



T.C.

**TOROS ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**EŞ DÜZEY KAVŞAKTAN KATLI KAVAŞAĞA GEÇİŞTE SAĞLANAN**  
**VERİMLİLİĞİN İNCELENMESİ – MERSİN DEMOKRASİ KAVŞAĞI ÖRNEĞİ**

**Alparslan KALKAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**NİSAN 2021**



**T.C.**

**TOROS ÜNİVERSİTESİ**

**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**EŞ DÜZEY KAVŞAKTAN KATLI KAVAŞAĞA GEÇİŞTE SAĞLANAN  
VERİMLİLİĞİN İNCELENMESİ – MERSİN DEMOKRASİ KAVŞAĞI ÖRNEĞİ**

**Alparslan KALKAN**

**DANIŞMAN**

**Prof. Dr. Mehmet ÇAKIROĞLU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**NİSAN 2021**

## YÜKSEK LİSANS TEZİ KABUL ve ONAY SAYFASI

Alparslan KALKAN tarafından hazırlanan “*Eşdüzey Kavşaktan Katlı Kavşağa Geçişte Sağlanan Verimliliğin İncelenmesi-Mersin Demokrasi Kavşağı Örneği*” başlıklı bu çalışma 29/04/2021 tarihinde yapılan savunma sınavı sonunda oy birliği ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Başkanı

Prof. Dr. Ömer ARIÖZ

Kabul

Ret

.....

### Jüri Üyesi

Prof. Dr. Baha Vural KÖK  
(Fırat Üniversitesi)

Kabul

Ret

.....

### Danışman

Prof. Dr. Mehmet ÇAKIROĞLU

Kabul

Ret

.....

Savunma Sınav Jürisi Tarafından Tezin İmzalı Nüshasının Teslim Tarihi : ...../...../2021

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Prof. Dr. Köksal HAZIR  
Enstitü Müdürü

## ETİK BEYAN

Toros Üniversitesi Lisansüstü Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu çalışmada;

- Sunmuş olduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Yararlandığım eserlerin bütünüyle uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılmış olan tüm verilerde ve parametrelerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Sunmuş olduğum bu çalışmanın özgün olduğunu.

tarafınıza bildirir, aksi bir durum oluşması halinde aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

29/04/2021

Alparslan KALKAN

## EŞ DÜZEY KAVŞAKTAN KATLI KAVŞAĞA GEÇİŞTE SAĞLANAN VERİMLİLİĞİN İNCELENMESİ – MERSİN DEMOKRASİ KAVŞAĞI ÖRNEĞİ

### ÖZET

Şehrimizde, ülkemizde ve dünyada günlük yaşantımız süresince en çok karşılaştığımız problemlerden birisi şüphe yok ki ulaşım sorunudur.

Dünya’da nüfus yoğunluğunun hızla artması, şehirlerin büyümesi ve sosyo-ekonomik iyileşmeler ve gelişmeler trafikteki araç sayısını arttırmıştır. Araç sayısında yaşanan bu artışlar şehir içlerinde trafik yoğunluğunu ve bu doğrultuda ulaşım problemlerini de beraberinde getirmektedir.

Ulaşım problemleri bir çok noktada etkin olmakla birlikte özellikle kavşaklara da yansımakta ve kavşak bölgelerinde olumsuz trafik şartlarına neden olmaktadır. Bu sebeple yaşanan problemlerinin çözümü ve kavşakların iyileştirilmesi için yoğun trafik hacmine sahip bölgelerde bulunan eş düzey kavşaklarda incelemeler, hesaplamalar, detaylı ve kapsamlı çalışmalar yapılarak uygun görüldüğü takdirde katlı kavşak projesi yapımı için öneriler yapılmaktadır.

Bu çalışmada Mersin ili Yenişehir ilçesinde bulunan mevcut katlı kavşağın (Demokrasi Kavşağı) eş düzey kavşak iken yaşanan ulaşım sorunları ve verimliliği (enerji kaybı, yakıt tüketimi, bekleme süresi, kuyruk uzunluğu vb) arttırma amacıyla katlı kavşağa geçiş yapılması sonrası mevcut durumun verimliliği incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kavşak Tipleri, Eşdüzey Kavşak, Katlı Kavşak, Ulaşım, Verimlilik

# INVESTIGATION OF THE EFFICIENCY PROVIDED IN TRANSITION FROM EQUALIZED JUNCTION TO FLOOR JUNCTION – MERSİN DEMOKRASİ JUNCTION EXAMPLE

## ABSTRACT

Undoubtedly, one of the problems we encounter most in our city, in our country and in the world is the transportation problem.

The rapid increase in population density in the world, the growth of cities and socio-economic improvements are increased have increased the number of vehicles in traffic. The increase in the number of vehicles brings traffic density in cities and transportation problems in this direction. Although transportation problems are very effective, they are also reflected in intersections and cause adverse traffic conditions in intersection areas. For this reason, it is suitable for evaluations, calculations, and evaluation structures in paired intersections, which have the necessary traffic volume for the solution of problems and the improvement of intersections.

In this case, transportation services and working (energy loss, fuel consumption, waiting time, tail length, etc.) is because the multi-storey junction (Democracy Junction) located in Yenışehir district of Mersin province is a paired junction.

In this way, you will make use of the transportation problem in different parts of the city and the requirements of paired intersections with heavy traffic volume and you will reach the result.

**Keywords:** Junction, Level Crossing, Transportation, Multi-Storey Junction, Productivity

## **TEŞEKKÜR**

Yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmalarım süresince beni yönlendiren, bana yardımcı olan danışmanım sayın hocam Prof.Dr.Mehmet ÇAKIROĞLU'na, teşekkürü borç bilirim.

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü çalışanlarına, çok kıymetli arkadaşlarım Ebru YURTMAN, Mazlum SEVİNCEK ve İsmail ÇANAKÇI'ya ve manevi desteklerini her zaman hissettiren aileme teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalışma süresince desteklerinden dolayı Mersin Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Dairesi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
GİRİŞ .....	1

### BİRİNCİ BÖLÜM

#### 1. KAVŞAKLAR

1.1. Kavşak Tasarımını Etkileyen Faktörler.....	4
1.2. Eşdüzey Kavşaklar .....	5
1.2.1. Üç Kollu Kavşaklar.....	6
1.2.2. Dört kollu kavşaklar .....	7
1.2.3. Çok Kollu Kavşak .....	9
1.2.4. Sinyalize Kavşaklar.....	9
1.2.5. Sinyalize Olmayan Kavşaklar .....	11
1.2.6. Kanaiize Edilmiş Kavşaklar .....	11
1.2.7. Dönel Kavşaklar .....	13
1.3. Katlı Kavşaklar .....	17
1.3.1. Üç Kollu Kavşak.....	19
1.3.1.1. Trompet.....	19
1.3.1.2. Yarım Yonca .....	21
1.3.1.3. Direksiyonel Kavşak.....	22
1.3.2. Dört Kollu Kavşaklar.....	24
1.3.2.1. Diamond .....	24
1.3.2.2. Yonca Tipi Kavşak.....	26
1.3.3. Farklı Seviyeli Dönel Kavşak .....	27

