Analiz Programı kullanılarak karşılaştırmasını yapmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Bu çalışma kapsamında, KDSDKların, sinyalize kavşak ile sinyalize dönel kavşaklara göre uygulanabilirlikleri araştırılmıştır. Bu amaçla kavşak performansını etkileyen ortalama gecikme, kavşak hizmet düzeyi-LOS, doyunluk derecesi, kuyruk uzunluğu, durma oranı, yakıt tüketimi ile maliyeti ve emisyon miktarları incelenmiştir. Bunun için Denizli Kelleci Kavşağı verilerine ek olarak Natalizio (2006) ve Akçelik (2006) KDSDKlara yönelik çalışmaları ışığında farklı trafik hacmi senaryoları oluşturulmuştur. Bu çalışmalara ilaveten Çakıcı ve Murat (2015) çalışmalarından da faydalanılmıştır.

Yöntem

Kullanılan bütün trafik hacmi verilerinin analizleri iki kısımdan oluşmaktadır; ilk olarak bütün trafik hacim senaryoları, SIDRA Intersection simülasyon programı yardımı ile, sinyalize kavşak, dönel kavşak ve KDSDK için test edilmiştir. Burada farklı olarak; kavşak şerit sayısı, şerit genişliği, merkez ada çapı, vb. parametrelerin de etkileri incelenmiştir. Yukarıdakilere ek olarak performans sinyalize kavşak, dönel kavşak ve KDSDK'ların performans ve emisyon oranlarının kıyaslamaları da incelenmiştir.

Daha sonra kıyaslamaları yapılan kavşak türleri aralarındaki farklar, SPSS ile kontrol edilerek, sonuçların/farkların anlamlılık ve önem dereceleri araştırılmıştır. KDSDK uygulamasının, sinyalize kavşak ile dönel kavşağa göre değerlendirmeleri yapılacaktır.

Analizler

Bu çalışmada problemi çözmek için bazı trafik hacimlerine ihtiyaç duyulmuştur. Bunun için Natalizio (2006) ve Akçelik(2006)'in ilgili çalışmaları ışığı altında değişik trafik hacimlerinden oluşan senaryolar oluşturulmuştur. Bunlara ilave olarak trafik hacimlerinin oluşturulması ve kavşak geometrik özelliklerinin tasarlanması için Çakıcı ve Murat (2015)'in ilgili çalışmalarından da faydalanılmıştır. Bu senaryolar üç ve dört yaklaşım kollu dönel kavşaklar için düşünülmüştür. Aynı trafik hacimleri sinyalize kavşaklar için de ilgili parametrelere göre(ada çapı, sirkülasyon şeridi vb. olmaksızın) incelenmiştir.

Analizlerde kullanılan trafik hacimlerin senaryoları oluşturulurken trafik akımının dengesizliği için bağlantı 7 kullanılmıştır. Bu bağlantıdan elde edilen oran 1'e yakın ise oluşturulan trafik hacimleri arasında dengesizlik durumu düşüktür(dengeli durumu yüksektir).

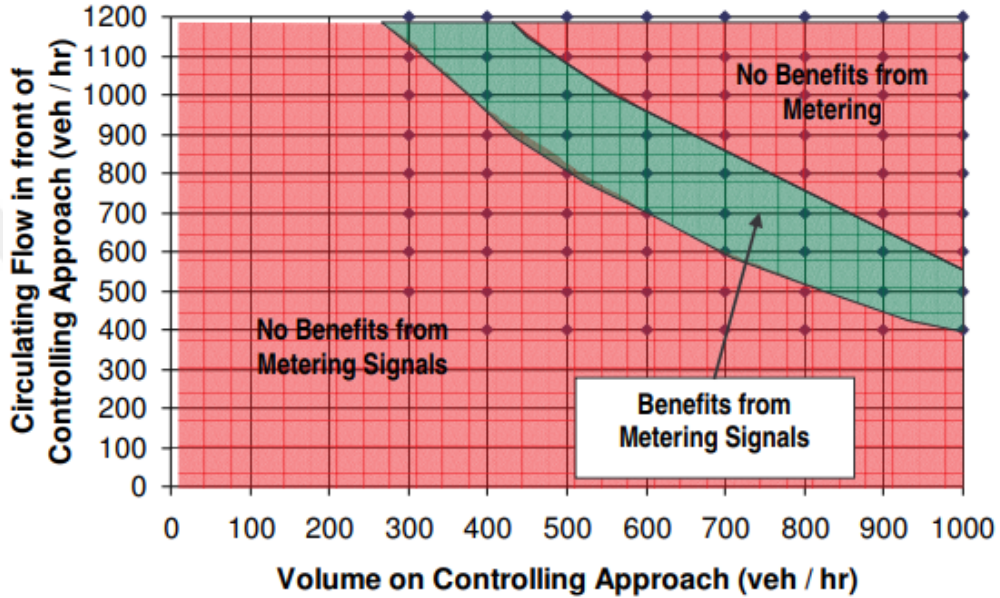
Trafik hacimlerinin dengesizlik durumunu sağlaması için bu oranın 0'a yakın olması gerekmektedir.

$$\frac{V_{CA}}{V_C} < 1 \quad (7)$$

Burada;

V_{CA} : Kontrol yaklaşım kolundaki trafik hacmi (ta/sa)

V_C : Kontrol yaklaşım kolunun önünde sirkülasyon yapan trafik hacmi (ta/sa)



Şekil 18. KDSDK için taşıt yükünün etkileri (Natalizio 2006)

Oluşturulan trafik hacimleri aşağıda kavşağın yaklaşım koluna göre verilmiştir.

Analizlerde kullanılan programlar

Bu çalışmada oluşturulan senaryoları çözmek ve incelemek için iki program kullanılmıştır.

SIDRA Intersection simülasyon

SIDRA Intersection Simülasyon programı, Dr. Rahmi Akçelik tarafından geliştirilmiş olup, sinyalize ve sinyalize olmayan kavşakların tasarımı ve araştırması için kullanılır. Bu program sayesinde kapasitesi açısından alternatif kavşak tasarımlarının değerlendirilmesi yapılmaktadır.

SIDRA Intersection girdileri

Çalışma kapsamında ilgili trafik hacim senaryoları için SIDRA Intersection simülasyon programına geometrik ve trafik özellikleri olarak aşağıdaki girdiler kullanılmıştır;

- Kavşağın yaklaşım kolu sayısı
- Yaklaşım kolundaki şerit sayısı(giriş ve çıkış)
- Dönel kavşaklarda sirkülasyon yapan şerit sayısı
- Şerit genişliği
- Ada çapı(dönel kavşaklarda)
- Trafik hacimleri(ağır taşıtların yüzdesi vb.)
- Kuyruk uzunluğu vs.

SIDRA Intersection programından sonuç-çıktı olarak aşağıdaki özellikler elde edilmiştir;

SIDRA Intersection sonuçları

SIDRA Intersection simülasyon programından aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Kavşağın hizmet düzeyi-LOS
- Taşıtların ortalama gecikmesi(sn)
- Kavşak kapasitesi(ta/sa)
- Taşıtların durma oranı
- Doygunluk derecesi
- Kuyruk uzunluğu
- Yakıt tüketimi(L/sa)
- CO_2 miktarı(kg/sa)

Bilgisayar uygulamalı temel istatistik-SPSS

SPSS programı, istatistiksel verilerin analizini incelemek için kullanılmaktadır. Bunun için kullanılacak gözlem-örnek sayısı önem arz etmektedir. Tek değişken, iki değişken ve çok değişkenli analizlerin yapılabilmesi için öncelikte kullanılan varyansların dağılımı normal olmasının yanı sıra homojenlik dağılımına da uyması gerekmektedir.

Normallik testi

Gözlem-örnek sayısı az olduğunda ($n < 50$) bu durumda normallik için, Shapiro-Wilk testi geçerliken, gözlem sayısı çok ($n \geq 50$) olması ile normallik testi için Kolmogorov-Smirnov'un anlamlılık-p(Significance) değeri dikkate alınır.

İstatistik testlerinin anlamlılık değerleri %5'lik bir hata payı ile kıyaslanmaktadır. $P > 0,05$ olursa varyansların dağılımı normallik gösterir. “ $P < 0,05$ ise Descriptive” sonucundan, çarpıklık(Skewness) ve basıklık(kurtosis) değerlerine ± 2 aralığında olursa

dağılım normallik gösterip bu sınır değerler dışındaki çarpıklık ve basıklık değerleri için dağılımın normalliği söylenemez (George ve Mallery (2010)).

Tablo 2. Örnek Bir Normallik Testi

		Tests of Normality					
Kavsak Durumları		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Gruplar	önceki durumu	0,23	40	0	0,779	40	0
	sonraki durumu	0,279	40	0	0,758	40	0

Tablo 3. Örnek Bir Çarpıklık ve Basıklık Değerleri

		Descriptives			
		Kavsak Durumları		Statistic	Std. Error
Gruplar	Önceki Durum	Mean		7937,1	1225,49
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	5458,3	
			Upper Bound	10416	
		5% Trimmed Mean		7531,2	
		Skewness		0,838	0,374
	Sonraki (Mevcut) Durum	Kurtosis		-0,987	0,733
		Mean		7879,4	1263,29
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	5324,2	
			Upper Bound	10435	
		5% Trimmed Mean		7444	
		Skewness		0,871	0,374
		Kurtosis		-1,009	0,733

Homojenlik testi

Varyansların homojen dağılım göstermesi de SPSS analizlerinin doğru incelenmesi için önem arz etmektedir. Homojenlik testinden ortalamaya dayalı''Based on Mean'' değeri dikkate alınır.

Tablo 4. Örnek Bir Homojenlik Testi

Test of Homogeneity of Variances					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Veriler	Based on Mean	0,075	1	78	0,784
	Based on Median	0	1	78	0,988
	Based on Median and with adjusted df	0	1	77,584	0,988
	Based on trimmed mean	0,056	1	78	0,813

Varyans Analizi

İkiden fazla popülasyonun araçlarını kıyaslamak amacıyla kullanılan bir istatistik testidir. Varyans analizi testini incelerken öncelikle hipotezin doğru kurulması çok önemlidir. bu analiz için uygun testlerin seçimi şöyledir;

- Tek bağımlı tek değişkenli ise - Tek yönlü ANOVA,
- Tek bağımlı iki değişkenli ise – Çift yönlü ANOVA,
- İki bağımlı tek değişkenli ise – Tek yönlü MANOVA
- İki bağımlı iki değişkenli ise - çift yönlü MANOVA tercih edilmelidir.

İstatistik analizleri için genellikle hipotez şöyle kurulur;

H_0 : Gruplar/Durumlar/Kategoriler arası farklılık, incelenen parametre açısından önemli değildir.

H_1 : Gruplar/Durumlar/Kategoriler arası farklılık, incelenen parametre açısından önemlidir.

$P > 0,05$ ise H_0 ve $p < 0,05$ ise H_1 kabul edilir.

Tablo 5. Örnek Bir Varyans Analizi Testi

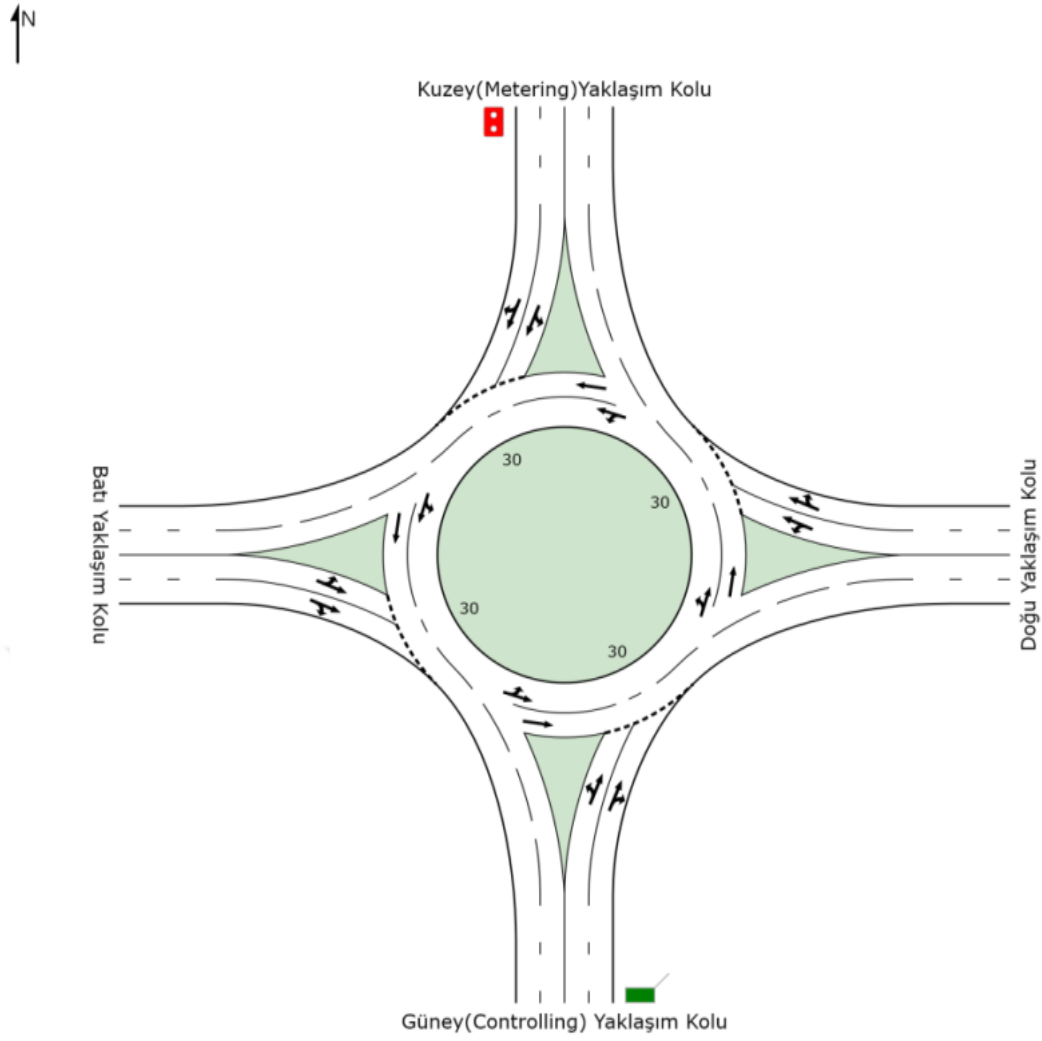
Varyans Analizi					
Veriler					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	66412,813	1	66412,81	0,001	0,974

Analizlerde kullanılan senaryolar(trafik hacimleri)

Örnek çalışma-1trafik hacimleri

Dört yaklaşım kollu kavşak için oluşturulan bu senaryolar, kavşak kollarındaki ve merkez ada etrafındaki şerit sayısına göre oluşturulmuştur. KDSDK(KDSDK) için kavşağın kontrol yaklaşım kolu ile bu kolun önünde sirkülasyon yapan taşıtların sayısı önem arz etmektedir. Kavşağın iki şeritli olarak hizmet etmesi varsayılarak oluşturulan senaryoların detayları aşağıda sırayla ve kavşak yaklaşım koluna göre sunulmaktadır.

Şekil 18’da SIDRA Intersection Simülasyon programı ile çizilen dört yaklaşım kollu KDSDK (Kuzey-Metering ve Güney-Controlling- örnek çalışma-1) göstermektedir.



Şekil 19. Dört yaklaşım kollu KDSDK

Tablo 6. Kuzey Yaklaşım Kolu Senaryoları

Kuzey yaklaşım kolu														
Periyotlar (Yoğun saatler)	Senaryo No	Kontrol yaklaşım kolu önünde dolaşan taşıtlar (ta/sa)	Koldaki toplam taşıt (ta/sa)	Normal taşıt	Normal taşı dağılımı			Ağır taşıt	Ağır taşıtın dağılımı-HV(%)					

Tablo 6. (devamı)

12:30-13:30	6	700	160	147	9	123	15	13	0	10	3	0	6,25	1,88
	7	800	120	105	5	84	16	15	2	13	0	1,67	10,8	0
	8	800	170	145	10	121	14	25	3	20	2	1,76	11,8	1,18
	9	900	140	123	5	107	11	17	1	12	4	0,71	8,57	2,86
	10	900	190	175	10	147	18	15	2	10	3	1,05	5,26	1,58
17:30-18:30	11	1000	210	180	7	158	15	30	0	27	3	0	12,9	1,43
	12	1000	200	175	5	150	20	25	1	20	4	0,5	10	2
	13	1100	195	159	10	132	17	36	1	27	8	0,51	13,9	4,1
	14	1200	230	195	8	173	14	35	0	29	6	0	12,6	2,61
	15	1200	280	255	6	239	10	25	4	19	2	1,43	6,79	0,71

Tablo 7. Güney(kontrol) Yaklaşım Kolu Senaryoları

Periyotlar	Senaryo No	Kontrol kolu önünde dolaşan taşıtlar (ta/sa)	Güney(Kontrol) Kolu											
			Koldaki toplam taşıt	Normal taşıt	Normal taşıt dağılımı			Ağır taşıt	Ağır taşıtın dağılımı-HV					
					sağ	düz	sol		sağ	düz	sol	%		
												sağ	düz	sol
07:30-08:30	1	500	900	780	30	720	30	120	3	115	2	0,33	12,78	0,22
	2	600	900	782	17	730	35	118	2	112	4	0,22	12,44	0,44
	3	700	900	770	12	729	29	130	2	125	3	0,22	13,89	0,33
	4	600	800	705	20	650	35	95	1	91	3	0,13	11,38	0,38
	5	700	800	695	25	645	25	105	2	102	1	0,25	12,75	0,13
12:30-13:30	6	700	700	620	12	585	23	80	1	78	1	0,14	11,14	0,14
	7	800	700	655	21	600	34	45	1	44	0	0,14	6,29	0
	8	800	600	550	16	505	29	50	0	49	1	0	8,17	0,17
	9	900	600	535	10	500	25	65	1	62	2	0,17	10,33	0,33
	10	900	500	455	5	420	30	45	1	44	0	0,2	8,8	0
17:30-18:30	11	1000	500	461	11	435	15	39	0	38	1	0	7,6	0,2
	12	1000	400	375	15	350	10	25	1	24	0	0,25	6	0
	13	1100	400	380	11	359	10	20	0	19	1	0	4,75	0,25
	14	1200	400	382	22	345	15	18	0	18	0	0	4,5	0
	15	1200	300	290	10	275	5	10	0	10	0	0	3,33	0

Tablo 8. Doğu Yaklaşım Kolu Senaryoları

Periyotlar	Senaryo No	Kontrol yaklaşımı önünde dolaşan taşıtlar (ta/sa)	Doğu Kolu											
			Koldaki toplam taşıt	Normal taşıt	Normal taşıt dağılımı			Ağır taşıt	Ağır taşıtın dağılımı-HV					
					sağ	düz	sol		sağ	düz	sol	%		
												sağ	düz	sol
07:30-08:30	1	500	180	168	1	163	4	12	1	9	2	0,56	5	1,11
	2	600	160	145	2	140	3	15	1	13	1	0,63	8,13	0,63
	3	700	145	132	3	128	1	13	3	10	0	2,07	6,9	0
	4	600	110	98	2	95	1	12	2	9	1	1,82	8,18	0,91
	5	700	195	176	1	173	2	19	0	17	2	0	8,72	1,03
12:30-13:30	6	700	210	190	0	186	4	20	1	16	3	0,48	7,62	1,43
	7	800	180	165	2	161	2	15	1	12	2	0,56	6,67	1,11
	8	800	175	162	2	158	2	13	3	9	1	1,71	5,14	0,57
	9	900	115	106	0	104	2	9	2	7	0	1,74	6,09	0
	10	900	165	153	0	148	5	12	4	7	1	2,42	4,24	0,61
17:30-18:30	11	1000	120	112	3	108	1	8	3	5	0	2,5	4,17	0
	12	1000	135	126	4	121	1	9	2	7	0	1,48	5,19	0
	13	1100	200	185	1	181	3	15	0	13	2	0	6,5	1
	14	1200	180	167	5	160	2	13	2	10	1	1,11	5,56	0,56
	15	1200	155	142	4	136	2	13	1	10	2	0,65	6,45	1,29

Tablo 9. Batı(Metering) Yaklaşım Kolu Senaryoları

Periyotlar	Senaryo No	Kontrol yaklaşımı önünde dolaşan taşıtlar (ta/sa)	Koldaki toplam taşıt	Normal taşıt	Batı(Metering) Kolu									
					Normal taşıt dağılımı			Ağır taşıt	Ağır taşıtın dağılımı-HV(%)					
									%					
					sağ	düz	sol		sağ	düz	sol	sağ	düz	sol
07:30-08:30	1	500	500	490	8	470	12	10	2	7	1	0,4	1,4	0,2
	2	600	603	577	10	552	15	26	3	17	6	0,5	2,82	1
	3	700	695	676	12	650	14	19	1	14	4	0,14	2,01	0,58
	4	600	609	592	15	568	9	17	6	10	1	0,99	1,64	0,16
	5	700	707	678	19	648	11	29	3	19	7	0,42	2,69	0,99
12:30-13:30	6	700	701	676	10	659	7	25	9	16	0	1,28	2,28	0
	7	800	791	760	7	741	12	31	0	20	11	0	2,53	1,39
	8	800	791	760	5	747	8	31	2	21	8	0,25	2,65	1,01
	9	900	889	850	3	833	14	39	1	29	9	0,11	3,26	1,01
	10	900	902	866	13	837	16	36	10	26	0	1,11	2,88	0
17:30-18:30	11	1000	1006	962	19	931	12	44	5	27	12	0,5	2,68	1,19
	12	1000	999	976	23	938	15	23	0	13	10	0	1,3	1
	13	1100	1097	1059	21	1029	9	38	1	29	8	0,09	2,64	0,73
	14	1200	1216	1182	29	1141	12	34	7	27	0	0,58	2,22	0
	15	1200	1227	1190	33	1150	7	37	6	29	2	0,49	2,36	0,16

Örnek çalışma-2trafik hacimleri

Bu senaryoların örnek çalışma-1'e göre farkı, kontrol yaklaşım kolunun önünde sirkülasyon yapan taşıtların daha fazla olmasıdır. Örnek çalışma-2'de şerit sayısı, şerit genişliği, ada çapı vs. geometrik elemanların tasarımı yeniden düzenlenerek incelenecektir.Kavşak yaklaşım kollardan sağ, sol ve düz yönlerde giden normal taşıt ile ağır taşıtlar yeniden düzenlenmiştir.

Tablo 10. Kuzey Yaklaşım Kolu Senaryoları

Periyotlar	Senaryo No	Kontrol yaklaşımı önünde sirküle olan taşıtlar (ta/sa)	Kuzey Kolu											
			Koldaki toplam taşıt	Normal taşıt	Normal taşıt dağılımı			Ağır taşıt	Ağır taşıtın dağılımı-HV					
					sağ	düz	sol		sağ	düz	sol	%		
												sağ	düz	sol
07:30-08:30	1	500	150	125	9	108	8	25	3	20	2	2	13,3	1,33
	2	600	135	115	13	93	9	20	2	17	1	1,48	12,6	0,74
	3	700	180	129	15	101	13	51	3	43	5	1,67	23,9	2,78
	4	600	175	149	20	121	8	26	1	21	4	0,57	12	2,29
	5	700	140	130	10	107	13	10	1	7	2	0,71	5	1,43
12:30-13:30	6	700	160	147	9	123	15	13	0	10	3	0	6,25	1,88
	7	800	120	105	5	84	16	15	2	13	0	1,67	10,8	0
	8	800	170	145	10	121	14	25	3	20	2	1,76	11,8	1,18
	9	900	140	123	5	107	11	17	1	12	4	0,71	8,57	2,86
	10	900	190	175	10	147	18	15	2	10	3	1,05	5,26	1,58
17:30-18:30	11	1000	210	180	7	158	15	30	0	27	3	0	12,9	1,43
	12	1000	200	175	5	150	20	25	1	20	4	0,5	10	2
	13	1100	195	159	10	132	17	36	1	27	8	0,51	13,9	4,1
	14	1200	230	195	8	173	14	35	0	29	6	0	12,6	2,61
	15	1200	280	255	6	239	10	25	4	19	2	1,43	6,79	0,71

Tablo 11. Güney(Kontrol) Yaklaşım Kolu Senaryoları

Güney(Kontrol) Kolu														
Periyotlar	Senaryo No	Kontrol yaklaşımı önünde dolaşan taşıtlar (ta/sa)	Koldaki toplam taşıt	Normal taşıt	Normal taşıt dağılımı			Ağır taşıt	Ağır taşıtın dağılımı-HV					
					sağ	düz	sol		sağ	düz	sol	%		
												sağ	düz	sol
07:30-08:30	1	500	1800	1560	60	1440	60	240	6	230	4	0,33	12,8	0,22
	2	600	1800	1564	34	1460	70	236	4	224	8	0,22	12,4	0,44
	3	700	1800	1540	24	1458	58	260	4	250	6	0,22	13,9	0,33
	4	600	1600	1410	40	1300	70	190	2	182	6	0,13	11,4	0,38
	5	700	1600	1390	50	1290	50	210	4	204	2	0,25	12,8	0,13
12:30-13:30	6	700	1400	1240	24	1170	46	160	2	156	2	0,14	11,1	0,14
	7	800	1400	1310	42	1200	68	90	2	88	0	0,14	6,29	0
	8	800	1200	1100	32	1010	58	100	0	98	2	0	8,17	0,17
	9	900	1200	1070	20	1000	50	130	2	124	4	0,17	10,3	0,33
	10	900	1000	910	10	840	60	90	2	88	0	0,2	8,8	0
17:30-18:30	11	1000	1000	922	22	870	30	78	0	76	2	0	7,6	0,2
	12	1000	800	750	30	700	20	50	2	48	0	0,25	6	0
	13	1100	800	760	22	718	20	40	0	38	2	0	4,75	0,25
	14	1200	800	764	44	690	30	36	0	36	0	0	4,5	0
	15	1200	595	575	20	550	5	20	0	20	0	0	3,36	0

Tablo 12. Doğu Yaklaşım Kolu Senaryoları

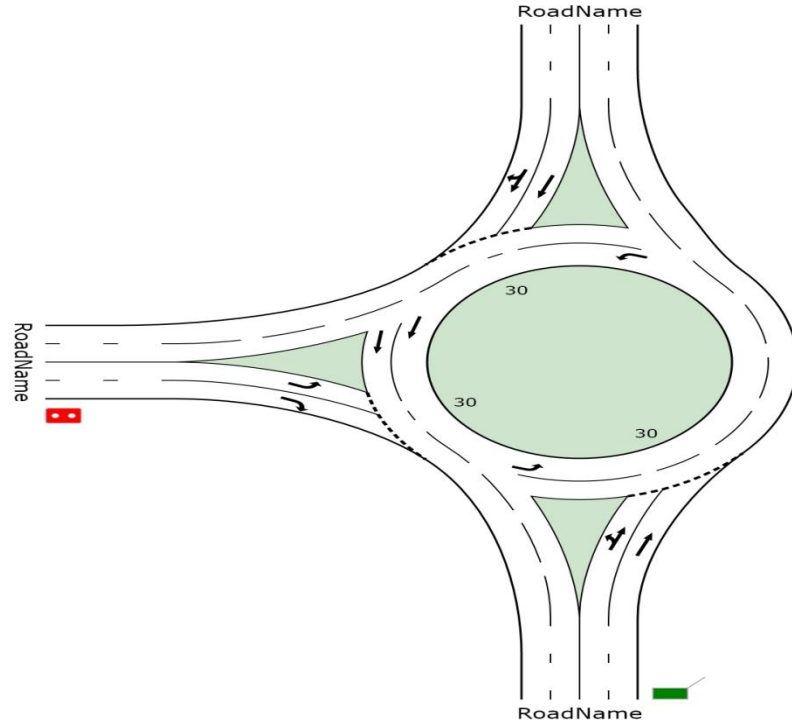
Doğu Kolu														
Periyotlar	Senaryo No	Kontrol yaklaşımı önünde dolaşan taşıtlar (ta/sa)	Koldaki toplam taşıt	Normal taşıt	Normal taşıt dağılımı			Ağır taşıt	Ağır taşıtın dağılımı-HV					
					sağ	düz	sol		sağ	düz	sol	%		
												sağ	düz	sol
07:30-08:30	1	500	180	168	1	163	4	12	1	9	2	0,56	5	1,11
	2	600	160	145	2	140	3	15	1	13	1	0,63	8,13	0,63
	3	700	145	132	3	128	1	13	3	10	0	2,07	6,9	0
	4	600	110	98	2	95	1	12	2	9	1	1,82	8,18	0,91
	5	700	195	176	1	173	2	19	0	17	2	0	8,72	1,03
12:30-13:30	6	700	210	190	0	186	4	20	1	16	3	0,48	7,62	1,43
	7	800	180	165	2	161	2	15	1	12	2	0,56	6,67	1,11
	8	800	175	162	2	158	2	13	3	9	1	1,71	5,14	0,57
	9	900	115	106	0	104	2	9	2	7	0	1,74	6,09	0
	10	900	165	153	0	148	5	12	4	7	1	2,42	4,24	0,61
17:30-18:30	11	1000	120	112	3	108	1	8	3	5	0	2,5	4,17	0
	12	1000	135	126	4	121	1	9	2	7	0	1,48	5,19	0
	13	1100	200	185	1	181	3	15	0	13	2	0	6,5	1
	14	1200	180	167	5	160	2	13	2	10	1	1,11	5,56	0,56
	15	1200	155	142	4	136	2	13	1	10	2	0,65	6,45	1,29

Tablo 13. Batı Yaklaşım Kolu Senaryoları

Periyotlar	Senaryo No	Kontrol yaklaşımı önünde dolaşan taşıtlar (ta/sa)	Batı(Metering) kolu											
			Koldaki toplam taşıt	Normal taşıt	Normal taşıt dağılımı			Ağır taşıt	Ağır taşıtın dağılımı-HV					
					sağ	düz	sol		sağ	düz	sol	%		
												sağ	düz	sol
07:30-08:30	1	500	500	490	8	470	12	10	2	7	1	0,4	1,4	0,2
	2	600	603	577	10	552	15	26	3	17	6	0,5	2,82	1
	3	700	695	676	12	650	14	19	1	14	4	0,14	2,01	0,58
	4	600	609	592	15	568	9	17	6	10	1	0,99	1,64	0,16
	5	700	707	678	19	648	11	29	3	19	7	0,42	2,69	0,99
12:30-13:30	6	700	701	676	10	659	7	25	9	16	0	1,28	2,28	0
	7	800	791	760	7	741	12	31	0	20	11	0	2,53	1,39
	8	800	791	760	5	747	8	31	2	21	8	0,25	2,65	1,01
	9	900	889	850	3	833	14	39	1	29	9	0,11	3,26	1,01
	10	900	902	866	13	837	16	36	10	26	0	1,11	2,88	0
17:30-18:30	11	1000	1006	962	19	931	12	44	5	27	12	0,5	2,68	1,19
	12	1000	999	976	23	938	15	23	0	13	10	0	1,3	1
	13	1100	1097	1059	21	1029	9	38	1	29	8	0,09	2,64	0,73
	14	1200	1216	1182	29	1141	12	34	7	27	0	0,58	2,22	0
	15	1200	1227	1190	33	1150	7	37	6	29	2	0,49	2,36	0,16

Örnek çalışma-3trafik hacimleri

Üç yaklaşım kollu dönel kavşağın trafik hacimleri kollara göre sırayla sunulmuştur. Şekil 20’de örnek çalışma-3’ün yaklaşım kolları ve geometrik özellikleri gösterilmektedir.



Şekil 20. Üç kollu KDSDK Örneği

Tablo 14. Güney(Metering-Sinyalize) Yaklaşım Kolu Senaryoları

Metering Yaklaşım Kolu-Güney											
Periyotlar	Senaryo No	Kontrol yaklaşımı önünde dolaşan taşıtlar (ta/sa)									
			Koldaki toplam taşıt	Normal taşıt	Normal taşıt dağılımı		Ağır taşıt	Ağır taşıtın dağılımı-HV			
					sol	düz		sol	düz	%	
										sağ	düz
07:30-08:30	1	72	486	470	43	427	16	2	14	0,41	2,88
	2	57	336	320	28	292	16	2	14	0,6	4,17
	3	68	486	470	39	431	16	2	14	0,41	2,88
	4	74	536	520	45	475	16	2	14	0,37	2,61
	5	62	386	370	33	337	16	2	14	0,52	3,63
12:30-13:30	6	57	336	320	28	292	16	2	14	0,6	4,17
	7	52	286	270	23	247	16	2	14	0,7	4,9
	8	63	386	370	34	336	16	2	14	0,52	3,63
	9	58	336	320	29	291	16	2	14	0,6	4,17
	10	52	286	270	23	247	16	2	14	0,7	4,9
17:30-18:30	11	76	586	570	47	523	16	2	14	0,34	2,39
	12	86	686	670	57	613	16	2	14	0,29	2,04
	13	116	1036	1020	87	933	16	2	14	0,19	1,35
	14	99	786	770	70	700	16	2	14	0,25	1,78
	15	118	1036	1020	89	931	16	2	14	0,19	1,35

Tablo 15. Kuzey(Kontrol) Yaklaşım Kolu Senaryolar

Kontrol Yaklaşım Kolu-Kuzey											
Periyotlar	Senaryo No	Kontrol yaklaşımı önünde dolaşan taşıtlar (ta/sa)									
			Koldaki toplam taşıt	Normal taşıt	Normal taşıt dağılımı		Ağır taşıt	Ağır taşıtın dağılımı-HV			
					düz	sağ		düz	sağ	%	
										düz	sağ
07:30-08:30	1	72	1924	1834	1719	115	90	78	12	4,05	0,62
	2	57	1924	1834	1719	115	90	78	12	4,05	0,62
	3	68	1824	1734	1624	110	90	78	12	4,28	0,66
	4	74	1724	1634	1531	103	90	78	12	4,52	0,7
	5	62	1424	1334	1249	85	90	78	12	5,48	0,84
11:00-12:00	6	57	2124	2034	1907	127	90	78	12	3,67	0,56
	7	52	2124	2034	1907	127	90	78	12	3,67	0,56
	8	63	2024	1934	1813	121	90	78	12	3,85	0,59
	9	58	2024	1934	1813	121	90	78	12	3,85	0,59
	10	52	2024	1934	1813	121	90	78	12	3,85	0,59
17:30-18:30	11	76	1924	1834	1719	115	90	78	12	4,05	0,62
	12	86	1624	1534	1437	97	90	78	12	4,8	0,74
	13	116	1524	1434	1343	91	90	78	12	5,12	0,79
	14	99	1524	1434	1343	91	90	78	12	5,12	0,79
	15	118	1424	1334	1249	85	90	78	12	5,48	0,84

Tablo 16. BatıYaklaşım Koluna Ait Senaryolar

Diğer Yaklaşım Kolu-Batı											
Periyotlar	Senaryo No	Kontrol yaklaşımı önünde dolaşan taşıtlar (ta/sa)	Normal taşıt dağılımı								
			Koldaki toplam taşıt	Normal taşıt	Ağır taşıtın dağılımı-HV						
					Ağır taşıt		%				
					sağ	Sol	sağ	sol	sağ	sol	
07:30-08:30	1	72	708	630	609	21	78	4	6	0,56	0,85
	2	57	708	630	609	21	78	4	6	0,56	0,85
	3	68	708	630	609	21	78	4	6	0,56	0,85
	4	74	708	630	609	21	78	4	6	0,56	0,85
	5	62	708	630	609	21	78	4	6	0,56	0,85
12:30-13:30	6	57	708	630	609	21	78	4	6	0,56	0,85
	7	52	708	630	609	21	78	4	6	0,56	0,85
	8	63	708	630	609	21	78	4	6	0,56	0,85
	9	58	708	630	609	21	78	4	6	0,56	0,85
	10	52	708	630	609	21	78	4	6	0,56	0,85
17:30-18:30	11	76	708	630	609	21	78	4	6	0,56	0,85
	12	86	708	630	609	21	78	4	6	0,56	0,85
	13	116	708	630	609	21	78	4	6	0,56	0,85
	14	99	708	630	609	21	78	4	6	0,56	0,85
	15	118	708	630	609	21	78	4	6	0,56	0,85

Örnek çalışma-4(Kelleci kardeşler kavşağı) trafik hacimleri

Denizli kelli kardeşler kavşağının yoğun saatlerinden elde edilen verilere göre oluşturulan 40 senaryonun trafik hacimleri, SIDRA Intersection simülasyon programı yardımıyla farklı durumlara(kavşak kollarındaki şerit sayısı, şerit genişliği, sirküle şerit sayısı, merkez ada çapı, vb.) göre test edilerek sonuçları incelenmiştir. Bu sonuçlara göre KDSDK uygulamasının, sinyalize kavşak ile dönel kavşak uygulamalarına göre daha iyi sonuçlar vermesi görünse de, kavşak türlerinin aralarındaki farklılıklar özellikle ortalama gecikme, kavşağın hizmet düzeyi, emisyon miktarları vb. açısından çok fazla olmadığından bu parametrelerin etkisi önemli seviyede olmadığı anlaşılmıştır.