### İKİNCİ BÖLÜM

#### 2. KATLI KAVŞAK YAPIMINA İHTİYAÇ DUYULMASININ NEDENLERİ

2.1. Katlı Kavşak Yapım Şartları .....	34
2.2. Katlı Kavşak Yapımının Avantajları .....	35

### ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

#### 3. MERSİN DEMOKRASİ KATLI KAVŞAĞI ÖRNEĞİ

3.1. Kavşak Genel Özellikleri Eski Hali (Carrefour Kavşağı) .....	37
3.1.1. Trafik Sayımları.....	38

3.1.2.	Sinyalizasyon.....	39
3.1.3.	Kapasite Analizi.....	40
3.1.4.	Sorun Tespitleri.....	42
3.2.	Demokrasi Kavşağı Mevcut Hali Genel Özellikleri .....	44
3.2.1.	Trafik Sayımları.....	45
3.2.2.	Demokrasi Kavşağı Sinyalizasyon .....	47
3.3.	Kavşağın Eski ve Mevcut Hali Model Sonuçlarını Karşılaştırma .....	48
3.3.1.	Ortalama Gecikme Süresi ve Kavşak Hizmet Seviyesi .....	49
3.3.2.	Toplam Yolculuk Süresi .....	50
3.3.3.	Ortalama Hız .....	51
3.3.4.	Ortalama Durma Sayısı .....	51
3.3.5.	Ortalama Yakıt Tüketimi.....	52
3.3.6.	Ortalama CO <sub>2</sub> Emisyon Değeri.....	53
	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	55
	KAYNAKÇA .....	57
	EKLER LİSTESİ .....	59
	İNTİHAL PROGRAMI RAPORU FORMU.....	69
	İNTİHAL PROGRAMI RAPORU SAYFALARI.....	70

## TABLULARIN LİSTESİ

<b>Tablo 1.</b> Kavşak Tiplerinin Uygulama Sınırları .....	30
<b>Tablo 2.</b> Sinyalize ve Sinyalize Olmayan Kavşaklar İçin Gecikme Süresine Bağlı Olarak Hizmet Düzeyi Aralıkları .....	31
<b>Tablo 3.</b> Sabah Zirve Saat (08:00-09:00).....	39
<b>Tablo 4.</b> Öğle Zirve Saat (12:00-13:00).....	39
<b>Tablo 5.</b> Akşam Zirve Saat (18:00-19:00).....	39
<b>Tablo 6.</b> Carrefour Kavşağı Performans Tablosu .....	41
<b>Tablo 7.</b> Sabah Zirve Saat (08:00-09:00).....	46
<b>Tablo 8.</b> Öğle Zirve Saat (12:00-13:00).....	47
<b>Tablo 9.</b> Akşam Zirve Saat (18:00-19:00).....	47
<b>Tablo 10.</b> Ortalama Gecikme Süresi ve Kavşak Hizmet Seviyesi.....	50

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 1. Bir Kavşağın Fiziksel ve Fonksiyonel Alanları .....	3
Şekil 2. Kavşak Bölgesi .....	4
Şekil 3. Üç Kollu Kavşak .....	6
Şekil 4. T ve Y Tipi Kavşaklar .....	7
Şekil 5. Dört Kollu Kavşak .....	8
Şekil 6. Çok Kollu Kavşaklar .....	9
Şekil 7. Sinyalize Kavşak .....	10
Şekil 8. Dönel Kavşak .....	14
Şekil 9. Mini Dönel Kavşaklar (5 adet) .....	15
Şekil 10. Modern Dönel Kavşak .....	16
Şekil 11. Sağa Dönüş .....	16
Şekil 12. Sola ve U Dönüşü .....	17
Şekil 13. Düz İleri .....	17
Şekil 14. Farklı Seviyeli Kavşak Tipleri .....	19
Şekil 15. Trompet Kavşak .....	20
Şekil 16. Trompet Kavşak Örneği, Kanada .....	21
Şekil 17. Yarım Yonca .....	21
Şekil 18. Yarım Yonca Kavşak Örneği, Almanya .....	22
Şekil 19. Direksiyonel Kavşak .....	23
Şekil 20. Direksiyonel Kavşak Örneği, ABD .....	24
Şekil 21. Diamond Kavşak .....	25
Şekil 22. Diamond Kavşak Örneği, ABD .....	26
Şekil 23. Yonca Kavşak .....	26
Şekil 24. Yonca Kavşak Örneği, Almanya .....	27
Şekil 25. Farklı Seviyeli Dönel Kavşak Örneği, Türkiye .....	28
Şekil 26. A, B ve D Hizmet Düzeyi Örneği .....	32
Şekil 27. C, E ve F Hizmet Düzeyi Örneği .....	33
Şekil 28. E ve D Hizmet Düzeyi Örneği .....	33
Şekil 29. F Hizmet Düzeyi Örneği .....	34
Şekil 30. Trafik Hacmine Göre Farklı Seviyeli Kavşak Gereksinimi .....	35
Şekil 31. Carrefour Kavşağı Genel Görünümü .....	38

<b>Şekil 32.</b> Carrefour Kavşağı Sinyal Planı.....	40
<b>Şekil 33.</b> Carrefour Kavşağı Trafik Mikro-Simülasyon Modeli .....	41
<b>Şekil 34.</b> Eski Durumda Tıkanıklık ve Kuyruklanma .....	42
<b>Şekil 35.</b> Eski Durumda Tıkanıklık ve Kuyruklanma.....	43
<b>Şekil 36.</b> Eski Durumda Yaya Geçişi.....	43
<b>Şekil 37.</b> Demokrasi Kavşağı Üstten Görünümü .....	44
<b>Şekil 38.</b> Demokrasi Kavşağı Genel Görünümü .....	45
<b>Şekil 39.</b> Demokrasi Kavşağı Kol Numaraları.....	46
<b>Şekil 40.</b> Demokrasi Kavşağı Sabah, Öğle, Akşam Sinyal Planı.....	48
<b>Şekil 41.</b> Simüle Edilmiş Sistemde Trafik Görüntüsü .....	49
<b>Şekil 42.</b> Toplam Yolculuk Süresi .....	50
<b>Şekil 43.</b> Ortalama Hız.....	51
<b>Şekil 44.</b> Ortalama Durma Sayısı.....	52
<b>Şekil 45.</b> Ortalama Yakıt Tüketimi .....	52
<b>Şekil 46.</b> Ortalama Yakıt Tüketimi (TL).....	53
<b>Şekil 47.</b> Ortalama CO <sub>2</sub> Emisyonu.....	54

## SİMGELER VE KISALTMALAR

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
<b>a</b>	Trafiğin yıllık ortalama artış yüzdesi(%)
<b>bo/sa</b>	Birim otomobil/saat
<b>D</b>	Devre Süresi (saniye)
<b>g/km</b>	gram/kilometre
<b>G<sub>i</sub></b>	i fazına ait yeşil süre (saniye)
<b>km</b>	Kilometre
<b>km/sa</b>	kilometre/saat
<b>n</b>	Hizmet ömrü (yıl)
<b>sn</b>	Saniye
<b>sn/bo</b>	saniye/birim otomobil
<b>T<sub>n</sub></b>	Proje hesap yılındaki trafik miktarı (taşıt/şerit/saat)
<b>To</b>	Hizmet ömrü sonunda tahmin edilen trafik (taşıt/şerit/saat)

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
<b>AASHTO</b>	American Association of State Highway and Transportation Officials
<b>FHWA</b>	Federal Highway Administration
<b>KGM</b>	Karayolları Genel Müdürlüğü
<b>PTV</b>	Planung Transport Verkehr
<b>POMEM</b>	Polis Meslek Eğitim Merkezi
<b>VISSIM</b>	Verkehr in Städten-Simulation

## GİRİŞ

Günümüzde ulaşımın insan hayatındaki yeri şüphe yok ki oldukça önemlidir. Günlük hayatta insanların bir yerden bir yere ulaşmaları için birçok üst yapı en uygun halde insanların hizmetine sunulmaktadır.