Bu trafik hacimleri üç kategoride trafik hacimlerinin yoğun ve az yoğun(bir kol yoğun-üç kol az yoğun, iki kol yoğun-iki kol az yoğun ve tüm kolların yoğunluğu birbirine

yakın trafik hacimli) kolları olacak şekilde birbirinden farklı ve özet bir şekilde aşağıda sunulmuştur. Şekil 21’de Denizli Kelleci Kavşağı verilmektedir.



Şekil 21. Kelleci kardeşler kavşağı - Denizli (Çakıcı ve Murat 2021)

Tablo 17. Kelleci Kardeşler Kavşağı Trafik Hacimleri-Bölüm-1

		bir kol yoğun- üç kol az yoğun trafik hacimleri														
Senaryo no		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Kolların Toplam Hacmi		6480	7565	8175	5144	7700	8325	9475	7630	9750	9740	8750	7600	7940	7750	8010
Kuzey-Kelleci	Normal taşıt	560	455	390	270	2345	2490	2800	2980	3000	3155	3560	2890	2790	3450	3200
	Normal sağ taşıt	120	90	80	50	455	495	440	455	505	435	1000	400	650	700	550
	Normal düz taşıt	185	160	115	90	745	740	715	825	895	915	1000	690	850	900	950
	dağılımı sol	255	205	195	130	1145	1255	1645	1700	1690	1805	1560	1800	1290	1850	1700
	Ağır taşıt sağ	10	15	12,5	15	0	10	5	10	5	12,5	0	5	20	15	20
	Ağır taşıt düz	25	50	22,5	20	5	35	35	30	15	25	35	0	25	15	15
Güney-Baraj	dağılımı sol	65	35	65	65	95	55	60	60	80	62,5	65	95	55	70	65
	Normal taşıt	2900	2650	2350	2450	1990	1680	2455	2375	3445	2875	2800	280	340	260	290
	Normal sağ taşıt	540	445	315	475	410	315	570	450	735	495	460	55	70	35	50
	Normal düz taşıt	940	870	805	885	685	545	830	795	1025	800	765	75	90	65	85
	dağılımı sol	1450	1335	1230	1090	895	820	1055	1130	1685	1580	1575	150	190	160	155
	Ağır taşıt sağ	25	20	5	10	0	15	5	10	25	30	35	40	0	0	25
Doğu-Denizli yönü	Ağır taşıt düz	12,5	25	20	0	15	35	65	65	5	15	0	10	10	35	15
	dağılımı sol	62,5	55	75	90	85	50	30	25	70	55	65	50	90	65	60
	Normal taşıt	1750	2360	3655	1890	2870	3875	3890	295	540	445	500	2350	2500	2050	1480
	Normal sağ taşıt	360	390	710	365	630	635	550	60	130	90	105	510	580	520	240
	Normal düz taşıt	545	580	1185	595	915	1365	1405	100	185	135	165	780	850	640	370
	dağılımı sol	845	1390	1760	930	1325	1875	1935	135	225	220	230	1060	1070	890	870
Batı-Muğla yönü	Ağır taşıt sağ	20	10	10	60	40	5	0	0	10	60	0	5	15	15	10
	Ağır taşıt düz	35	15	60	10	35	40	0	60	25	15	50	85	45	35	20
	dağılımı sol	45	75	30	30	25	55	100	40	65	25	50	10	40	50	70
	Normal taşıt	1270	2100	1780	534	495	280	330	1980	2765	3265	1890	2080	2310	1990	3040
	Normal sağ taşıt	255	395	390	115	90	60	70	435	585	625	290	465	440	475	695
	Normal düz taşıt	395	720	615	180	155	90	105	645	895	1020	525	630	715	625	965
Batı-Muğla yönü	dağılımı sol	620	985	775	240	250	130	155	900	1285	1620	1075	985	1155	890	1380
	Ağır taşıt sağ	15	5	10	5	10	5	17,5	0	5	10	25	10	0	25	15
	Ağır taşıt düz	50	15	35	25	0	25	60	35	15	5	20	30	80	15	60
Batı-Muğla yönü	dağılımı sol	35	80	55	70	90	70	22,5	65	80	85	55	60	20	60	25

Tablo 18. Kelleci Kardeşler Kavşağı Trafik Hacimleri-Bölüm-2

İki kol yoğun- iki kol az yoğunlu trafik hacimler																
Senaryo no		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Kolların Toplam Hacmi		7320	6630	7240	7890	7020	8190	7260	6350	8670	6590	6720	6600	8030	7870	6735
Kuzey-Kelleci yönü	Normal taşıt	320	410	300	290	440	3500	3480	2800	4000	2900	500	470	360	410	260
	Normal taşıt dağılımı	sağ	40	50	70	35	110	500	580	320	890	700	95	100	75	65
		düz	90	90	85	65	135	1220	1060	890	1160	1000	155	130	105	110
		sol	190	270	145	190	195	1780	1840	1590	1950	1200	250	240	180	235
	Ağır taşıt dağılımı	sağ	10	5	0	10	30	35	20	12,5	35	0	15	50	10	5
		düz	40	0	0	15	25	0	25	15	20	0	35	0	30	0
		sol	50	95	100	70	45	65	55	72,5	45	100	50	50	60	95
	Normal taşıt	3000	2900	3200	3500	2300	290	340	400	370	420	3280	2830	3790	3440	3260
Güney-Baraj yönü	Normal taşıt dağılımı	sağ	780	510	800	860	310	45	75	80	85	90	960	470	900	660
		düz	950	830	1050	1090	590	75	110	125	110	135	1060	710	1270	1020
		sol	1270	1560	1350	1550	1400	170	155	195	175	195	1260	1650	1620	1330
	Ağır taşıt dağılımı	sağ	40	10	5	20	35	40	20	5	12,5	15	17,5	0	35	10
		düz	50	45	10	70	10	32,5	0	5	40	35	12,5	15	65	10
		sol	10	45	85	10	55	27,5	80	90	47,5	50	70	85	0	80
Doğu-Denizli yönü	Normal taşıt	300	340	250	200	330	3900	2950	2780	3870	2790	290	310	480	370	230
	Normal taşıt dağılımı	sağ	55	80	35	50	70	980	690	555	945	460	55	50	105	60
		düz	95	105	75	60	100	1300	885	795	1245	785	90	85	175	100
		sol	150	155	140	90	160	1620	1375	1430	1680	1545	145	175	200	210
	Ağır taşıt dağılımı	sağ	0	0	0	15	0	5	10	7,5	10	25	0	15	20	5
		düz	40	0	25	15	75	30	30	32,5	20	20	100	30	30	30
		sol	60	100	75	70	25	65	60	60	70	55	0	55	50	65
	Normal taşıt	3700	2980	3490	3900	3950	500	490	370	430	480	2650	2990	3400	3650	2985
Batı-Muğla yönü	Normal taşıt dağılımı	sağ	720	660	740	655	775	105	110	70	85	105	650	740	715	690
		düz	1285	885	1185	1345	1185	180	175	110	150	155	980	1005	1205	1275
		sol	1695	1435	1565	1950	1990	215	205	190	195	220	1020	1245	1480	1605
	Ağır taşıt dağılımı	sağ	12,5	35	10	20	15	30	22,5	5	0	40	22,5	15	5	15
		düz	17,5	20	10	10	30	30	27,5	80	5	20	15	35	45	65
		sol	70	45	80	70	55	40	50	15	95	40	62,5	50	50	20

Tablo 19. Kelleci Kardeşler Kavşağı Trafik Hacimleri-Bölüm-3

Tüm kolların yoğunluğu birbirine yakın değerler													
Senaryo no		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40		
Kolların Toplam Hacmi		9310	9830	9790	11470	9430	3840	3820	11160	10990	4900		
Kuzey-Kelleci	Normal taşıt	1700	2100	3250	2880	1480	600	680	3450	2000	1000		
	Normal taşıt dağılımı	sağ	290	410	710	615	190	130	140	645	280	165	
		düz	430	620	980	985	295	180	200	1055	765	345	
		sol	980	1070	1560	1280	995	290	340	1750	955	490	
	Ağır taşıt dağılımı	sağ	0	15	5	40	10	35	75	15	7,5	60	
		düz	15	30	25	15	10	45	15	10	60	0	
		sol	85	55	70	45	80	20	10	75	32,5	40	
	Normal taşıt	2200	1900	1890	3600	3450	860	950	2890	2580	980		
	Güney-Baraj	Normal taşıt dağılımı	sağ	360	500	400	620	650	180	190	540	410	200
düz			540	610	590	1000	900	290	275	890	700	380	
sol			1300	790	900	1980	1900	390	485	1460	1470	400	
Ağır taşıt dağılımı		sağ	0	15	0	20	10	30	45	15	0	5	
		düz	45	35	50	40	40	20	25	50	0	35	
		sol	55	50	50	40	50	50	30	35	100	60	
Normal taşıt		2980	3600	2050	2260	2130	980	1100	2980	3760	1360		
Doğu-Denizli yönü		Normal taşıt dağılımı	sağ	515	695	480	590	375	530	180	665	760	250
			düz	890	1220	675	750	765	685	270	975	1250	510
	sol		1575	1685	895	920	990	435	650	1340	1750	600	
	Ağır taşıt dağılımı	sağ	5	22,5	30	5	60	15	10	5	0	35	
		düz	10	17,5	30	25	10	20	25	55	20	15	
		sol	85	60	40	70	30	65	65	40	80	50	
	Normal taşıt	2430	2230	2600	2730	2370	1400	1090	1840	2650	1560		
	Batı-Muğla yönü	Normal taşıt dağılımı	sağ	490	385	505	450	450	320	210	375	340	355
			düz	705	650	815	765	620	415	365	585	875	495
sol			1235	1195	1280	1515	1300	665	510	880	1435	710	
Ağır taşıt dağılımı		sağ	25	12,5	45	5	17,5	20	10	5	0	10	
		düz	0	26	0	10	12,5	25	20	10	20	55	
		sol	75	62,5	55	85	70	55	70	85	80	35	

Dört kollu kelleci kavşağının trafik hacimlerine ait detaylı inceleme olarak; Bütün bu senaryolara ait trafik hacimleri için, kolların şerit sayısı ve genişliği, merkez ada çapının genişliği, sirkülasyon yapan şerit sayısı vb. durumlar etkili parametreler olarak birbirinden bağımsız olacak şekilde incelenmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Senaryoların Oluşturulması

Trafik hacminin yükü, kavşağın performans ve emisyon miktarlarını doğrudan etkilemektedir. Dönel kavşaklar genel itibarıyla olası kazaları minimize etmek ve böylece mal ve can kaybını en aza indirmek amacıyla uygulanmaktadır. Diğer kavşak türlerinde olduğu gibi dönel kavşakların performansı da bölgesel trafik şartlarından(kavşağın hizmet verdiği bölgenin trafik hacminin yükü, yaya hareketleri vs. etkiler) bağımsız olmayıp özellikle pik saatlerde dengesiz trafik akımlarına neden olabilir. Dönel kavşaklarda belli zaman diliminde trafiğin dengesizliğini kontrol etmek ve taşıtların ortalama gecikmelerini azaltmak amacıyla uygulanan KDSDK şartlarına uygun olarak trafik hacimleri oluşturulmuştur.

KDSDK'nın performansı ve emisyon miktarları, geometrik elemanların tasarım özelliklerinden etkilenmektedir. Kavşak geometrik özellikleri farklı tasarımlarla senaryolar üzerinde test edilmiştir.

Denizli'de örnek olarak seçilen Kelleci kavşağı, 2x2 şeritte hizmet vermektedir. Bu kavşağın pik saatlerdeki trafik hacimlerinin çok yoğun olması nedeni ile kavşağın trafik hacimleri için farklı etkenlerin (şerit genişliği, ada çapının büyüklüğü vb.) tesirleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, sinyalize kavşak, normal/MDK ve KDSDK tipleri için kıyaslanmıştır. İlgili kıyaslanmalarda inceleme yapılan etkenlerin tesir oranları ve kavşak çeşitlerinin söz konusu trafik hacimleri için uygunluğu tartışılmıştır.

KDSDK'nın performans ve kapasitesini incelemek için aşağıda örnek çalışmalar olarak farklı trafik hacimlerinden oluşan senaryolar oluşturularak SIDRA testleri ile grafikleri sunulmaktadır.

SIDRA Intersection Örnek Çalışmaların Sonuçları

Örnek Çalışma-1 sonuçları

Kuzey, güney, doğu ve batı yönlerinden gelen taşıtlara hizmet veren ve dört yaklaşım kollu olarak tasarlanan bu kavşağın geometrik elemanları Tablo 20 'deki gibidir.

Tablo20. Örnek Çalışma-1 Kavşağına Ait Geometrik Elemanların Tasarım Özellikleri

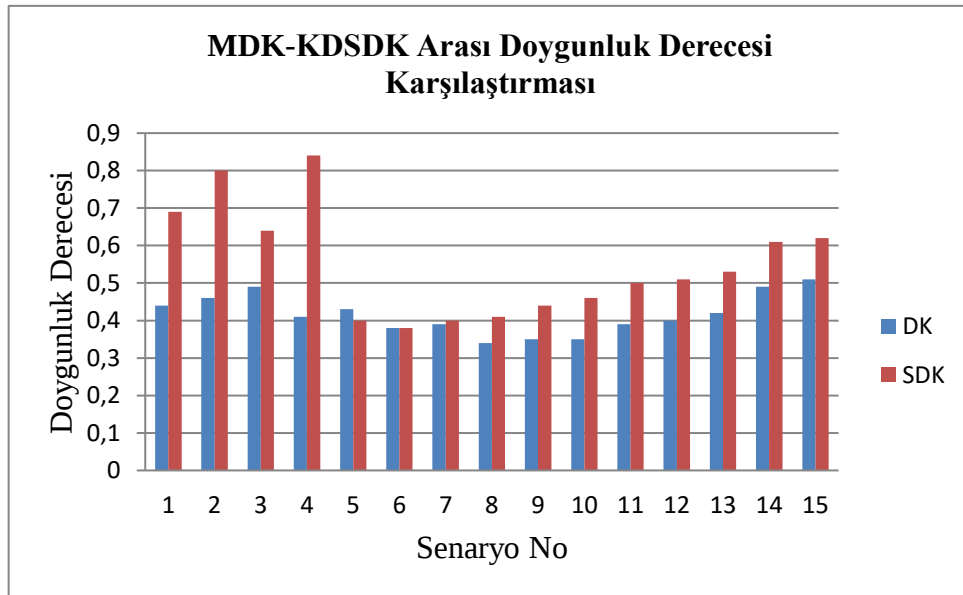
Parametreler	şerit sayısı	şerit genişliği (m)	sirküle şerit sayısı	sirkülasyon genişliği (m)	ada çapı (m)	devre süresi (sn)
Ölçüler	2x2	3,5	2	10	30	Optimum

Tablo 20'daki özelliklere göre MDK ve KDSDK kavşaklarındaki değişimler sırayla tartışılmıştır;

Doygunluk derecesi

Tablo 21. DK ve SDK Arasındaki Doygunluk Dereceleri Farkı

Doygunluk Derecesi-			
Senaryo No	MDK	KDSDK	Fark (%)
1	0,44	0,69	-59,31
2	0,46	0,8	-75,38
3	0,49	0,64	-70,58
4	0,41	0,84	-105,64
5	0,43	0,4	7,44
6	0,38	0,38	-0,53
7	0,39	0,4	-2,3
8	0,34	0,41	-21,18
9	0,35	0,44	-23,73
10	0,35	0,46	-32,57
11	0,39	0,5	-28,32
12	0,4	0,51	-28,1
13	0,42	0,53	-25,53
14	0,49	0,61	-24,18
15	0,51	0,62	-21,68

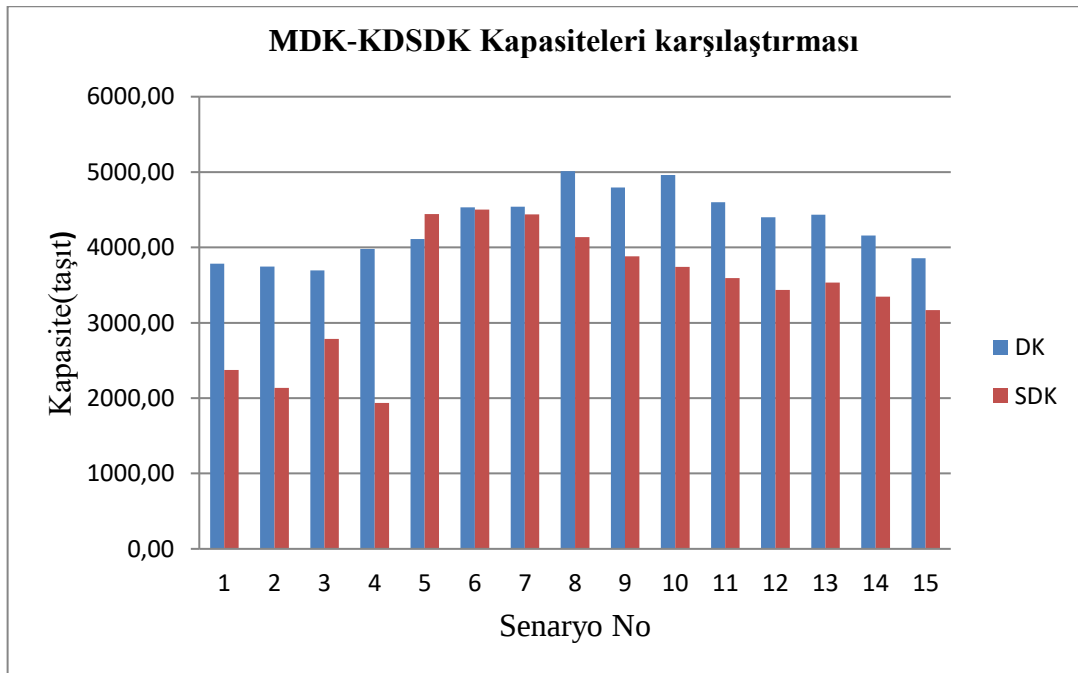
**Şekil 22.** MDK ve KDSDK doyunluk dereceleri grafiği

KDSDK'nın doygunluk derecesi, MDK'a göre artış göstermiştir. Doygunluk derecesinin artmasıyla kavşak kapasitesi düşmüş ve emisyon miktarları artmıştır. Dolayısıyla hem ekonomik hem çevresel zararı daha fazla olmuştur.