Ulaşımındaki üst yapı iyileştirme çalışmaları sürekli olarak devam etmekte ve mümkün olan en verimli yol yapıları oluşturulmaya çalışılmaktadır. İki veya daha fazla karayolunun kesişmesi veya birleşmesi ile oluşan kavşaklar tarih boyunca ulaşımında önemli görülmüş, bu kesişim yollarının tasarlanması, düzenlenmesi ve daha verimli hale getirilmesi için birçok çalışma yapılmıştır. Ulaşımında kritik öneme sahip olan kavşakların tasarlanması ve iyileştirilmesi için geliştirilen mühendislik yaklaşımları ve teknikleri teknolojiadaki ilerlemeler sayesinde de sürekli olarak geliştirilmektedir.

Üst yapı koşulları göz önüne alınarak tasarlanabilecek farklı kavşak tipleri mevcuttur. Bu noktada en uygun kavşak tipi araştırılmalı ve tasarım aşamasında ileride sorun oluşturabilecek tüm faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Bunun için tüm kavşak tiplerinin özelliklerine hakim olunarak sağlayabilecekleri avantajların farkında olmak, bu alandaki teknikleri ve teknolojik iyileşmeleri yakından takip etmek önemlidir. Kavşak tasarımları mevcut karayolu ağının yapısıyla doğrudan ilgilidir.

Mevcut karayolu ağına getirilebilecek kavşak çözümlerinden biri eş düzey kavşaklardır. Eş düzey kavşaklar en yaygın kullanılan kavşak çözümlerinden biri olmasına karşın bulunduğu karayolu için yanlış planlamaların yapılması sonucu istenen verimi sağlayamamakta hatta daha büyük sorunlara dahi yol açabilmektedir. Bir diğer kavşak çözümü ise katlı kavşaklardır. Katlı kavşak yapımını gerektiren birçok unsur vardır, bu nedenler ikinci bölümde detaylıca açıklanmaktadır. Katlı kavşaklar mevcut karayolu üzerindeki sorunları kısa sürede çözümlenebilir, ihtiyaçların doğru planlanması durumunda katlı kavşaklar mutlaka bulunduğu bölgeye fayda sağlayacaktır ve yaşanan sorunların önüne geçebilecektir.

Burada anlatılan katlı kavşakların sağlayabileceği faydalara zaman zaman karayollarında ihtiyaç duyulmaktadır. İşte böyle bir çözüme ihtiyaç duyulmuş olan bir kavşak örneği üçüncü bölümde ele alınmıştır. PTV Vissim programı kullanılarak mevcut kavşağın

simülasyonu yapılmıştır. Vissim şehir içi ulaşımında trafik modellemesi ve analiz edilmesi için tasarlanmış bir simülasyon programıdır. Özel araç trafiği, lojistik hizmetler, toplu taşıma, yayalar ve bisiklet sürücüleri gibi tüm yol kullanıcılarını ve bunların etkileşimlerini tek bir modelde birleştiren mikro ölçekli simülasyon yazılımıdır.

Mersin`de bulunan ve daha önce eşdüzey kavşak olan alanın katlı kavşağa geçişi ile elde edilen iyileşmeler, giderilen sorunlar incelenmiş ve Mersin Demokrasi Katlı Kavşağı projesinin hayata geçirilmesi ile sağlanan verimlilik analiz edilerek son bölümde gösterilmiştir.

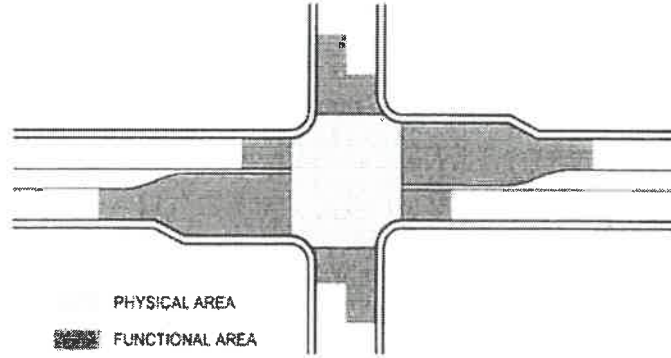
## BİRİNCİ BÖLÜM

### 1. KAVŞAKLAR

Kavşaklar, iki veya daha fazla yönden gelen trafik akımlarının kesişmesi, birleşmesi ya da ayrılması ile oluşturulan ortak alanlardır. Ayrılma alanları, katılma alanları, ayrılma sonrası katılma alanları, gibi çakışan yerlerde tasarlanıp meydana gelen yapılar olarak da açıklanabilir. Kavşak alanları, kavşağa giren ve çıkan yollardan ayrı ayrı yaklaşıldığında, kollardaki geometrik veya fiziki değişikliğin başladığı noktaların birleştirilmesiyle oluşan bölgedir. Kavşaklar genelde 3 veya 4 kollu olup dörtten fazla kollu kavşağın olması tercih edilmemektedir.

Kavşaklar karayolunda bulunan ve tasarım açısından önemli yapılardır. Karayolunda performans, kapasite, güvenlik, hız vb. unsurlar kavşakların tasarım biçimine bağlı olarak farklılıklar gösterebilir. Kavşakların bir diğer özelliği ise trafik düzenin yanı sıra yayalar, bisiklet sürücüleri için güvenilir alanlar ve olanaklar sağlamaktır (KGM, Karayolu Tasarım Kitabı, 2005).

Bir kavşak fiziksel alan ve fonksiyonel alan olmak üzere iki alana ayrılır. Yolların kesiştiği bölgede fiziksel alan oluşur, fiziksel alanı kapsayarak yolun kavşak nedeniyle değişimler gösterdiği, kavşağın girişi ve çıkışı arasında kalan bölgenin tamamı ise fonksiyonel alan olarak tanımlanır (FHWA, 2004).



Şekil 1. Bir Kavşağın Fiziksel ve Fonksiyonel Alanları

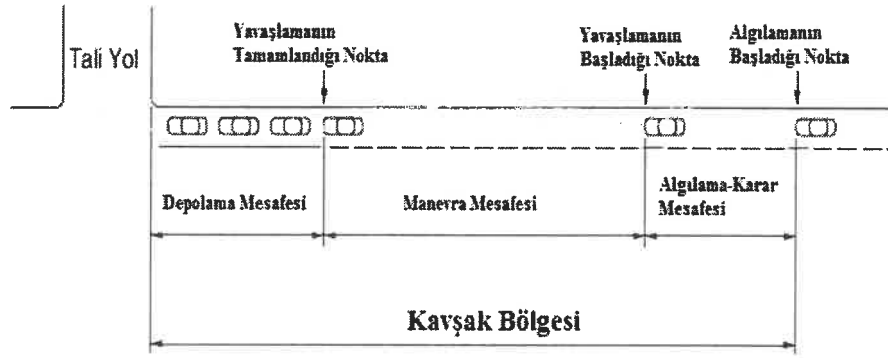
Kaynak: ([1], 2004)

Kavşaklarda fonksiyonel alanlar 3 bölgeden oluşmaktadır.

**Algılama karar verme mesafesi;** araç süratine, sürücü uyku durumua ve kavşağın bulunduğu lokasyonu tanıma durumuna bağlıdır.

**Manevra mesafesi;** şerit değiştirme ve frenleme için olması gereken mesafeye manevra mesafesi denilmektedir. Dönüş şeritleri bulunmadığında ise durma imkanı sağlayan mesafedir.

**Depolama uzunluğu;** şehir içi trafikte beklenen en fazla kuyruk uzunluğunu karşılamalıdır.



Şekil 2. Kavşak Bölgesi

Kaynak: (Yayla, N., 2002)

### 1.1. Kavşak Tasarımını Etkileyen Faktörler

Kavşak tasarımları; güvenliliğin artması, verimliliğin artması, hızın kontrol altına alınma durumu yavaşlama ve durmalardan kaynaklı gecikmelerin azaltılması, yeterli hizmet seviyesinin oluşturulması, taşıt işletme maliyetlerinin azaltılması, gibi amaçlarla, arazi şartları, trafik hacmi ve trafik güvenliği dikkate alınarak, eşdüzey veya farklı düzeyde olarak tasarlanırlar.

Kavşak tasarımındaki en önemli öncelikler; güvenlik, yeterli hizmet seviyesi, ekonomi ve estetik olarak sıralanır. Başka bir söylemle kavşaklar kaza riskleri en aza indirilmiş fakat kapasiteleri el verdiğince yüksek, işletme ve bakım maliyetleri az, çevreleri ile uyumlu olmalıdır. Kavşak tasarımını doğrudan etkileyen faktörler 5 ana başlıkta incelenir (Roes, R., Mcshane, W., & Prassas, E., 1998).

**İnsan faktörü:** Kavşağı kullanacak sürücü ve yayaların doğal hareket patikaları ile uyumu tespit edilmeli, sürücü ve yaya alışkanlıkları araştırılmalıdır. Bu noktada sürücü ve yayaların beklentilerinin neler olduğu tespit edilmelidir. Düzenlemeler yapılırken sürücüyü şaşırtacak karışık düzenlemelere gidilmemeli, kazaya sebebiyet vermeyecek şekilde düzenlemeler yapılmalıdır.

**Trafik faktörü:** Kavşakta kesişme noktalarında gerçekleştirilen, sollama ve geçme hareketlerini engelleyecek fiziki çözümler planlanmalı ve kavşaktaki trafik akımlarının

kesişme akımları mümkün olduğunca küçük tutulmalıdır. Yaklaşma akımlarında da güvenliğe dikkat edilmesi durumu kaçınılmazdır.

**Fiziksel faktörler:** Kavşağın bulunduğu bölgenin fiziki yapısı, kavşağı kullanan araçların hızlarını doğrudan etkilemekte ve araçların geçiş hızları fiziki yapı ile kontrol altında tutulmaktadır.

**Ekonomik faktörler;** yapım maliyeti, onarım maliyeti, işletme maliyeti ve kamulaştırma maliyetleri, kavşak yapılacak olan bölgedeki konut alanları ve ticari alanların maliyeti ve değerleri ile ilgilidir.

**Sosyal faktörler,** kavşağın bulunduğu bölgedeki eğitim düzeyi, sosyal ve demografik yapı ve kavşağın yer aldığı bölgenin gelir düzeyini kapsamaktadır.

Kavşak tasarımı yapılacak bölgenin tarihi ve kültürel etkenler de göz önünde bulundurulması gereken diğer önemli bölgesel bilgiler arasında yer almaktadır.

Bununla birlikte anayol ve tali yollardaki tüm yönlerde ait taşıt sınıflarını ve saat dilimlerini içeren trafik sayımları, yaya trafik sayımları ve hareketleri, bölgedeki trafiğin gün içinde en yüksek hacim gösterdiği saat değeri (zirve saat değeri), kesişen yollar için taşıt hızları, kaza istatistikleri, mevcut ve planlanan kavşakların kapasite analizleri kavşak tasarımında gerekli olan trafik verileridir. (Roes, R., Mcshane, W., & Prassas, E., 1998).

Kavşaklar eşdüzey ve katlı (köprülü) kavşaklar olmak üzere iki şekilde gruplandırılır. Bu sınıflandırma kavşakların fiziki yapılarına göre ayrılmıştır. Kavşak tipleri kol sayısı, trafik kontrol sistemi ve kanalize durumuna bağlı olarak değişkenlik gösterir.

Katlı kavşaklar ise üç kollu ve dört kollu olmak üzere iki grupta incelenir.

## 1.2. Eşdüzey Kavşaklar

İki ya da daha fazla karayolunun aynı düzlem üzerinde kesişmesi ile oluşan kavşak tipine "Eşdüzey Kavşak" denir. Eşdüzey kavşaklar kol sayısına göre, trafik kontrol sistemine göre ve işaretlemeler ya da adalar üzerinde yapılan yönlendirmeye göre üçe ayrılmaktadır (KGM, Karayolu Tasarım Kitabı, 2005).

Kavşağı oluşturan kol sayısı miktarına göre kavşaklar kendi içerisinde üç kollu, dört kollu ve çok kollu kavşaklar olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Kavşak kolları; kavşağa giren ve çıkan trafik hacmi, arazi şartları, taşıt ve yaya güvenliği kriterlerine göre öncelikleri belirlenerek anayol ve tali yol olarak ele alınır (KGM, Karayolu Tasarım Kitabı, 2005).

İstatistiklere göre, hemen her ülkede kent içi ve kırsal yollarda, trafik kazalarının yaklaşık olarak %40-60 oranında birden fazla yolun birleşmeleri veya kesişmeleri ile oluşan bu eşdüzey kavşaklarda meydana gelmektedir. Diğer taraftan özellikle kent içi ulaşımda,

gecikmelerin % 70' den fazlasının yine bu tip kavşaklardaki duraklamalardan meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bu iki önemli husus yol ve trafik mühendisliğinde eşdüzey kavşaklara özel önem verilmesinin başlıca sebepleridir (Yayla, N., 2002).