Kavşak kapasitesi

Tablo 22. MDK ile KDSDK Arasındaki Kavşak Kapasiteler ve Aralarındaki Fark

Senaryo No	Kavşak Kapasitesi(taşıt)		
	MDK	KDSDK	Fark (%)
1	3786	2373	37,32
2	3744	2136	42,95
3	3695	2788	13,54
4	3979	1938	51,29
5	4441	4113	7,97
6	4530	4503	0,6
7	4541	4438	2,27
8	5010	4136	17,45
9	4797	3883	19,05
10	4961	3741	24,59
11	4600	3592	21,91
12	4400	3436	21,91
13	4433	3533	20,3
14	4157	3348	19,46
15	3856	3169	17,82



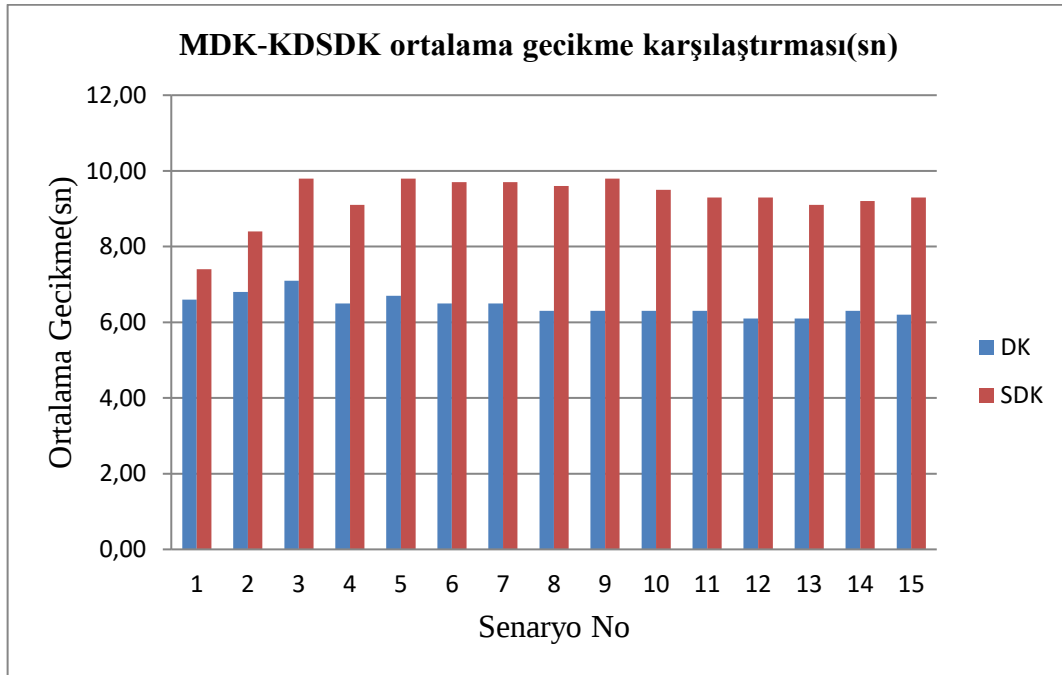
Şekil 23. MDK ve KDSDK kapasite grafiği

Bütün senaryolar için kavşağın kapasitesinde düşüş olmuştur. Dolayısıyla kavşak performansının düşmesiyle birlikte ortalama gecikme artmakta ve buna bağlı olarak yakıt tüketiminde de artış görülmüştür. Aynı zamanda emisyon gazlarında da artış gözlemlenmiştir.

Ortalama gecikme

Tablo23. MDK ve KDSDK Ortalama Gecikmeler ve Aralarındaki Fark

Senaryo No	Ortalama Gecikme(sn)		
	MDK	KDSDK	Fark (%)
1	6,6	7,4	-12,12
2	6,8	8,4	-23,53
3	7,1	9,8	-22,54
4	6,5	9,1	-40
5	6,7	9,8	-46,27
6	6,5	9,7	-49,23
7	6,5	9,7	-49,23
8	6,3	9,6	-52,38
9	6,3	9,8	-55,56
10	6,3	9,5	-50,79
11	6,3	9,3	-47,62
12	6,1	9,3	-52,46
13	6,1	9,1	-49,18
14	6,3	9,2	-46,03
15	6,2	9,3	-50



Şekil 24. MDK ve KDSDK ortalama gecikme grafiği

KDSDK'a göre MDK'ın ortalama gecikmeleri daha düşük hesaplanmıştır. Buradan anlaşıldığı üzere kavşak tipini MDK'dan KDSDK olarak yeniden tasarlanmasının avantajlı

olmadığı görülmüştür. Taşıtların ortalama gecikmesinin artmasıyla kuyruklanma ve tıkanıklık meydana gelmekte ve böylece kavşağın performansı ile kapasitesi olumsuz etkilemektedir.

Hizmet düzeyi sınıfı

Tablo 24. MDK ve KDSDK Arasındaki Hizmet Düzeyi

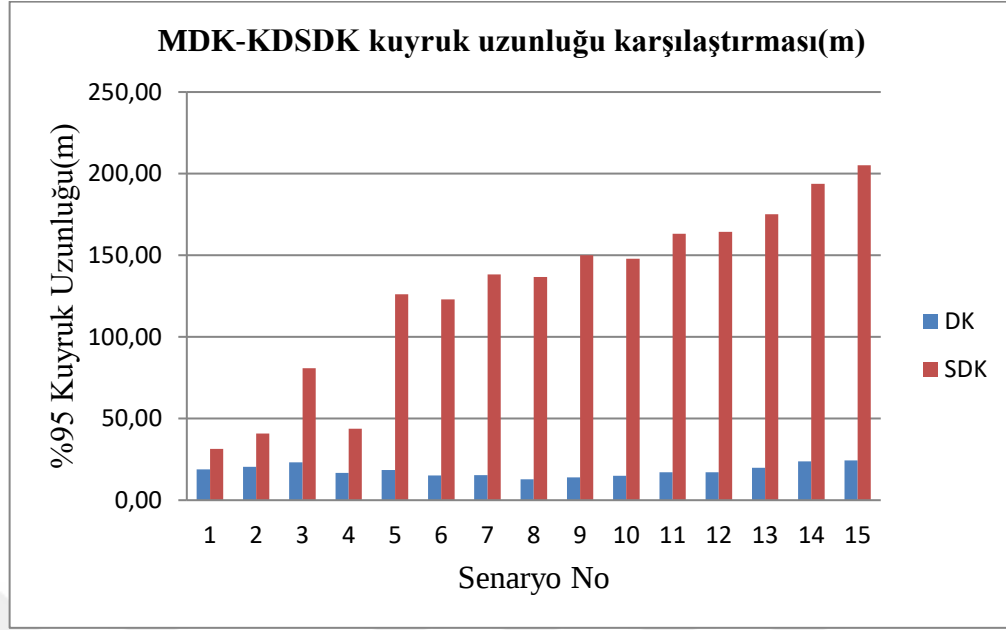
Senaryo No	Hizmet Düzeyi Sınıfı	
	MDK	KDSDK
1	A	A
2	A	A
3	A	A
4	A	A
5	A	A
6	A	A
7	A	A
8	A	A
9	A	A
10	A	A
11	A	A
12	A	A
13	A	A
14	A	A
15	A	A

Kavşak tiplerin hizmet düzeyleri arasında farklılık olmasa bile ortalama gecikme ve kuyruklanmanın artmasıyla KDSDK olarak tasarlanması bu şartlarda (geometrik elemanların özellikleri) uygun olmayacaktır.

Kuyruk uzunluğu

Tablo 25. MDK ve KDSDK Kuyruk Uzunlukları ve Aralarındaki Fark

Senaryo No	95 Kuyruk Uzunluğu(m)		
	MDK	KDSDK	Fark (%)
1	18,8	31,5	-67,55
2	20,4	40,9	-100,49
3	23,1	80,8	-249,78
4	16,8	43,7	-160,12
5	18,5	126,1	-581,62
6	15,1	123	-714,57
7	15,3	138,3	-803,92
8	12,8	136,8	-968,75
9	13,9	150,1	-979,86
10	14,9	147,9	-892,62
11	17,1	163,2	-854,39
12	17,2	164,4	-855,81
13	19,8	175,1	-784,34
14	23,7	193,8	-717,72
15	24,4	205,2	-740,98



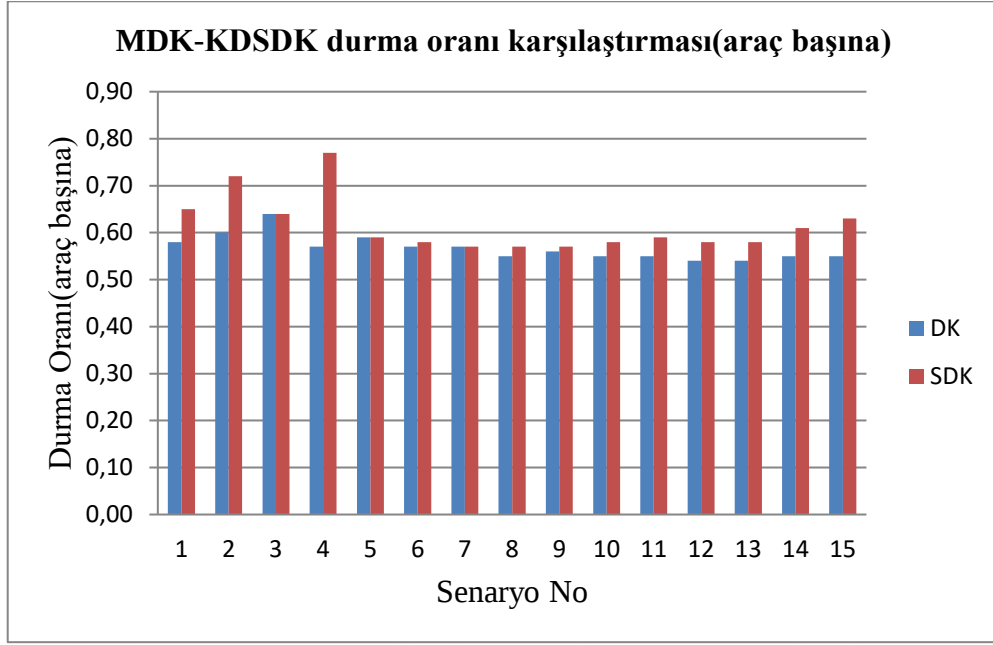
Şekil 25. MDK ve KDSDK kuyruk uzunluğu grafiği

Tablo 25 ve Şekil 25'e göre bütün senaryolar için KDSDK'nın kuyruk uzunluğu, MDK'nın kuyruk uzunluğundan çok fazla uzun olarak hesaplanmıştır. Böylece taşıtların gecikmeleri artarak daha fazla yakıt tüketimi ve aynı zamanda daha fazla emisyon üretimine yol açması nedeniyle ekonomik ve çevresel zarara sebebiyet verir.

Durma oranı

Tablo 26. MDK ve KDSDK Durma Oranları ve Aralarındaki Farkı

Senaryo No	Durma Oranı(araç başına)		
	MDK	KDSDK	Fark (%)
1	0,58	0,65	-12,07
2	0,6	0,72	-20
3	0,64	0,64	0
4	0,57	0,77	-35,09
5	0,59	0,59	0
6	0,57	0,58	-1,75
7	0,57	0,57	0
8	0,55	0,57	-3,64
9	0,56	0,57	-1,79
10	0,55	0,58	-5,45
11	0,55	0,59	-7,27
12	0,54	0,58	-7,41
13	0,54	0,58	-7,41
14	0,55	0,61	-10,91
15	0,55	0,63	-14,55



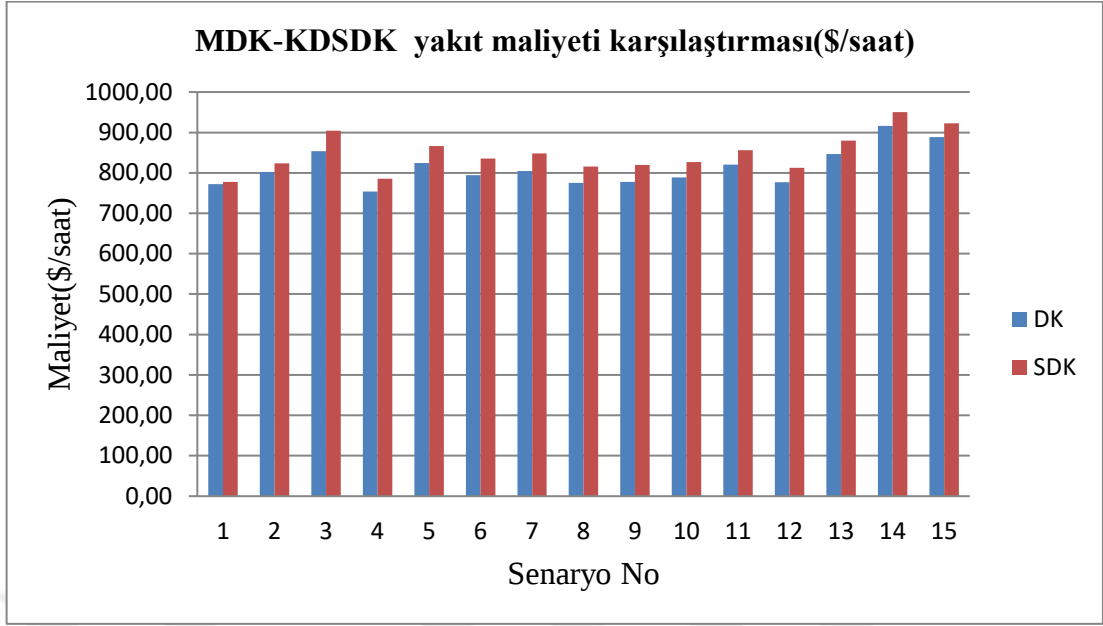
Şekil 26. MDK ve KDSDK durma oranı grafiği

Tablo 26 ve Şekil 26' göre durma oranı, 3., 5. ve 7. senaryolarda değişmezken diğer bütün senaryolarda çoğalarak olumsuz etki göstermiştir. Bu da trafikte taşıt gecikmelerine ve kuyruklanmaya neden olduğundan istenmeyen bir durumdur. Kavşağın hizmet düzeyi düşer,yakıt tüketimi ve emisyon gazlarının artmasına yol açarak çevresel ve ekonomik zararları doğurur.