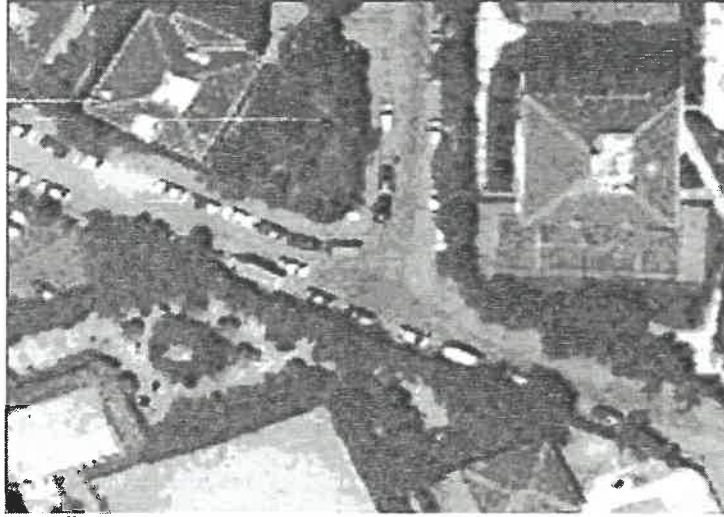
Eşdüzey kavşaklar; faaliyet alanı, şekil ve kanalize olma durumuna bağlı olarak değişik tiplerde olabilir. Eşdüzey kavşakları genel olarak sınıflandırmak gerekirse:

Kol sayısına göre;

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

### 1.2.1. Üç Kollu Kavşaklar

Kavşağı oluşturan kol sayısının üç olması durumunda oluşan kavşak tipidir. Üç kollu kavşaklar T tipi ve Y tipi olmak üzere kendi içerisinde ikiye ayrılmaktadır.



Şekil 3. Üç Kollu Kavşak

Kaynak: (KGM, Karayolu Tasarım Kitabı, 2005)

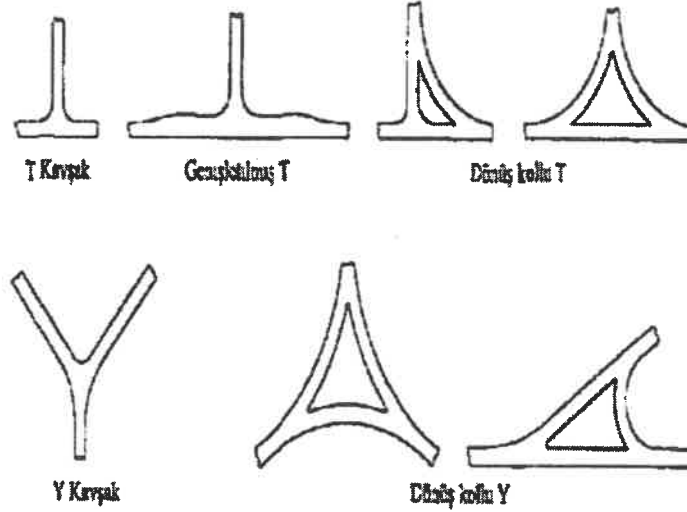
#### T tipi kavşaklar

Anayolun tali yol ile kesiştiği açılı ölçüsünün  $60^\circ$  ile  $120^\circ$  arasında olduğu kavşak tipidir. Düşük trafik hacmine sahip kırsal alanlara ait dar yollarda kullanılabildiği gibi, şehir merkezlerinde geniş yollarda da uygulanabilmektedir. Yüksek trafik hacmine sahip tali yol ile anayol kesişmelerinde, devam eden trafiği kontrol altına almak ve gereken dönüş yarıçaplarını sağlamak amacıyla kanalize edilerek uygulanmaktadır (KGM, Karayolu Tasarım Kitabı, 2005).

### Y tipi kavşaklar

Anayol ile tali yolun kesişim açısının  $90^\circ$ 'den küçük olduğu ve kamulaştırma, imar uygulamaları vb. yasal kısıtlamalar sebebi ile tali yolda bulunan eksenin doksan dereceye yakın veya doksan derecelik açıyla tasarlanamadığı durumlarda Y tipi kavşak tasarlanmaktadır. Trafik hacmindeki yükselmenin görüldüğü ve araç hızlarının kontrolünün sağlanmasının gerçekleştirilemediği durumlarda, anayoldan sol eksene dönüş yapan araçlar ile karşı yönden direk olarak gelen taşıtların çakışma bölgesinde sinyalizasyon sisteminin uygulanması daha kontrollü bir kavşak tasarlanmasını sağlayacaktır.

Yol eksenlerinde gerçekleştirilmeye çalışılan U dönüşlerini tasarlamak için bölgeyi kullanacak araç tipleri araştırılmalı ve bu araç tiplerine uygun minimum dönüş yarıçapı baz alınarak tasarım yapılmalıdır (KGM, Karayolu Tasarım Kitabı, 2005).



Şekil 4. T ve Y Tipi Kavşaklar

Kaynak: (KGM, Karayolu Tasarım Kitabı, 2005)

### 1.2.2. Dört Kollu Kavşaklar

Kavşağı oluşturan kol sayısının dört adet olması durumunda oluşan kavşak tipine dört kollu kavşak denmektedir.



**Şekil 5. Dört Kollu Kavşak**

**Kaynak:** (KGM, Karayolu Tasarım Kitabı, 2005)

Bu kavşak türünde anayol ekseni ile tali yol ekseninin kesişme açısı  $60^{\circ}$  ve  $120^{\circ}$  arasında projelendirilmektedir. Anayol ekseni ile tali yol ekseninin kesişme açılarının doksan dereceden küçük olduğu durumlarda tali yol eksenlerinin düzenlenmesi gözden geçirilip yeniden tasarlanması gerekmektedir.

Kavşak tasarımlarında trafik akışının kesintisiz olarak gerçekleştirilmesi hedeflenmekte ve bu durumun oldukça önemli olmasına bağlı olarak dört kollu kavşak tiplerinde, eksenlerdeki trafik akışının sürekliliğini sağlayacak hız değiştirme şeritleri kullanılmaktadır. Tasarlanan bu hız değiştirme şeritlerinin bağlandıkları yoldan paralel olan bölümlerinin anayoldan ayrılma durumunda en az 45 metre, anayola katılma durumunda ise en az 60 metre olarak tasarlanmaktadır (KGM, Karayolu Tasarım Kitabı, 2005).

Anayola katılmanın gerçekleştirildiği hızlanma şeritlerinin bağlandıkları yola paralel bölümleri en az elli metre uzunluğunda olacak şekilde kama olarak tasarlanabilmektedir, kavşaklar tasarlanırken daima kavşağı kullanacak tüm araç tiplerine uygun olması düşünülerek projelendirilmelidir. Bu sebeple kavşakların köşelerindeki yarıçaplarda gerçekleştirilen dönüşler, kavşağı kullanacak olan taşıtların uzunluğu göz önüne alınarak tasarlanmalıdır. Anayol ekseninde, sola dönmek isteyen araç sayısının fazla olduğu durumlarda yol orta ayırıcında dönüş cebi tasarlanarak trafik akışının sürekliliği sağlanabilmektedir.

Anayol ekseninden sağa dönmek isteyen araç sayısının yoğun olduğu durumlarda ise bu ihtiyacı üçgen adalar, katılma şeritleri ve ayrılma şeritleri karşılamaktadır. Yol genişliği göz önüne alındığında anayol ekseninden sağa ve sola dönüşlere yoğun talep olan kavşaklarda, şerit sayılarının artırılması ihtiyaca cevap verebilecek düzenlemeler arasında yer almaktadır (KGM,

Karayolu Tasarım Kitabı, 2005).

### 1.2.3. Çok Kollu Kavşak

Beş ya da daha fazla koldan oluşan kavşak tipine, çok kollu kavşak denilmektedir. Genellikle trafik yoğunluğunun az olduğu ve dur kontrolünün yapıldığı yerlerde tercih edilmektedir.

Çok kollu kavşaklarda bir ya da daha fazla kol eksenleri yeniden tasarlanarak ikinci bir kavşak oluşturulmakta ve böylelikle kesişmelerin önlenmesi amaçlanmaktadır (KGM, Karayolu Tasarım Kitabı, 2005).



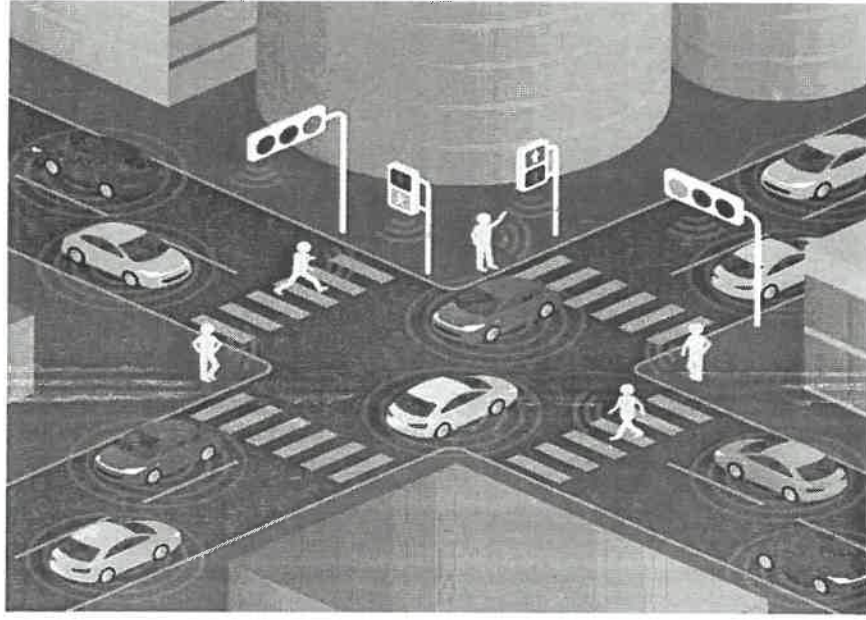
Şekil 6. Çok Kollu Kavşaklar

Kaynak: (KGM, Karayolu Tasarım Kitabı, 2005)

### 1.2.4. Sinyalize Kavşaklar

Sinyaller ile diğer bir deyişle ışıklı işaretler ile desteklenmiş kavşaklara “Sinyalize Kavşak” denilmektedir. Işıklı işaretler, basit ve net anlamlar ifade ederek sürücü ve yayaları yönlendirmeye yarar.

Işıklı işaretler yardımı ile sürücüler ve yayalar kavşağı daha güvenli ve optimum kapasite ile kullanabilmektedir. Sinyalize sistemler yardımı ile kaza miktarlarının azaltılması en temel hedefler arasında yer almaktadır. Sinyalize sistemler sayesinde kavşakta bekleme zamanı ve buna bağlı hava kirliliği, seyahat süresi, yakıt kullanımı azalmakta ve böylece daha konforlu, daha ekonomik şartlar oluşturulması amaçlanmaktadır (Murat, Y., 2012).



**Şekil 7.** Sinyalize Kavşak

**Kaynak:** ([2], 2017)

İlk olarak 1868 yılında Londra'da el ile yönetilen hareketli kollar ve levhalar biçiminde kullanılan trafik sinyalleri gece görüşlerini sağlamak amacı ile gaz lambaları ile aydınlatılmıştır.

İlk trafik sinyali Cleveland'da kurulduğu zaman yolun doğru tarafını gösteren sinyaller ile trafik kazalarının önlenmesi amaçlanmış, ancak trafikteki gecikme ve yakıt tüketimini azaltmaya yönelik önlemler çok fazla düşünülmemiştir. Fakat zamanla trafik akımları büyüdükçe sinyalizasyonun amacı genişleyerek karayolu sisteminin kapasitesinin artırılmasına ve trafik akımlarının düzenlenmesine yönelmiştir (FHWA, 2004).

Sinyalize bir kavşağın yüksek kapasitede çalışabilmesi o kavşak için uygun devre süresinin seçilmesine bağlıdır. Pratikte devre süresi 30 saniyeden daha kısa olan bir kavşak için sinyalizasyon tesisi kurmak gerekli değildir.

Ayrıca bir kavşakta yayalara verilecek yeşil sürenin de 6 saniyeden az olmaması gereklidir (Ayfer, M., 1977).

$$D = \sum_{i=1}^n G_i + \Delta_{t_i} \quad (1)$$

D = Devre Süresi (saniye)

n = Faz sayısı

$G_i$  = i fazına ait yeşil süre (saniye)

$\Delta_{t_i}$  = Toplam kayıp süre (saniye)

Faz, bir veya daha çok aralığı kapsayan ve sinyal devresinin belirli bir trafik akımını veya akımlarını aynı anda öngören bölümdür. Seçilecek faz sistemi, kavşağın geometrik yapısına, kavşağa giriş yapan kol sayısına, kavşakta dönüş yapan akımların sayısına ve kavşakta kesişen akımlara bağlıdır. Bir fazda, yeşil olan akımların başlangıç ve bitiş zamanlarının eşit olması zorunlu değildir.

Modern dünyamızda ve ülkemizde de kentleşme ve araç sayılarındaki hızlı artış, şehir içi ve şehirlerarası yolların, ihtiyacı karşılayacak şekilde düzenlenmesini ve kapasitelerinin artırılmasını gerektirmektedir. Sürekli devam eden bu artışlar doğrultusunda yollarda bulunan trafik kontrol sistemlerine verilen önem de gün geçtikçe artış göstermektedir. Sinyalize sistemler kontrol ettikleri kavşakların durumuna göre izole ve koordine sistemler olarak ikiye ayrılmaktadır (Murat, Y., 2012).

**İzole Sinyalizasyon Sistemi:** Diğer kavşaklar tarafından etkilenmeyen ve yakınındaki diğer kavşaklarda bulunan sinyalizasyon sistemleri ile herhangi bir bağlantısı olmayan kavşaklara İzole Sinyalizasyon Sistemi denilmektedir.