Yakıt maliyeti (\$/saat)

Tablo 27. MDK ve KDSDK Yakıt Maliyeti Ve Aralarındaki Fark

Senaryo No	Yakıt maliyet(\$/saat)		
	MDK	KDSDK	Fark (%)
1	772,24	777,91	-0,73
2	802,38	823,51	-2,63
3	853,36	903,98	-5,93
4	753,91	785,32	-4,17
5	824,27	866,25	-5,09
6	794,2	835,18	-5,16
7	804,25	848,12	-5,45
8	775,64	815,86	-5,19
9	777,52	819,35	-5,38
10	788,52	826,56	-4,82
11	820,62	856,39	-4,36
12	776,88	812,67	-4,61
13	846,23	880,06	-4
14	916,45	950,66	-3,73
15	888,6	922,96	-3,87



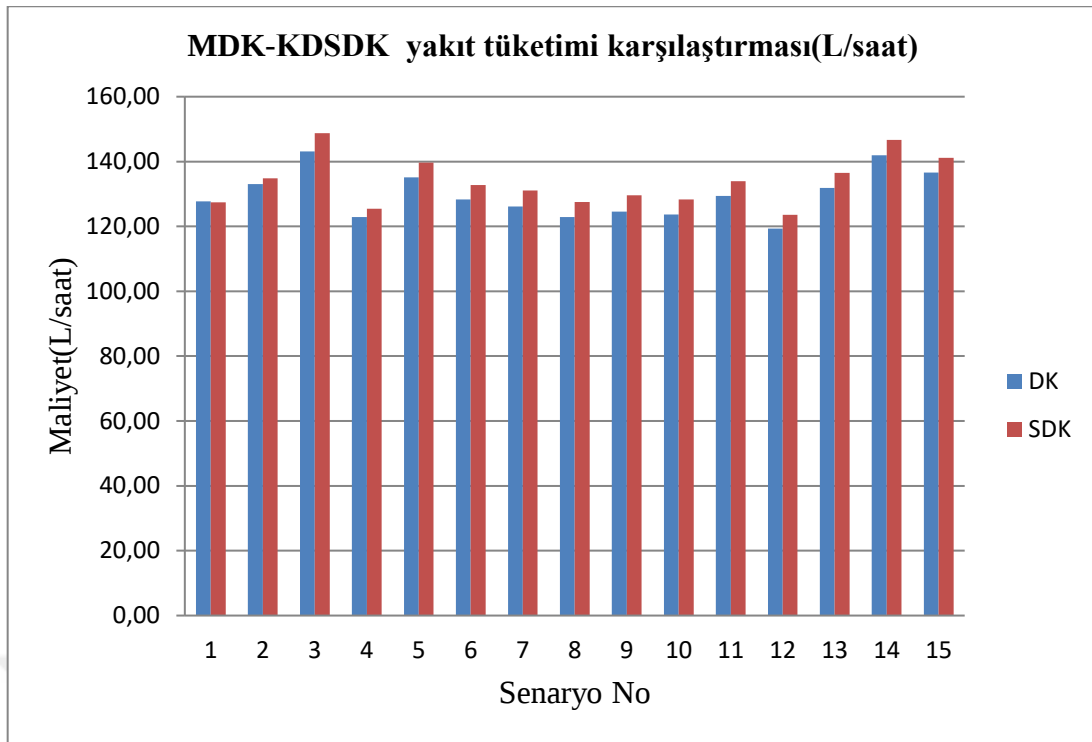
Şekil 27. MDK ve KDSDK yakıt maliyeti grafiği

Yakıt tüketiminin artması aslında taşıtların ortalama gecikmesinden kaynaklı olduğu için kavşağın kapasitesinin düşük olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda yakıt masrafının artmasıyla emisyon gazları artış göstererek çevresel zararın artmasına neden olur.

Yakıt tüketimi(L/sa)

Tablo 28. MDK ve KDSDK Yakıt Tüketimleri ve Aralarındaki Farkı

Senaryo No	Yakıt Tüketimi(L/saat)		
	MDK	KDSDK	Fark (%)
1	127,7	127,4	0,23
2	133,1	134,8	-1,28
3	143,1	148,7	-3,91
4	122,9	125,5	-2,12
5	135,1	139,7	-3,4
6	128,3	132,8	-3,51
7	126,1	131,1	-3,97
8	122,9	127,5	-3,74
9	124,6	129,6	-4,01
10	123,7	128,3	-3,72
11	129,4	133,9	-3,48
12	119,3	123,6	-3,6
13	131,9	136,5	-3,49
14	141,9	146,7	-3,38
15	136,6	141,1	-3,29



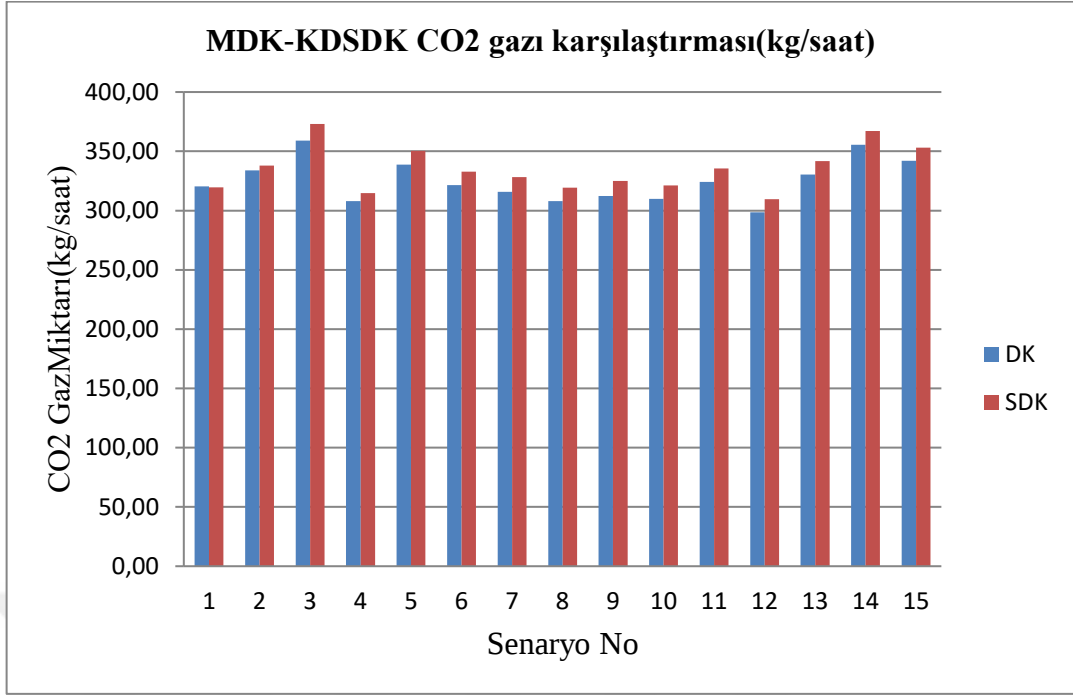
Şekil 28. MDK ve KDSDK yakıt tüketimi grafiği

Senaryo-1 dışındaki bütün senaryolar için KDSDK'nın yakıt tüketimi düşük oranlarda olsa da artış göstermiştir. Dolayısıyla emisyon gazlarının daha fazla açığa çıkmasına neden olarak daha fazla çevresel ve ekonomik zarara yol açmıştır.

CO₂ gaz emisyonu

Tablo 29. MDK ve KDSDK Arası Karbon Dioksit-CO₂ Gazı ile Aralarındaki Fark

Senaryo No	Yakıt Tüketimi(L/saat)		
	MDK	KDSDK	Fark (%)
1	320,3	319,5	0,25
2	334	338	-1,2
3	359,1	373,2	-3,93
4	308,1	314,7	-2,14
5	338,9	350,4	-3,39
6	321,6	332,8	-3,48
7	315,7	328,3	-3,99
8	307,9	319,4	-3,73
9	312,2	324,9	-4,07
10	309,8	321,3	-3,71
11	324,1	335,4	-3,49
12	298,6	309,5	-3,65
13	330,4	341,8	-3,45
14	355,4	367,2	-3,32
15	341,9	353,1	-3,28



Şekil 29. MDK ve KDSDK karbondioksit- CO_2 grafiği

Yakıt tüketiminin artmasına bağlı olarak karbon dioksit- CO_2 gazının üretimi artış göstermiştir. Düşük oranda olsa da KDSDK uygulanmasının bu senaryolar için, çevresel zarara yol açtığı hesaplanmıştır.

Örnek çalışma-2 sonuçları

Örnek çalışma-1 ile örnek çalışma-2 arasındaki tek fark, tasarım özelliklerinde kavşak yaklaşım kollarında, Örnek çalışma-1 için 2x2(2 sirküle şeritli) olup, bunun örnek çalışma-2 için 2x2(1 sirküle şeritli) olarak değiştirilmesidir.

Tablo 30. Örnek Çalışma-2'nin Geometrik Elemanlarına Ait Tasarım Özellikleri

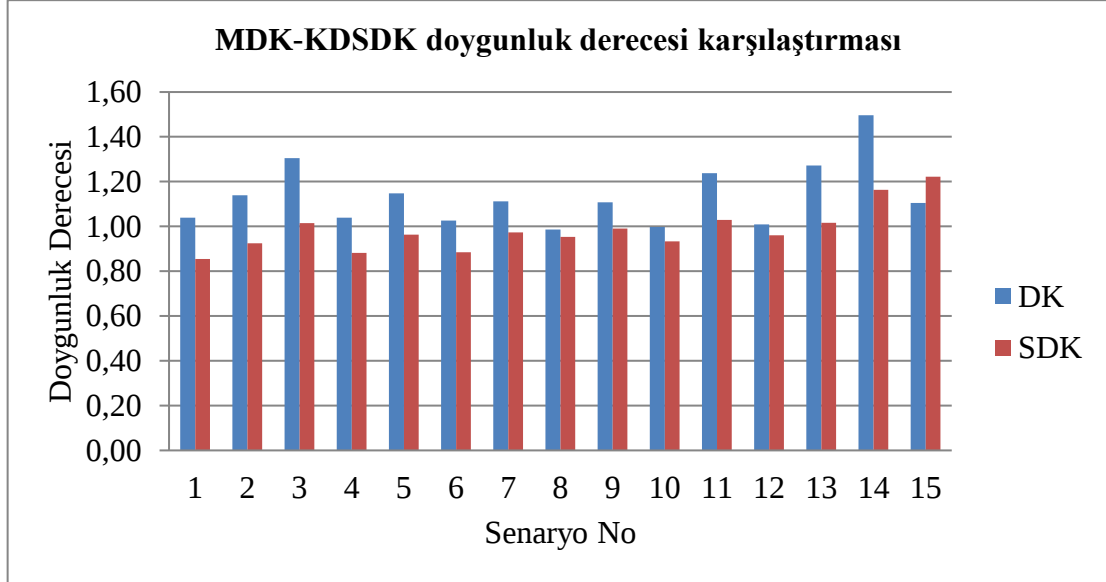
Parametreler	şerit sayısı	şerit genişliği (m)	sirküle şerit sayısı	sirkülasyon genişliği	ada çapı (m)	devre süresi (sn)
Ölçüler	2x2	3,5	1	10	30	Optimum

SIDRA Intersection analizlerinden elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmaktadır

Doygunluk derecesi

Tablo 31. MDK ve KDSDK Doygunluk Derecesi ve Aralarındaki Fark

Senaryo No	Doygunluk Derecesi		
	MDK	KDSDK	Fark (%)
1	1,04	0,85	17,81
2	1,14	0,92	18,88
3	1,31	1,02	22,22
4	1,04	0,88	15,11
5	1,15	0,96	16,11
6	1,03	0,89	13,74
7	1,11	0,97	12,41
8	0,99	0,95	3,35
9	1,11	0,99	10,65
10	1	0,93	6,51
11	1,24	1,03	16,88
12	1,01	0,96	4,76
13	1,27	1,02	20,13
14	1,5	1,16	22,24
15	1,11	1,22	-10,59

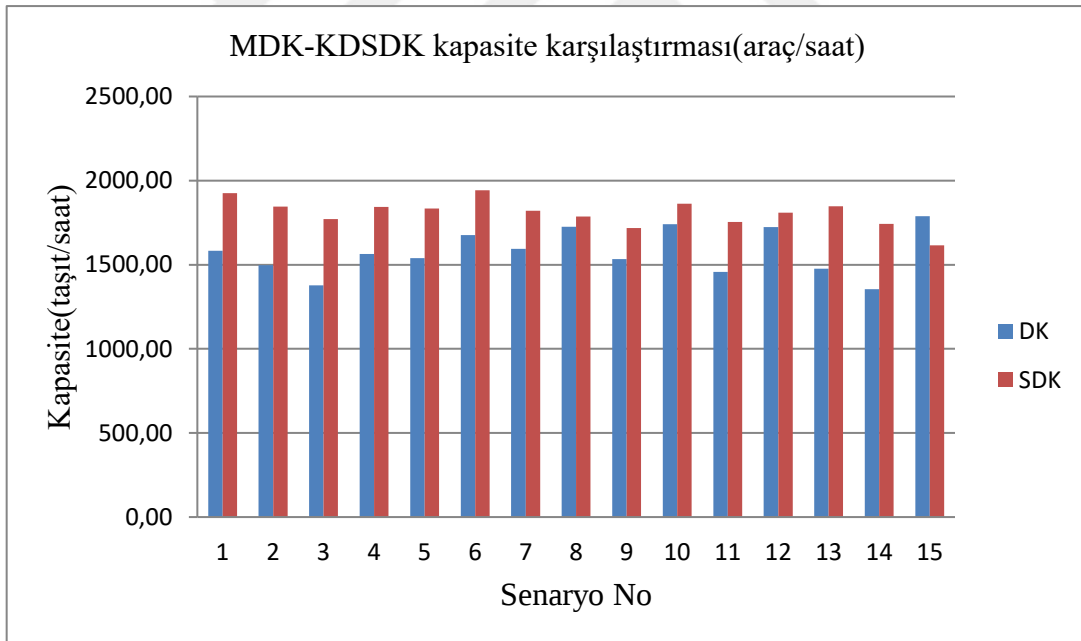
**Şekil 30.** MDK ve KDSDK doygunluk derecesi grafiği

15. senaryo dışında diğer tüm senaryolar için doygunluk derecesi, MDK'a göre KDSDK'ta daha az görünmüştür. Doygunluk derecesinin azalmasıyla birlikte kuyruklanma ve tıkanıklık azalmaktadır. Bu sayede taşıtların ortalama gecikmeleri daha az olduğundan yakıt tüketimi ve emisyon oranları azalmaktadır. Böylece hem ekonomik olmakta hem de çevresel zarar düşmektedir.

Kapasite

Tablo 32. MDK ve KDSDK Kapasitesi ve Aralarındaki Fark

Senaryo No	Kapasite(taşıt/saat)		
	MDK	KDSDK	Fark (%)
1	1583	1926	21,67
2	1497	1845	23,25
3	1377	1771	28,61
4	1564	1843	17,84
5	1540	1835	19,16
6	1676	1943	15,93
7	1595	1821	14,17
8	1726	1786	3,48
9	1534	1718	11,99
10	1740	1862	7,01
11	1458	1754	20,3
12	1723	1809	4,99
13	1476	1847	25,14
14	1355	1742	28,56
15	1788	1616	-9,62



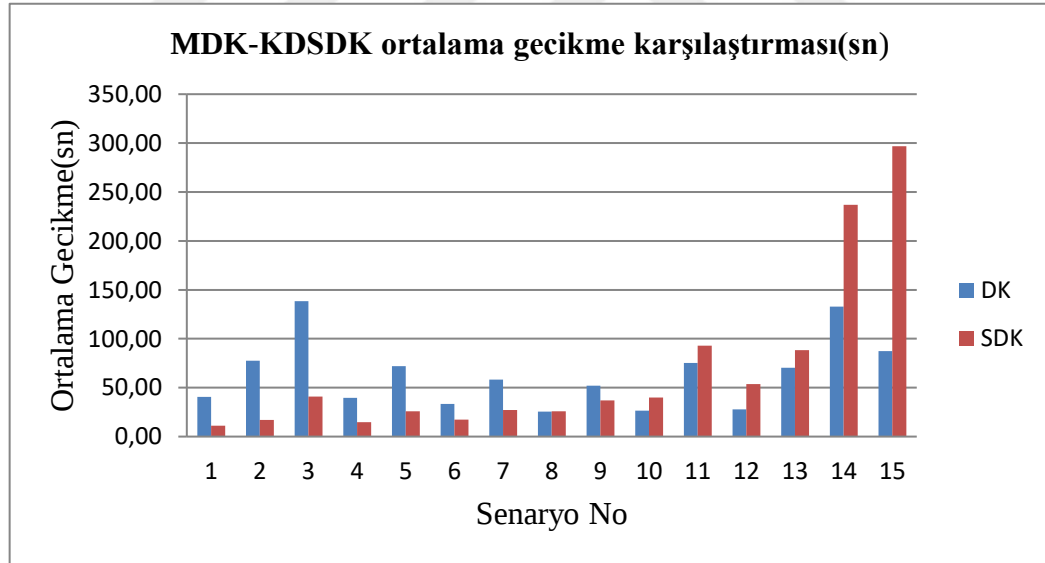
Şekil 31. MDK ve KDSDK kapasitesi grafiği

15. senaryoda kapasite düşerken diğer 14 senaryoda kavşak kapasitesi artış göstermektedir. Söz konusu trafik hacimleri için MDK'nın, KDSDK olarak tasarlanması ve uygulamasının kapasite açısından da avantajlı olduğu anlaşılmaktadır.

Ortalama gecikme

Tablo 33. MDK ve KDSDK Ortalama Gecikmesi ve Aralarındaki Fark

Senaryo No	Ortalama Gecikme(sn)		
	MDK	KDSDK	Fark (%)
1	40,5	11,2	72,35
2	77,4	17	78,04
3	138,5	41	70,4
4	39,5	14,6	63,04
5	72	25,8	64,17
6	33,4	17,3	48,2
7	58,3	27	53,69
8	25,4	26	-2,36
9	52,1	37	28,98
10	26,4	39,9	-51,14
11	75,3	92,9	-23,37
12	27,8	53,8	-93,53
13	70,3	88,5	-25,89
14	132,8	236,9	-78,39
15	87,3	296,8	-239,98



Şekil 32. MDK ve KDSDK ortalama gecikme grafiği

Oluşturulan senaryoların ortalama gecikme açısından hem olumsuz hem olumlu etkiler görülmüştür. Kavşak kapasitesinin bütün senaryolarda artış göstermesine karşın ortalama gecikme 1.-7. ve 9.senaryolarda düşmüş diğer senaryolarda ise tam tersi etki göstererek gecikme artmıştır. Senaryolarda gecikmenin artmasının sebebi ise, trafik hacimlerinin çokluğu, ağır ve uzun taşıt oranlarının çokluğu, sağa, sola ve düz yöne devam edecek olan taşıtların oransal dağılımı olabilmektedir.