**Koordine Sinyalizasyon Sistemi:** Anayol hattı üzerindeki kavşaklarda; taşıt gecikme sürelerini azaltmak, sık yapılan duruş ve kalkış hareketlerini düzenlemek ve kavşaklarda biriken taşıt kuyruklarının kavşak içine taşmasını engellemek amacıyla birbirine yakın ardışık iki veya daha fazla sayıdaki kavşağın sinyalizasyon sistemlerini birbirine bağlayan sistemlerdir. Koordine sinyalizasyon sisteminde tali yol trafiğine de yeterli geçiş hakkı sağlanarak birim zaman içinde maximum sayıda taşıtın geçirilmesi hedeflenmektedir (Murat, Y., 2012).

#### **1.2.5. Sinyalize Olmayan Kavşaklar**

Işıklı işaretler ile desteklenmemiş, kavşak kollarındaki geçişlerin sürücü ve yayaların kararlarına bırakıldığı kavşak çeşididir. Genel olarak hacim değerleri düşük ve kapasiteleri azdır. Sinyalize kavşak çeşidine göre kontrolü daha zordur ve geçiş hakları tamamen kişilerin kontrolündedir. Işıklı işaretlerin olmayışı sebebiyle, yaya ve sürücüler gerekli yerlerde uyarılmadığı ve yönlendirilmediği için hız kontrolü sağlanamamaktadır.

Bu durum trafikte zaman zaman olumsuz sonuçlara neden olabilmektedir. Bu nedenle kent içinde belirli bölgelerde uygulanması doğru olmamaktadır. Araç-yaya kesişiminin ve hacminin yoğun olmadığı kavşaklarda uygulanması daha doğrudur. Olumlu tarafı ise sinyalize sistemlerin yarattığı bekleme sürelerinin olmayışıdır (KGM, Karayolu Tasarım Kitabı, 2005).

#### **1.2.6. Kanalize Edilmiş Kavşaklar**

Kavşağı kullanan araçların adalar ile kesin bir şekilde yönlendirilmesi sonucu

oluşturulan kavşaklara “Kanalize Edilmiş Kavşak” denilmektedir. Bu bölümde damla tasarımı, ada tasarımı ve dönel kavşaklar açıklanacaktır.

Kavşakların kanalize edilmesi ile; problemlili ve yanlış yön akımları engellenmeli, trafik akımları dik açığa yakın kesişmeli ve katılım sağlayan yollar dar açılı olmalıdır.

Kavşaklarda tehlikeye sebebiyet verecek karışıklık noktaları mümkün olduğunca ayrılmalı, kavşakta duran araç ve hızlı hareket eden araçlar için ayrı ayrı şerit bulundurulmalıdır.

Tüm kavşak elemanları ve araçlar için gerekli yönler tanımlanarak istenen, güvenli araç hızları kavşak tasarımı ile teşvik edilmelidir. Yayılar için kavşakta güvenli alanlar oluşturulmalı hatta gerekirse uygun engeller konarak yaya güvenliği desteklenmelidir (KGM, Karayolu Tasarım Kitabı, 2005).

**Damla Tasarımı:** Trafik yönünün ayrılmasına ve bekleme mecburiyetine bağılı olarak tali yollar üzerinde düzenlenmiş tasarımlara damla tasarımı denir. Kent içinde ve yoğun trafik hacmine sahip yollarda görülmez. Daha çok kent dışında, trafik hacminin az olduğu yollarda uygulanmaktadır.

**Ada Tasarımı:** Adalar, trafik hareketlerinin kontrolü için kullanılan şeritler arasındaki alanlardır. Aynı zamanda, yaya refüjli ve trafik işaretleri için gerekli olan alanı sağlarlar.

Adalar yükseltilmiş bordürle oluşturulabileceğı gibi, kaplamanın boya veya termoplastik ile işaretlenmesi şeklinde de yapılabilir.

Ada düzenlemeleri; taşıt çakışmalarını ayırma, çakışma açılarını kontrol etme, kavşak bölgesindeki büyük kaplama alanlarını azaltma, trafiğı düzenleme ve kavşağın uygun kullanımını gösterme, dönüş hareketlerini düzenleme, yayaları koruma ve geçiş alanı sağlama, dönen ve kesişen trafiğı koruma ve depolama amaçlarından biri veya birkaçı için ada düzenlemeleri yapılmaktadır (Murat, Y., 2012).

Adalar işlevlerine göre yönlendirme (kanalize) adaları, ayırma adaları ve refüj adaları olmak üzere üçe ayrılmaktadır.

**Yönlendirme (Kanalize) Adaları:** Kavşak bölgesinde kullanılmayan boş alanların, trafik hareketlerini kontrol altına almak ve istenilen yöne yönlendirmek amacıyla, şartlara ve kavşağın boyutlarına bağılı olarak tasarlanması sonucu oluşan kavşak elemanlarına yönlendirme adaları denilmektedir. Kanalize adaların, doğrusal ve dönüş trafiğinin yoğun olduğu kavşaklarda kullanılması uygun olmaktadır.

Kanalize kavşaklar bordür ve çizgiler ile tasarlanabilir. Bordür adalar, taş veya betondan yapılmış kot farkı olan adalardır. Çizgili adalar ise şeritler yardımıyla yol üzerinde taranma ile tasarlanmış adalardır. Sürücülerin davranış alışkanlıklarına bağılı olarak, çizgili

yönlendirme adaları kavşağın etkinliğini artırmak amacıyla yapılabilir; ancak hava koşullarının değişkenliği, sürücü davranışlarının uyumsuzluğu ve tutarlı olmaması sebebi ile yeterli olmamaktadır.

Bu sebeple çok şeritli karayolları ve trafik hacmi yoğun caddelerde bordür adaların kullanılması yönlendirmelere netlik sağlaması açısından daha avantajlı ve kullanışlı olmaktadır. Kent içerisinde yoğun trafik hacmine sahip kavşaklarda iyi tasarlanmış çizgili kanalize kavşak, geçici olarak bordür adalar yapılarına kadar kullanılabilir (Murat, Y., 2012).

**Ayırma Adaları:** Bölünmemiş yollardaki kavşaklarda genellikle farklı ya da aynı yöndeki trafik akımlarını ayırmaya yarayan ve kavşağa yaklaşmakta olan araçları kavşağın varlığı hakkında uyararak kavşak trafiğini düzenleyip kontrol altında tutmaya yarayan adalara ayırma adaları denir.

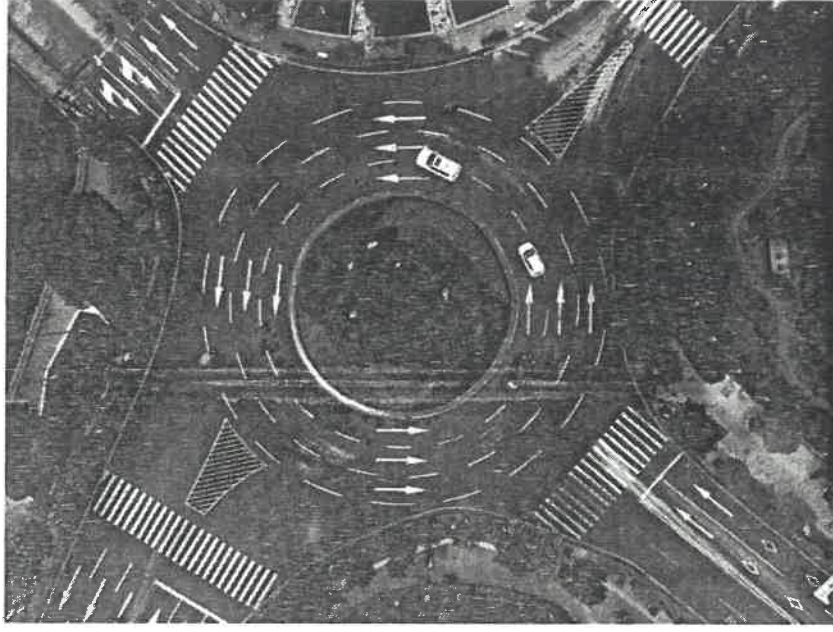
**Refüj Adaları:** Eşdüzey kavşaklarda araçların kontrolsüz sola dönüşlerini engellemek, bölünmüş yollarda zıt yönlü hareket eden yol akımlarını uzun mesafede bölmek ve yayaları korumak amacıyla tasarlanan elemanlardır.