Hizmet düzeyi-LOS

Tablo 34. MDK ve KDSDK Hizmet Düzeyi ve Aralarındaki Fark Durumu

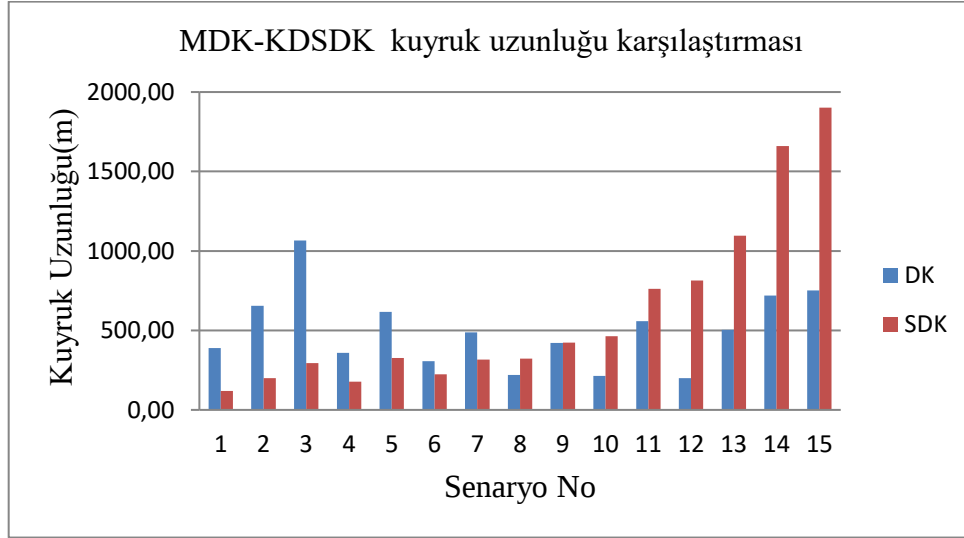
Hizmet Düzeyi-LOS			
Senaryo No	MDK	KDSDK	Fark
1	D	B	Pozitif
2	E	B	Pozitif
3	F	D	Pozitif
4	D	B	Pozitif
5	E	C	Pozitif
6	C	B	Pozitif
7	E	C	Pozitif
8	C	C	Aynı
9	D	D	Aynı
10	C	D	Negatif
11	E	F	Negatif
12	C	D	Negatif
13	E	F	Negatif
14	F	F	Aynı
15	F	F	Aynı

İlk yedi senaryoda kavşağın hizmet düzeyi daha iyi iken dört senaryo için hizmet düzeyi aynı kalmış ve diğer dört senaryoda ise düştüğü görülmüştür. Hizmet düzeyi iyileşmeyen veya aynı kalan senaryoların sebebi de ağır taşıt oranları, sağa, sola ve düz yöne giden taşıt dağılımı vs. olabilir.

Kuyruk uzunluğu

Tablo 35. MDK ve KDSDK Kuyruk Uzunluğu ve Aralarındaki Fark

Kuyruk Uzunluğu(m)			
Senaryo No	MDK	KDSDK	Fark (m)
1	388,4	120	69,1
2	655,5	198,7	69,69
3	1065,3	293,9	72,41
4	358,5	177,7	50,43
5	616,2	326,4	47,03
6	305,7	223,8	26,79
7	486,9	316,4	35,02
8	219,9	322,1	-46,48
9	421,4	423,3	-0,45
10	213,5	463,2	-116,96
11	559	762,6	-36,42
12	199,8	813,2	-307,01
13	504,7	1096,8	-117,32
14	719,6	1660,8	-130,79
15	752,5	1901,3	-152,66



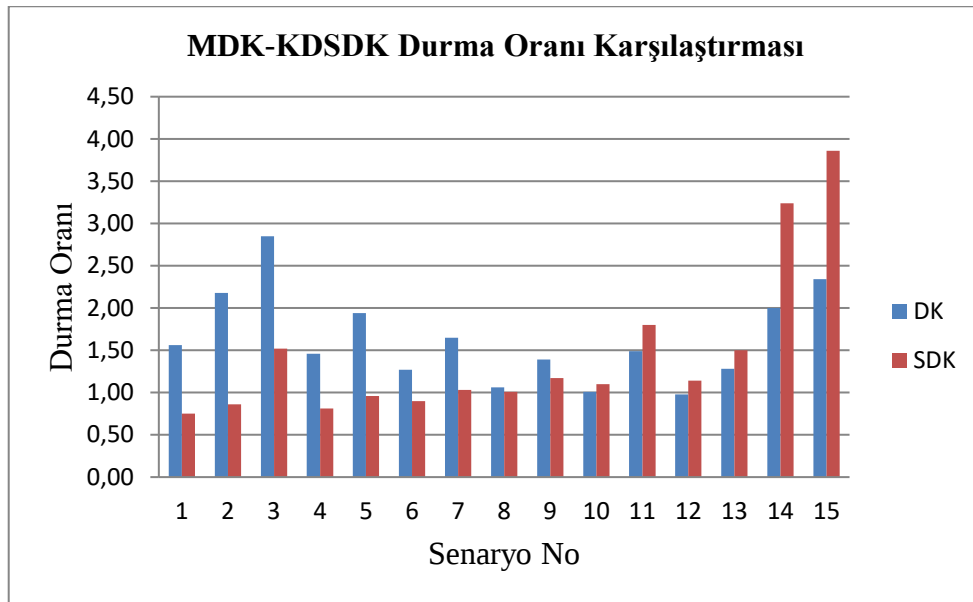
Şekil 33. MDK ve KDSDK kuyruk uzunluğu grafiği

Kavşağın kuyruk uzunluğu ilk yedi senaryoda istenilen yönde iyileşme gösterirken diğer senaryolarda ise olumsuz yönde değişim göstermiştir. Kuyruk uzunluğunun azalmasıyla ortalama gecikme ve yakıt tüketimi azalmaktadır. Dolayısıyla emisyon miktarı azalma göstererek ekonomik ve çevresel zarar daha aza inmektedir.

Durma oranı

Tablo 36. MDK ve KDSDK Durma Oranı ve Aralarındaki Fark

Senaryo No	Durma Oranı		
	MDK	KDSDK	Fark (%)
1	1,56	0,75	51,92
2	2,18	0,86	60,55
3	2,85	1,52	46,67
4	1,46	0,81	44,52
5	1,94	0,96	50,52
6	1,27	0,9	29,13
7	1,65	1,03	37,58
8	1,06	1,01	4,72
9	1,39	1,17	15,83
10	1,01	1,1	-8,91
11	1,49	1,8	-20,81
12	0,98	1,14	-16,33
13	1,28	1,5	-17,19
14	2	3,24	-62
15	2,34	3,86	-64,96



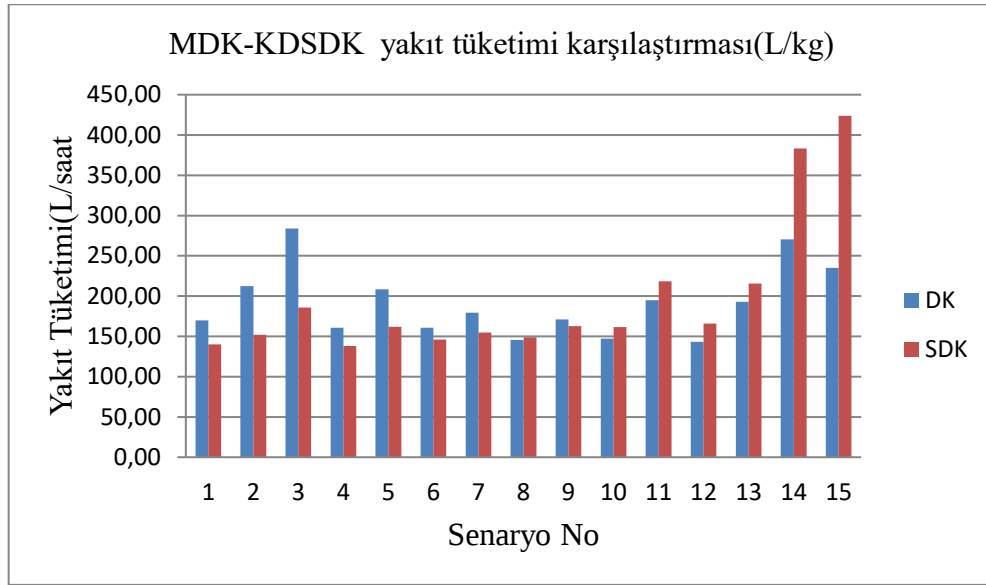
Şekil 34. MDK-KDSDK durma oranı grafiği

Kavşağı KDSDK olarak tasarlanmasından sonra durma oranı ilk dokuz senaryoda daha düşük ve son altı senaryo da ise daha fazla olmuştur. Durma oranı artış gösteren senaryoların sebebi ise, trafik hacminin yoğunluğu, ağır taşıtların yüksek oranda olmaları, sağ, sol ve düz yönlerine devam eden taşıtların denge durumları vs. olabilir. Durma oranının azalmasıyla taşıtların ortalama gecikmesi azalır, kavşak kapasitesi artar, yakıt tüketiminin azalmasına bağlı olarak emisyon miktarları azalır.

Yakıt tüketimi

Tablo 37. MDK ve KDSDK Yakıt Tüketimi ve Aralarındaki Fark

Senaryo No	Yakıt Tüketimi(L/saat)		
	MDK	KDSDK	Fark (%)
1	170	139,9	17,71
2	212,3	151,8	28,5
3	283,8	185,9	34,5
4	160,9	138	14,23
5	208,3	161,9	22,28
6	160,9	146,1	9,2
7	179,3	154,7	13,72
8	145,6	148,8	-2,2
9	171,2	162,6	5,02
10	147,4	161,7	-9,7
11	194,9	218,3	-12,01
12	143,2	165,8	-15,78
13	192,9	215,5	-11,72
14	270,3	383,2	-41,77
15	234,9	423,7	-80,37



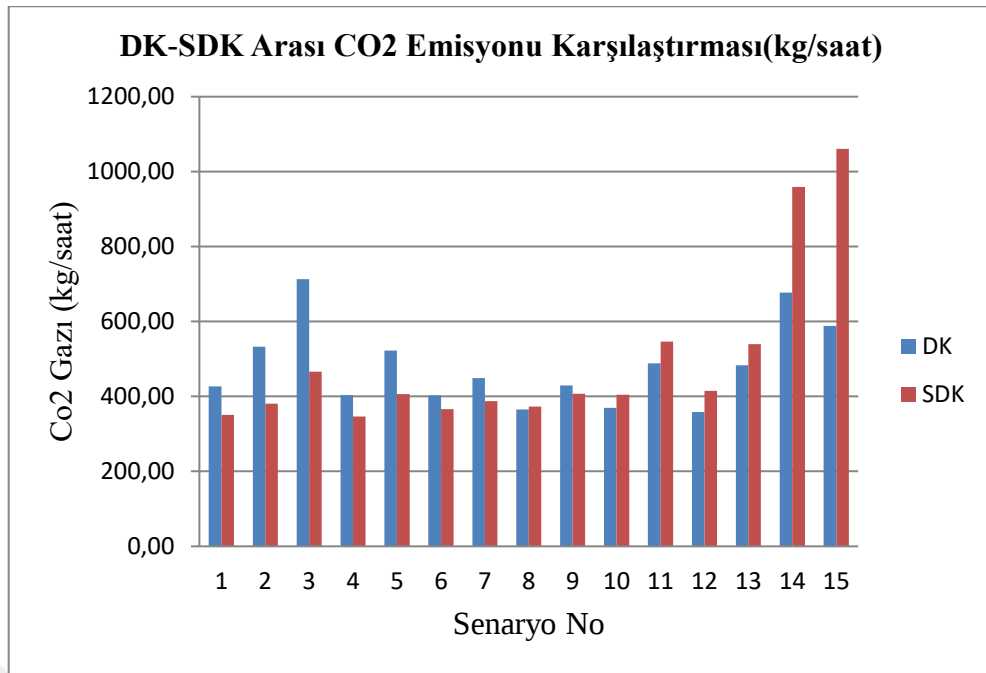
Şekil 35. MDK-KDSDK yakıt tüketimi grafiği

Tablo 37 ve Şekil 35 ‘den anlaşıldığı üzere 1.-7. ve 9. Senaryolarda yakıt tüketiminin azaldığı diğer senaryolarda ise arttığı görülmektedir. Yakıt tüketiminin azalması ile birlikte emisyon gazı azalarak ekonomik ve çevresel zararın önüne geçilebilmektedir.

CO₂gaz emisyonu

Tablo 38. MDK ve KDSDK Karbon Dioksit-CO₂Gazı ve Aralarındaki Fark

Senaryo No	CO ₂ Gazı (kg/saat)		
	MDK	KDSDK	Fark (%)
1	426,6	350,8	17,77
2	532,8	380,8	28,53
3	712,8	466,4	34,57
4	403,7	346,1	14,27
5	522,6	405,9	22,33
6	403,3	366,3	9,17
7	449,1	387,5	13,72
8	364,9	372,8	-2,16
9	429,3	407,3	5,12
10	369,2	405	-9,7
11	488,3	546,8	-11,98
12	358,5	415	-15,76
13	483	539,6	-11,72
14	676,8	959,2	-41,73
15	588	1060,4	-80,34



Şekil 36. MDK-KDSDK karbon dioksit- CO_2 grafiği

Tablo 38 ile Şekil 36. 'den anlaşıldığı gibi 1.-7. ve 9. senaryolarda yakıt tüketiminin azalmasından etkilenecek CO_2 emisyonu da azalmaktadır. Emisyonun minimum düzeyde olması ile ekonomik tasarruf ile ve çevresel fayda sağlanmış olacaktır.

Bu senaryolara ait trafik hacimleri için sonuçlarını gösteren özet şu şekildedir.

Tablo 39. Örnek Çalışma-1-2 ve Bazı Farklı Deneme Sonuçların Özeti

Durum-1				
Analiz No	Analiz No Kavşak Özelliği	Değişim Sonrası Kavşak Performansı		
		iyileşme	aynı	kötü
1	2x2(sirk=2, ş. gnş. = 3,5m)	0	15	0
2	2x2(sirk=2, ş. gnş. = 4,0m)	0	15	0
3	2x2(sirk=3, ş. gnş. = 3,5m)	0	13	2
4	2x2(sirk=1, ş. gnş. = 3,5m)	0	9	6
5	2x1(sirk=1, ş. gnş. = 3,5m)	4	8	3
6	2x1(sirk=2, ş. gnş. = 3,5m)	7	4	4
Durum-2				
1	2x2 (sirk.= 1, ş.gnş. =3,5m)	9	6	0
2	2x2 (sirk.= 2, ş.gnş. =3,5m)	5	6	4

Tablo 39'a göre;

*Durum-1:*1. ve 2. denemede şerit genişliğinin etkisi ile meydana gelen farklar önemli düzeyde kavşağın hizmet düzeyinde değişiklik göstermemiştir. 3. denemede sirkülasyon

yapan şerit sayısının artmasıyla kavşak kapasitesi daha kötü olmuştur. Bunun nedeni de kavşak içindeki araçların birbirlerinden etkilenmesi ve tahliye için zorlanmaları olabilir. 4. denemede sirkülasyon yapan şerit sayısının düşürülmesi ile de kavşağın hizmet düzeyi çok düşüş göstermiştir. Bunun nedeni ise kavşağın akımı için sirkülasyon şeridinin yetersiz olması muhtemeldir. 5. denemede kavşak kolundan gelen taşıtlar ile sirkülasyon şerit sayısının aynı olmasıyla kavşağın hizmet düzeyinde iyileşmeler görülmüştür. Burada hem kollarda hem de kavşak içi şeridinin aynı sayıda olmasıyla taşıtların birbirlerinden etkilenmesi daha düşük olduğundan dolayı olabilir. Bu denemede kötüleşen hizmet düzeyinin trafik hacimlerinde U dönüşü yapan veya maksimum sirkülasyona maruz kalan taşıt sayısının daha fazla olması da muhtemel nedendir. 6. denemede söz konusu trafik hacimleri için en iyi sonuç elde edilmiştir. Deneme 3’de sirküle yapan şerit sayısı koldaki şerit sayısının 1,5 katı olup deneme 6’da sirkülasyon yapan şerit sayısı koldaki şerit sayısının 2 katı kadardır. Dolayısıyla deneme 6’da kavşak kollarından gelen taşıtlar kavşak içinde birbirlerinden daha az etkilenecektir.

Durum-2: 1. denemede ki hizmet düzeyi iyileşme sayısının 2. denemeye göre daha fazla olmasının nedeni, deneme 1.’de taşıtların birbirlerinden etkileşiminin daha az olması muhtemeldir.

Örnek çalışma-3Özet sonuçları

Örnek çalışma-3’teki kavşağın trafik hacimlerinin SIDRA Intersection test sonuçlarına ait özet Tablo 40’de oluşturulmuştur. Bu tablodan anlaşıldığı gibi bazı senaryolarda iyileşme görünürken mevcut durumla değişim göstermeyen senaryolar da tespit edilmiştir. Tablo40’te bu kavşağın sonuçları özet olarak sunulmaktadır. Detaylı sonuçları Ek 1-4’te verilmiştir.

Tablo 40. Örnek Çalışma-3 Sonuç Özeti

Örnek Çalışma-3 SIDRA Intersection Analizi Sonuçlar Özeti				
Analiz No	Analiz No Kavşak Özelliği	Değişim Sonrası Kavşak Performansı		
		iyileşme	aynı	kötü
1	2x2(sirk=1, ş. gnş. = 3,5m)	3	12	0
2	2x2(sirk=2, ş. gnş. = 3,5m)	5	10	0
3	2x2(kuyruk uzun. = 40m)	5	10	0
4	2x2(kuyruk uzun. = 80m)	6	9	0

Tablo 40’a göre hem şerit sayısının artışı hem de kuyruk detektörün yerleştirileceği mesafenin uzunluğu kavşağın hizmet düzeyini iyileştirmiştir. Bu verilere göre KDSDK’nın

uygulanması için şerit sayısının artırılmasının yanı sıra kuyruk detektör uzunluğunun 50m'den daha az alınmaması görülmüştür.

Örnek çalışma-4(Kelleci kavşağı)

Bu kavşakla ilgili trafik hacimleri Materyal ve Yöntem bölümünde detaylı olarak Tablo 17-19 arası verilmiştir. Bu kavşağa ait SIDRA Intersection analiz sonuçları aşağıda yer almaktadır. Örnek çalışma-4'ün detaylı sonuçları Ek 5-15'de verilmiştir.

Kavşak performans etkenleri

Ortalama gecikme etkenleri

a- Şerit genişliği etkisi

Şerit genişliğini 3.00m'den 3.50m'ye çıkarılarak yeniden tasarlanması durumunda sinyalize kavşak, MDK ve KDSDK'nın ortalama gecikmesine şerit genişliğinin artırılması farklı oranlarda etki etmektedir. Tablo 41'de şerit genişliğinin 50cm artışı ile oluşan etki oranları verilmektedir.

Tablo 41. Şerit Genişliği 3.00m'den 3.50m çıkarıldığında Ortalama Gecikmeye % Olarak Etkisi (Artma /Azalma).

Şerit genişliği 3.00m'den 3.50m çıkarıldığında ortalama gecikmeye % olarak etkisi -Artma(-) / Azalma(+)			
Senaryo No	S.I. (%)	R. (%)	R.M. (%)
5	13,11	6,35	9,53
10	2,65	6,82	3,25
15	1,18	3,14	3,14
20	3,86	1,24	2,41
25	3,82	5,86	3,98
30	3,05	3,1	1,67
35	2,97	2,97	1,44
40	3,52	2,83	1,69

($P_{SI}= 0,974$, $P_R= 0,905$ ve $P_{RM}= 0,641$) > 0,05 olduklarından tablodaki bütün kavşak türlerinin farkları istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Tablo 42. Şerit Genişliğinin 3.00m'den 4,50m Olarak Yeniden Tasarlanmasının Ortalama Gecikmeye Etki Oranları

Şerit genişliği 3.00m'den 4.50m olduğunda ortalama gecikmeye % olarak etkisi-Artma(-)/Azalma(+)			
Senaryo No	S.I. (%)	R. (%)	R.M. (%)
5	9,17	17,47	25,1
10	21,4	19,5	18,17
15	0,8	9,36	7,33
20	10,93	14,64	8,73
25	10,78	6,62	6
30	8,75	6,67	5,89
35	4,02	29,54	24,47
40	11,34	27,56	26,21

$P_{SI} = 0,804 > 0,05$, $P_R = 0,038 < 0,05$ ve $P_{RM} = 0,179 > 0,05$ olup, sinyalize kavşak(SK) ile KDSDK(KDSDK) için oluşan olumlu farklar istatistiksel olarak önemsiz düzeyde olup sadece dönel kavşak(DK) için oluşan fark önemli seviyededir. Başka bir ifade ile trafik hacminin çok fazla olduğu kavşaklarda ortalama gecikmeye etki eden parametre olarak şerit genişliğinin artırılması daha çok sinyalsiz dönel kavşaklarda etkili olabilmektedir.

b- Şerit sayısının etkisi

Sinyalize kavşağın merkez adasının ve sirkülasyon şeridinin olmamasıyla sadece dönel kavşak türlerinde sirkülasyon şeridi incelenmiştir. Şerit sayısını 2x2(2 sirküle şeritli)'den 2x3(3 sirküle şeritli) olarak yeniden tasarlanması ile oluşan farklar, aşağıda Tablo 43'te sunulmuştur.

Tablo 43. Şerit Sayısı 2x2'den 2x3 Yapılmasının Ortalama Gecikmeye Etki Oranları

Şerit sayısı 2x2'den şerit sayısı 2x3 olmasının ortalama gecikmeye etkisi-Artış(-)/Azalış(+)			
Senaryo No	S.I. (%)	R. (%)	R.M. (%)
5	9,17	17,47	25,1
10	21,4	19,5	18,17
15	0,8	9,36	7,33
20	10,93	14,64	8,73
25	10,78	6,62	6
30	8,75	6,67	5,89
35	4,02	29,54	24,47
40	11,34	27,56	26,21

Tablo 43'ten anlaşılabacağı üzere şerit sayısının artışı taşıtların ortalama gecikmesine olumlu katkı sağlamıştır. Kavşak tipleri arasında en çok etkisi sinyalize kavşakta olduğu görülmektedir.

$$P_R = 0,040 < 0,05 \text{ ve } P_{RM} = 0,598 > 0,05.$$

Yukarıdaki istatistiksel değerlere göre şerit sayısının 2x2'den 2x3'e çıkarılmasının sonucu meydana gelen ortalama gecikme, MDK'ta ortalama anlamlı derecede ve KDSDKlarda ise önemsiz düzeyde azalmadığı görülmüştür.

c- Ada çapının etkisi

Sinyalize kavşaklarda merkez ada olmamasından dolayı, ada çapı sadece dönel kavşaklarda incelenmiştir. Ada çapının 40m'den 60m olarak yeniden tasarlanması durumunda oluşan farklar, Tablo 44'te verilmektedir.

Tablo 44. Ada Çapının 20 m Artırılmasıyla Kavşakların Ortalama Gecikmelerine Etki Oranları

Ada çapı 40m'den 60m'ye çıkarılması durumunda ortalama gecikmeye etki oranları		
Senaryo No	R. (%)	R.M. (%)
1	8,84	5,15
5	6,82	7,51
10	-1,44	-1,57
15	-27,62	4,24
20	4,32	-9,73
25	0,82	-2,28
30	1,18	-8,86
35	7,58	7,18
40	13,65	23,03

Tablo 44'e göre bazı senaryolarda olumsuz sonuç(negatif değerler) elde edildiği görülmektedir. Bunun nedeni ise ilgili trafik hacimlerinin yönler göre dağılımı ve ağır taşıt oranları olabilir.

$P_R = 0,816 > 0,05$ ve $P_{RM} = 0,387 > 0,05$ olup, ada çapını 40m'den 60m'ye çıkarılması durumunda oluşan farklar istatistiksel olarak önemsiz seviyededir.

d- Sirkülasyon genişliğinin etkisi

Tablo 45. Sirkülasyon Genişliğinin 10 m Artmasının Ortalama Gecikmeye Etkisi

Sirkülasyon genişliği 20m'den 30m'ye genişletilmesinin ortalama gecikmeye etki oranları		
Senaryo No	R. (%)	R.M. (%)
1	6,38	10,9
5	4	3,94
10	-9,53	-2,61
15	-0,9	4,86
20	2,81	-0,57
25	1,35	-0,04
30	4,57	3,84
35	3,69	4,8

$P_R = 0,854 > 0,05$ ve $P_{RM} = 0,875 > 0,05$ olup her iki tip dönel kavşak için sirkülasyon genişliğinin 20m'den 30m'ye genişletilmesinden dolayı oluşan fark istatistiksel olarak önemsiz derecededir.

Ortalama gecikmenin etkenleri incelendiğinde söz konusu trafik hacimleri şartlarına göre hem sinyalizasyon kavşaklarında hem de dönel kavşak türlerinde ağırlıklı olarak olumlu etkiler görülmüştür. Bu etkilerin sayısal veya oransal sonuçları önemli ölçüde görünmesine rağmen istatistiksel olarak anlamsız(önemsiz) düzeyde olduğu anlaşılmaktadır. Bu kavşağın bazı trafik hacimlerinde ise parametrelerin değiştirilmesine(iyileştirilmesine) rağmen olumsuz etkiler yarattığı görülmektedir. Olumsuz sonuçların muhtemel nedenleri ise ağır taşıt oranlarının fazla olması, taşıtların gideceği yönler yüksek oranda akımın olması, U dönüşünün yüksek oranda olması vs. olabilir.

Hizmet Düzeyi etkenleri

Yapılan çalışmaların neticesinde, kavşak geometrik elemanlarının tasarımının yeniden yapılması ile hiçbir kavşak türü için hizmet düzeyinde herhangi bir olumlu değişim görülmemiştir. Sayısal olarak elde edilen olumlu farklar hizmet düzeyinde sınıf değişikliğine neden olamamıştır. İncelenen bu trafik hacimlerin yoğunluğundan dolayı kavşakların hizmet düzeyi en zayıf sınıf(F sınıfı) olarak görülmüştür.

Yakıt tüketimi etkenleri

Taşıtların yakıt tüketimi, ortalama gecikmeyle doğru orantılıdır. Dolayısıyla ortalama gecikmeye etkili olan parametreler aslında yakıt tüketimine de etkili olmaktadır. Bu etkenlerin olumlu ve olumsuz etkileri sırayla aşağıda incelenmiştir.

a- Şerit sayısı etkisi

Şerit sayısı 2x2'den 2x3 olarak yeniden tasarlanmasıyla oluşan fark Tablo 46'da verilmiştir.

Tablo46. Şerit Sayısının Yakıt Tüketimine Etkisi-Olumlu(+), Olumsuz(-)

Şerit sayısı 2x2'den 2x3 olarak yeniden tasarlanmasının yakıt tüketimine etkisi oranları (L/sa)			
Senaryo No	S.I. %	R. %	R.M. %
1	39,31	22,71	32,37
5	57,9	23,29	35,17
10	88,57	13,17	14,5
15	15,19	15,54	29,65
20	27,41	3,76	-12,56
25	28,75	0,44	6,18
30	29,99	8,25	-11,01
35	77,84	39,96	43,01
40	74,11	36,01	44,26

Tablo 46'dan anlaşılabacağı üzere şerit sayısının artmasıyla yakıt tüketiminin en fazla etkisi sinyalize kavşaklarda olduğu görülmektedir. Şerit sayısının yeniden tasarlanmasıyla oluşan farklara istatistiksel olarak ($P_{SI} = 0,001 < 0,05$, $P_R = 0,119 > 0,05$ ve $P_{RM} = 0,483 > 0,05$.) bakıldığında sadece sinyalize kavşakların farkı anlamlı olup, dönel kavşak türleri için oluşan farklar önemsiz düzeydedir.

b- Şerit genişliği etkisi

Şerit genişliğinin 3,5m'den 4,5m olarak yeniden tasarlanmasıyla oluşan farklar, Tablo 47'de sunulmaktadır.

Tablo 47. Şerit Genişliğinin 3.5m'den 4.5m'ye Çıkarılmasının Yakıt Tüketimine Etki Oranları

Şerit genişliğinin 1 m artmasının yakıt tüketimine etkisi(%)			
Senaryo No	S.I. %	R. %	R.M. %
1	39,31	22,71	32,37
5	57,9	23,29	35,17
10	88,57	13,17	14,5
15	15,19	15,54	29,65
20	27,41	3,76	-12,56
25	28,75	0,44	6,18
30	29,99	8,25	-11,01
35	77,84	39,96	43,01
40	74,11	36,01	44,26

$P_{SI} = 0,685 > 0,05$, $P_R = 0,826 > 0,05$ ve $P_{RM} = 0,631 > 0,05$ olup, istatistiksel olarak bakıldığında şerit genişliğinin 1m artmasıyla oluşan farkların önemli derecede olmadığı anlaşılmaktadır

Ada çapı etkisi

Ada çapının 40m'den 60m'ye genişletilmesi durumunda yakıt tüketimine etkisi Tablo 48'de verilmektedir.

Tablo 48. Ada Çapının 20m Genişletilmesinin Yakıt Tüketimi Üzerine Etki Oranları

Ada çapının 20m artışının yakıt tüketimine etki oranları		
Senaryo No	R. %	R.M. %
1	6,33	4,52
5	4,55	5,27
10	-1	-1,05
15	-20,04	3,47
20	3,07	-6,88
25	0,76	-1,78
30	1,46	-7,63
35	5,01	5,48
40	6,57	6,2

$P_R = 0,909 > 0,05$ ve $P_{RM} = 0,763 > 0,05$ olup istatistiksel olarak her iki dönel kavşakta 20m ada çapı artışı nedeni ile oluşan farklar anlamsız düzeydedir.

Yakıt maliyeti etkenleri

Yakıt tüketim miktarına etkili olan parametreler, maliyet açısından sırayla hesaplanmıştır.

a- Şerit genişliği etkisi

Şerit genişliğini 3,00m'den 3,50m olarak yeniden tasarlanmasıyla oluşan fark Tablo 49 ile verilmektedir.

Tablo 49. 50cm Şerit Genişliği Artmasının Yakıt Maliyetine Etkisi-Olumsuz(-) Olumlu(+)

Şerit genişliğinin 3m'den 3,5m'ye artışıyla yakıt maliyetine etkisi			
Senaryo No	S.I (%)	R. (%)	R.M. (%)
1	3,26	5,94	9,25
9	4,94	5,34	7,55
17	3,07	6	5
25	3,61	2,72	-0,76
33	0,14	6,09	4,88
40	3,46	8,39	8,38

$P_{SI} = 0,978 > 0,05$, $P_R = 0,671 > 0,05$ ve $P_{RM} = 0,771 > 0,05$ olduklarından dolayı şerit genişliğinin 50cm artışıyla oluşan farklar önemli derecede değildir.

Tablo 50. Şerit Genişliğinin 3,5m'den 4,5m Olarak Yeniden Tasarlanmasıyla Yakıt Maliyetine Etki Oranları-Azalma(+) Artma(-)

100 cm şerit genişliğinin artışın kavşak yakıt maliyetine etkisi(%)			
Senaryo No	S.I (%)	R. (%)	R.M. (%)
1	5,83	11,12	16,67
11	25,99	12,34	10,74
21	7,17	9,76	10,6
31	0,13	10,64	8,14
40	7,94	17,39	16,88

$P_{SI} = 0,883 > 0,05$, $P_R = 0,051 > 0,05$ ve $P_{RM} = 0,460 > 0,05$ oldukları için şerit genişliğinin 3,5m'den 4,5m olarak yeniden tasarlanmasıyla oluşan fark önemli düzeyde değildir. $P_R = 0,051$ olup 0,05'den çok farklı değildir. Bu kavşak için oluşan farklar önemlilik ile önemsizlik derecesi(%5) sınırına yakındır. Dolayısıyla hem önemli denebilir hem de önemsiz denebilir seviyededir.

b- Şerit sayısı etkisi

Tablo 51. Şerit Sayısını 2x2'den 2x3 Olarak Yeniden Tasarlanmasıyla Sinyalize Kavşakta Yakıt Maliyetine Etki Oranları

Şerit sayısının sinyalize kavşak yakıt maliyetine etkisi (%)									
Senaryo No	1	5	10	15	20	25	30	35	40
S.I.	47,51	64,09	68,35	16,81	32,16	35,6	36,45	79,59	78,54

$P_{SI} = 0,001 < 0,05$ olduğundan şerit sayısının 2x2'den 2x3 olarak yeniden tasarlanmasıyla oluşan fark anlamlı ve önemli düzeydedir.

Tablo 52. Dönel Kavşaklarda Şerit Sayısını 2x2(2 Sirküle Şeritli)’den 2x3(3 Sirküle Şeritli) Olarak Yeniden Tasarlanmasının Yakıt Maliyetine Etki Oranları

Dönel kavşaklarda şerit sayısının yakıt maliyetine etkisi(%)									
Senaryo No	1	5	10	15	20	25	30	35	40
R.	25,31	15,79	15,79	17,1	4,71	-3,2	6,64	44,5	46,85
R.M.	34,69	41,29	17,07	33,27	-14,17	6,82	-14,14	47,03	54,05

$P_R = 0,088 > 0,05$ ve $P_{RM} = 0,499 > 0,05$ olduklarından oluşan farkın önemli düzeyde olmadığı anlaşılmaktadır. Sayısal olarak oluşan farklara göre dönel kavşaklar arasında KDSDK tercihinin yakıt maliyeti açısından daha avantajlı olduğu görülmektedir.

c- Ada çapı etkisi

Ada çapını 40m’den 60m olarak yeniden tasarlanmasıyla dönel kavşaklarda yakıt maliyeti açısından oluşan fark Tablo 53 ile verilmektedir.

Tablo 53. Ada Çapının 40m’den 60m Olarak Tasarlanmasıyla Yakıt Maliyetinde Oluşan Etki Oranları

Ada çapının yakıt maliyetine etkisi(%)		
Senaryo No	R. %	R.M. %
1	8,1	4,91
6	-6,66	1,88
12	-7,68	7,34
18	2,46	-53,56
24	-6,88	0,16
30	1,23	53,6
36	-21,66	-42,81
40	10,78	10,34

$P_R = 0,871 > 0,05$ ve $P_{RM} = 0,728 > 0,05$ olduklarından ada çapının 20m artışıyla dönel kavşaklarda yakıt maliyeti bakımından önemli ölçüde fark oluşmadığı anlaşılmaktadır.

Emisyon etkenleri

Burada yine şerit sayısı, şerit genişliği, dönel kavşaklarda sirkülasyon şeridi ve ada çapının emisyon üzerindeki etkileri incelenmiştir. Emisyon gazları olarak, karbondioksit- CO_2 , karbon monoksit-CO, hidrokarbon-HC, ve neterojen oksit-NOX seçilmiş ve miktarlarındaki değişimi incelenmiştir. Sonuçların negatif olması, emisyon artması demektir.

a- Şerit sayısı (2x2'den 2x3'e çıkarılması) etkisi

Tablo 54. Şerit Sayısının 2x2'den 2x3'e Çıkarılmasının Kavşak Emisyonu Üzerindeki Etki Oranları

Şerit sayısının kavşak emisyon üzerine etkisi(%)												
Senaryo No	CO ₂			HC			CO			NOX		
	S.I.	R.	R.M.	S.I.	R.	R.M.	S.I.	R.	R.M.	S.I.	R.	R.M.
1	38,7	12,6	19,57	42,26	13,39	20,27	20,99	14,32	15,84	21,45	4,02	15,7
8	89,83	23,83	30,34	90,27	25,9	32,18	74,16	15,33	18,41	78,06	15,77	13,01
16	31,18	3,41	-87,7	34,06	1,6	-87,4	20,4	13,3	-24	20,33	10,21	-35,5
24	28,86	-5,78	-0,45	32,59	-6,26	-0,39	17,98	8,02	11,61	18,66	4,71	8,4
32	64,51	17,3	19,69	65,2	19,38	21,71	55,07	7,04	14,14	57,52	13,23	14,2
40	72,69	28,08	33,19	74,42	31,48	36,34	44,59	20,44	24,44	50,24	20,1	24,18

CO₂: P_{SI}= 0,001 < 0,05, P_R= 0,124 > 0,05 ve P_{RM}= 0,531 > 0,05,

HC: P_{SI}= 0,000 < 0,05, P_R= 0,508 > 0,05 ve P_{RM}= 0,449 > 0,05,

CO: P_{SI}= 0,001 < 0,05, P_R= 0,063 > 0,05 ve P_{RM}= 0,188 > 0,05 ve

NOX: P_{SI}= 0,000 < 0,05, P_R= 0,200 > 0,05 ve P_{RM}= 0,269 > 0,05.

Yukarıdaki istatistiksel değerlere göre sadece sinyalizasyon kavşağının emisyon değerlerindeki farklılığın anlamlı derecede olduğu anlaşılmaktadır. Şerit sayısını 2x2(2 sirküle şeritli)'den 2x3(3 sirküle şeritli)'e çıkarılması halinde emisyon gazlarında oluşan farklar, diğer kavşaklar için önemli düzeyde değildir. İstatistiksel olarak emisyon gazlarındaki farklılık anlamsız derecede olsa bile yüzde olarak açığa çıkan zararlı gazların azaldığı değerlendirilebilir seviyededir.

b- Şerit genişliği etkisi

Tablo 55. Şerit Genişliğinin 1m Artırılmasıyla Kavşak Emisyonu Üzerindeki Etki Oranları

Şerit genişliğini 3.00m'den 3.50m'ye çıkarılmasının kavşak emisyonu üzerine etkisi (%)												
Senaryo No	CO ₂			HC			CO			NOX		
	S.I.	R.	R.M.	S.I.	R.	R.M.	S.I.	R.	R.M.	S.I.	R.	R.M.
1	3,56	-0,41	3,42	4,06	-0,59	3,49	-0,87	1,3	-8,32	-0,25	1,05	1,88
8	5,6	-1,92	-2,58	6	-3,2	2,96	0	-0,69	-0,7	0,77	-0,92	-1,15
16	4,74	-5,23	-50,5	5,08	-7,04	-50,4	1,53	-1,34	-24	1,82	-2,35	-29,1
24	5,21	-9,89	1,78	5,72	-10,6	1,79	0,88	-3,22	1,28	1,39	-4,39	1,2
32	3,75	3,55	3,55	3,91	3,8	3,74	1,77	0	0,46	2,17	0	0,84
40	2,24	6,03	1,2	2,6	6,97	0,97	-1,95	2,39	-0,9	-0,32	2,87	-0,59

CO₂: $P_{SI} = 0,686 > 0,05$, $P_R = 0,829 > 0,05$ ve $P_{RM} = 0,628 > 0,05$,

HC: $P_{SI} = 0,673 > 0,05$, $P_R = 0,786 > 0,05$ ve $P_{RM} = 0,682 > 0,05$,

CO: $P_{SI} = 0,776 > 0,05$, $P_R = 0,987 > 0,05$ ve $P_{RM} = 0,749 > 0,05$ ve

NOX: $P_{SI} = 0,750 > 0,05$, $P_R = 0,961 > 0,05$ ve $P_{RM} = 0,691 > 0,05$.

Yukarıdaki istatistiksel değerlere göre şerit genişliğinin 1m artırılarak yeniden tasarlanmasının, sinyalize kavşak,MDK ve KDSDKların emisyon gazlarında oluşan farkların önemli seviyede olmadığı anlaşılmaktadır.

c- Ada çapı etkisi

Tablo 56. Ada Çapı 40'den 60m'ye Genişletilmesinin Kavşak Emisyonları Üzerine Etki Oranları

Ada çapının kavşak emisyonu üzerine etkisi(%)												
Senaryo No	CO ₂			HC			CO			NOX		
	S.I.	R.	R.M.	S.I.	R.	R.M.	S.I.	R.	R.M.	S.I.	R.	R.M.
1	0	6,34	4,46	0	6,69	4,33	0	0,73	1,11	0	1,15	1,43
8	0	-0,29	-0,38	0	-0,39	-0,43	0	-0,39	-0,44	0	12,7	-0,59
16	0	2,02	-20,1	0	-9,65	-19,3	0	1,13	-10,2	0	0,88	-12,2
24	0	-5,71	0,18	0	-6,19	0,22	0	-2,4	0,41	0	-3,13	0,19
32	0	5,52	4	0	5,95	4,21	0	-0,53	0,07	0	0	0,44
40	0	6,58	6,22	0	7,88	7,04	0	3,05	0,92	0	3,33	1,22

CO₂: $P_R = 0,926 > 0,05$ ve $P_{RM} = 0,793 > 0,05$,

HC: $P_R = 0,887 > 0,05$ ve $P_{RM} = 0,857 > 0,05$,

CO: $P_R = 0,894 > 0,05$ ve $P_{RM} = 0,846 > 0,05$ ve

NOX: $P_R = 0,989 > 0,05$ ve $P_{RM} = 0,827 > 0,05$.

Yukarıdaki istatistiksel değerlere göre ada çapının genişletilmesinden dolayı oluşan farkların önemli seviyede olmadığı anlaşılmaktadır.

Örnek çalışma-1-2-3'te olduğu gibi Kelleci Kardeşler kavşağında da yukarıdaki verilere göre farklı etkenlerin etkilerine bakıldığında, şerit sayısının artırılması ile oluşan fark, ada çapı, şerit genişliği vs. parametrelerin değiştirilmesinden dolayı oluşan farklara nazaran daha iyi seviyede olduğu görülmüştür. Şerit sayısının artışıyla hem kavşakların performansı

artmış(taşıtların ortalama gecikmeleri azalmıştır)hem de emisyon miktarlarındaki düşüş göstermiştir(yakıt tüketimi azalmıştır).



SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzde yoğun trafiğin sonucu kavşaklarda meydana gelen kazaların sayısı ve bu kazalardan dolayı oluşan can ve mal kaybının en az seviyeye ulaştırılması amacıyla, sinyalize kavşak veya dönel kavşak olarak yeniden tasarlanması halinde taşıtların çakışma noktaları azalarak pek çok kazanın önüne geçilebilmektedir. Kaza oranları düşerken özellikle dengesiz trafik akımına hizmet eden kavşaklarda taşıtların yoğun olduğu kollarda, ortalama gecikmeler artarak kavşağın kapasite ve hizmet düzeyini olumsuz etkileyebilmektedir. Dengesiz trafik hacmine bir çözüm olarak taşıtların ortalama gecikmelerini kontrol altına alınması, minimum gecikme ile KDSDK performansı ve kapasitesi, diğer kavşaklara göre daha iyi olabilmektedir. KDSDK'nın trafik akımının dengeli olması durumunda kavşağın kapasitesi ile hizmet düzeyi daha düşük olabilmektedir. Trafik akımının dengesiz olması durumunda ağır taşıt oranlarının daha çok olması da normal taşıtların daha fazla gecikmelerine neden olabilmektedir. Bundan dolayı kavşak kapasitesi ve hizmet düzeyi düşecektir.

Trafik hacminin yoğunluğu ile ağır ve uzun taşıtların yoğunluğu da artış göstermektedir. Bu nedenle şerit genişliğinin 3.00m olması yetersiz kalabilmektedir. Şerit genişliğinin 3,50m ve 4,00m olarak yeniden tasarlanmasıyla, sürücüler psikolojik olarak daha rahat hareket edebilir. Böylece düşük oranda olsa bile taşıtların ortalama gecikmesi azalarak kavşağın performansı daha iyi olur.

Şerit sayısının artırılması ile özellikle yoğun trafik akımına hizmet eden kavşakların performansı ve kapasitesi artabilmektedir. Kavşaklarda şerit sayılarının artırılmasıyla, araçlar kavşağı kullanırken daha az zaman kaybı yaşaması mümkün olacaktır.

Dönel kavşaklarda merkez ada çapının genişliği kavşağı kullanan taşıtların gecikmesini etkilemektedir. Ada çapının en az 30m alınması tavsiye edilirken trafik hacminin artmasıyla bu çapın da artırılması gerekmektedir. Trafik hacminin yoğunluğuna göre ayarlanan ada çapı, çok büyük alınması durumunda kavşağı terk etme süresi uzayarak taşıtların kavşaktan daha geç tahliyesine neden olmaktadır.

Dengesiz trafik hacmine hizmet eden KDSDKlar(KDSDK) için kuyruk uzunluğunun 50 m ile 120 m alınması gerekmektedir. Buna bağlı olarak aynı güzergâh üzerinde KDSDK uygulanması gerektiğinde iki kavşak arasında en az 250 m mesafenin bulunması gerekmektedir. Aksi halde birinci KDSDK'tan tahliye olan taşıtın kavşak çıkışı ile ikinci KDSDK'nın detektörlü kolundaki kuyruk uzunluğu arasında tıkanıklığın oluşması söz konusu olacaktır.

Kavşağı kullanan taşıtların, kavşağı terk ederken gideceği yönler (sağ, sol, düz veya U dönüşü) ile ağır taşıt oranının yüksek olması, ortalama gecikmeyi artırdığından dolayı kavşak performansını ve kapasitesini de olumsuz etkilemektedir. Ortalama gecikmenin artması ile yakıt tüketiminin artışı ve buna bağlı olarak emisyon miktarları da artar. Böylece ekonomik ve çevresel zarar artacaktır.

Dengesiz trafik akımlı ve 2x2 şeritli bir kavşağın, KDSDK olarak yeniden tasarlanabilmesi için kontrol yaklaşım kolunun önünde sirkülasyon yapan taşıtların sayısı 0-150 ta/sa ve kontrol yaklaşımının da 1400-2000 ta/sa arasında olması halinde, kuyruk detektörünün en az 60m ve ada çapının en az 30 m olarak tasarlanması gerekmektedir. Kontrol yaklaşım kolunun 600 ta/sa ve bu yaklaşım kolunun önünde sirkülasyon yapan taşıtların hacmi 800ta/sa olmasıyla kavşağın trafik akımı dengesizliğini bozar ve böylece KDSDK uygulaması iyi sonuç vermeyebilir. Bu değerlere göre aşağıda dengeli akım ile dengesiz akım için bir örnek verilmiştir;

- *Dengeli:* kontrol kolu=750 ta/sa, kontrol kolu önünde sirküle yapan taşıt=900ta/sa ve
- *Dengesiz:* kontrol kolu=95ta/sa, kontrol kolu önünde sirküle yapan taşıt=1540ta/sa.

Dengeli ve dengesiz trafik hacimlerini oluşturmak için $\frac{V_{CA}}{V_C} < 1$ bağlantısı kullanılabilir. Buna göre 1'e yakın olan oranlar için trafik hacmin dengesizliği düşükken 0'a yakın olan oranlar için dengesizlik yüksektir.

Özellikle metropol şehirlerde ve trafik akımının çok kalabalık olan yerlerde kazaların ve taşıtların gecikmelerini en az seviyeye indirmek için uygulanmak istenen KDSDK için trafik hacminin yoğunluğuna göre kavşağın şerit sayısının artırılması önemli oranda etki edecektir. Bunun yanı sıra kuyruk detektör uzunluğu(minimum 50m), şerit genişliği, ada çapı, sinyalizasyon süresinin optimum olarak atanması da önem arz edecektir.

Trafik hacminin 3000 ve daha fazla olmadı durumunda sinyalizasyon kavşak uygulanmasını daha iyi performans gösterecektir.

Trafik hacminin daha az olması durumunda dengeli akım söz konusu ise MDK daha iyi performansta hizmet verecektir.

Bu çalışmada KDSDK'nın tek sinyalizasyon ve tek detektörlü tasarımı incelenmiştir. KDSDK'nın ikili sinyalizasyon ve ikili detektörlü tasarımının çalışılması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Akçelik, R., 2006. Operating Cost, Fuel Consumption and Pollutant Emission Savings at a Roundabout with Metering Signals. 7 th International Congress on Advances in Civil Engineering (ACE 2006), İstanbul.
- Akmaz, M. M., 2012. Konya'nın Önemli Sinyalize Kavşaklarının Bilgisayar Programı İle İncelenmesi. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Atalay, A., Tortum, A., Gökdağ, M. 2012. Türkiye'de 1977-2006 Yılları Arası Meydana Gelen Aylık Trafik Kazalarının Zamansal Analizi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 28(3), 221-229.
- "Anonim"., 2017. Emisyon Nedir?, Emisyon Kaynağı Nedir?, Emisyon Ölçümü Nedir?. Çevre Mühendisleri.net, <https://www.cevremuhendisleri.net/konu/emisyon-nedir-emisyon-kaynagi-nedir-emisyon-olcumu-nedir.14474/#:~:text=Emisyon%20kelime%20anlam%C4%B1%20olarak%20%C3%A7%C4%B1karmak,kat%C4%B1%20at%C4%B1k%20emisyon%20olarak%20adland%C4%B1r%C4%B1l%C4%B1r>. (23 june 2022).
- Blackmore, F. C., 1963. Priority at roundabouts, Traffic Eng. & Control, 5, 104-106.
- 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., 2015. Sinyalize Dönel Kavşakların Performanslarının Farklı Senaryolar Altında İncelenmesi. 11. Ulaştırma Kongresi, İstanbul.
- Çakıcı, Z. ve Murat, Y. Ş., 2016. Sinyalize Dönel Kavşaklar için Hesap Yöntemi Önerisi ve Performans Analizi. Teknik Dergi, 27(4), 7569-7592.
- Çakıcı, Z. ve Murat, Y. Ş., 2021. Sinyalize Dönel Kavşaklarda Diferansiyel Gelişim Algoritması İle Sinyal Süre Optimizasyonu. El Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi, 8(2), 635-651.
- George, D., ve Mallery, M., (2010). SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference, 17.0 update (10a ed.) Boston: Pearson, <https://www.youtube.com/watch?v=2wzvcipIorU&t=303s>, (26.june 2022).
- Gökdağ, M. 2012. Study of the road traffic noise in Erzurum-Turkey. Iranian Jornal of Environmental Health Science & Engineering 2012 9:22.
- Gökdağ, M. ve Atalay, A. 2015. Trafik Eğitiminin Trafik Kazaları Üzerindeki Etkisi. EÜFBED-Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8(2), 272-283.
- Gökdağ, M. ve Baş, F. İ., 2019. The Effect of Fatigue and Sleepiness upon Driver Behaviors. Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12(2), 850-862.
- Janssens, R., 1994. Evaluating the Performance of a Roundabout. CEEC's Training Seminar on Road Development and Safety for Managerial Staff from Central and Eastern European Countries, Brussels-Belgium.
- Johnnie, B.E., Ahmed, A., Iman, A., 2012. Extent of Delay and Level of Service at Signalized Roundabout. International Journal of Engineering & Technology, 2 (3), 419-424.

- Kutlu, K., 1993. Trafik Tekniđi. 3. Baskı. İstanbul: İTÜ İnşaat Fakóltesi Matbaası, İstanbul.
- Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) – Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı, 2009. MDKlar, Ankara-Türkiye.
- KGM., 2016. Karayolları Tasarım El Kitabı. KGM Yayınları, 297 s, Ankara.
- Millard, R. S., 1971. Roundabouts and signals, Traffic Engineering & Control, 13(1), 13-15.
- Murat, Y. S., 2007. Trafik Mühendisliği Ders Notları, Denizli.
- Ma, W., Liu, Y., Yang, X., 2013. Integrated Optimization of Lane Markings and Timings for Signalized Roundabouts. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 36, 307-323.
- Masoud, MS., 2018. Kentiçi Trafik Sorunlarının Çözümünde Trafik Yönetimi Erzurum Örneği. Y. Lisan Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Mutlu, A., 2019. Balıkesir şehir merkezinde trafik kaynaklı hava kirliliği seviyelerinin analizi. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 21(1), 152-168.
- Natalizio, E., 2006. Roundabout with Metering Signals. Institute of Transportation Engineers 2005 Annual Meeting, Melbourne-Australia.
- Oustron, L. ve Bared, J. G., 1995. Roundabouts, Public Roads, Turner Fairbank Highway Research Center, Mclean, Virginia, USA.
- Özen, M., Tüýdeş Yaman, H., 2013. Türkiye’de Şehirlerarası Yük Trafiđi CO₂ Emisyonlarının Tahmini. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 17(3), 56-64.
- Padgett, T., 2013. More cities are using roundabouts to help save drivers time (and gas money). TIME, <https://content.time.com/time/subscriber/article/0,33009,1838753,00.html>,(23 june 2022).
- Seim, K., 1991. Use, design and safety of small roundabouts in Norway, Intersection Without Traffic Signals II, 270-281, Bochum, Germany.
- Tanyel, S., 2001. Türkiye’deki Dönel Kavşaklar için Kapasite Hesap Yöntemi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Tunç, A., 2003. Trafik Mühendisliği ve Uygulamaları. Asil Yayın Dağıtım, 790 s, Türkiye.
- Tanyel, S., Çalışkanelli, S. P., Aydın, M. M., Utku, S. B., 2013. Yuvarlakada Kavşaklardaki Ağır Araç Etkisinin İncelenmesi. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası (İMO) Teknik Dergi, 24 (4), 6479-6504.
- Umar F., ve Yayla N., 1992. Yol İnşaatı, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakóltesi Matbaası, İstanbul.
- Webster, F. V. ve Newby, R. F., 1964. Research into the relative merits of roundabouts and traffic-signal-controlled intersections, Proc. Inst. Civil Eng., 27, 47-76.
- Webster, F. V. ve Blackmore, F. C., 1968. Improving road Capacity, Science Journal, August, 69-74.
- Yang, X., Li, X., Xue, K., 2004. A New Traffic-Signal Control for Modern Roundabouts: Method and Application. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 5(4), 282-287.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Said Ehsanullah INANCH
Doğum tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu:	
Adres:	
Tel:	
E-mail:	
Eğitim	
Lise:	
Lisans:	
Yüksek lisans:	
Yabancı Dil Bilgisi	
Anadil:	