Refüj adaları çoğunlukla şehir içlerinde geniş caddeleri geçen yayaları korumak, çift şeritli yüksek hızlı yollarda sola dönüş ve U dönüşleri sınırlandırarak trafikte yönlendirme yapmak amacıyla kullanılmak üzere tasarlanmaktadır. Refüj adalar yolun tümü boyunca kullanılabilirdiği gibi kavşak girişlerinde kanalize etme amacıyla da kullanılabilir.

#### **1.2.7. Dönel Kavşaklar**

Araçların dairesel şekilde hareket ederek farklı yönlere dağılmasına yarayan kavşaklara dönel kavşak denir. Konumlarına bağlı olarak düz ve düze yakın araziler üzerinde trafik hacimlerine bağlı olarak daire veya elips biçiminde tasarlanabilir. Genellikle anayol ve tali yoldaki trafik hacimlerinin birbirine yakın olduğu durumlarda daire şeklinde, birbirinden farklı olduğu durumlarda ise elips şeklinde tasarlanır.

Dönel kavşaklarda hareket halinde bulunan araçların “U” dönüşü yapmaları, kavşaklarda bulunan çakışma bölgelerinin az olması ve kavşak içinde dönme hareketi yapan araçların dönel ada etrafında daha az tehlikeli ve güvenli bir dönüş hissi oluşturması dönel kavşakların en önemli özelliklerdendir (KGM, 2012).



**Şekil 8. Dönel Kavşak**

**Kaynak:** ([3], 2018)

Dönel ada kavşaklar trafik merkezinin ada etrafında ve yalnız olarak saat yönüne ters yönde hareket ettiği, yönlendirilmiş kavşaklardır. Kavşak içinde dönel ada merkezinde bulunan taşıtların dönel ada çevresinde seyreden taşıtlara yol vermesi prensibine göre hareket sağlar. Daire veya elips adalı eşdüzey dönel kavşaklar kol sayısına göre,

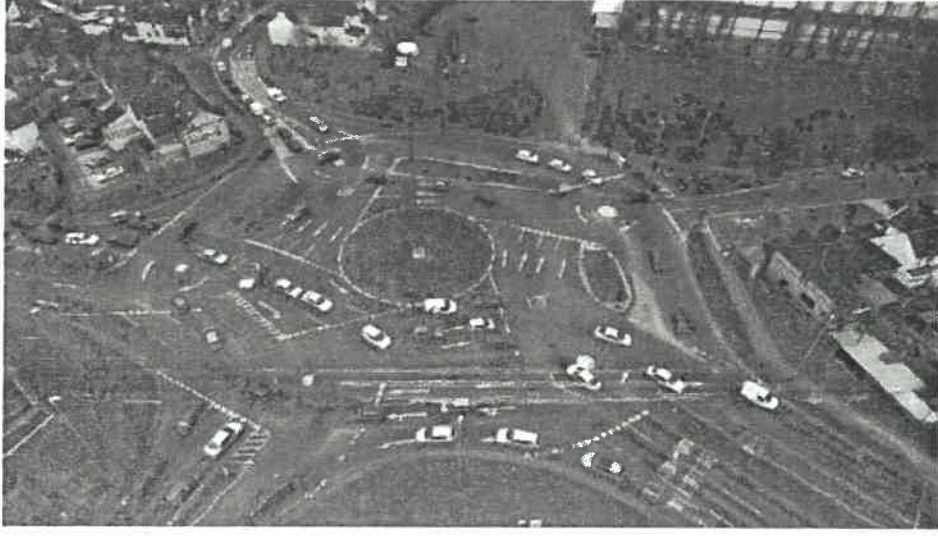
- Mini dönel (üç veya daha fazla kollu kavşaklar)
- Modern dönel (üç veya daha fazla kollu kavşaklar)

olarak gruplandırılır. Bu tip kavşakların dörtten fazla kollu olarak tasarlanmaları tercih edilmemektedir.

Ada yarıçapı mini dönel kavşaklarda en az 8 m, modern dönel kavşaklarda ise minimum 20-25 m olarak tasarlanmalıdır. (KGM, 2012).

**Mini Dönel Kavşak:** Kamulaştırma maliyetinin yüksek olduğu yerlerde ve kent geçişlerinde kullanılan, kavşak kollarında yönlendirme adaları ile tasarlanan kanalize edilmiş kavşak tipidir.

Kent içi geçişlerde hız ortalaması düşük, kırsal bölgelerde ise daha yüksek olacak şekilde ortalama hız 25-65 km arasında, kavşağın yarıçapı ise ada etrafında depolanacak taşıt cinslerine bağlı olarak tasarlanmaktadır. Trafik hacminin yoğun olduğu ve yaya geçişlerinin bulunduğu kavşaklarda, taşıt-taşıt ve taşıt-yaya çakışmalarının önlenmesi amacıyla sinyalize edilerek kullanılması uygundur (KGM, 2012).



**Şekil 9.** Mini Dönel Kavşaklar (5 adet)

**Kaynak:** ([4], 2018)

### **Modern Dönel Kavşak**

Kavşağa giren araçların, dairesel yörüngelerle sağa saptırılması ilkesi ile tasarlanan ve yol önceliğinin dönel ada etrafında seyreden araçlarda olması prensibi ile çalıştırılan kavşaklara modern dönel kavşak denir.

Modern dönel kavşaklar tasarlanırken kavşağa giriş-çıkış çapları ve dönüş uzunlukları azaltılarak projelendirilmekte, buna bağlı olarak araç hızları azalmaktadır. Böylelikle kavşak kapasitesi azaltılırken trafik güvenliği artırılmaktadır. Kavşakta trafik akımının sürekliliğini sağlamak, güvenlik açısından taşıt ve yaya hareketlerini kontrol altına almak, kavşak içindeki taşıtların durma ve park etme davranışlarını engellemek önemli tasarım kriterlerindedir. Bu sebeple transit trafik hacmi az; sağ-sol, U dönüş ve yaya trafik hacmi fazla olan kavşaklarda tercih edilmektedir.

Modern dönel kavşaklarda trafikteki “yol ver” prensibine bağlı olarak geçiş önceliğinin dönel ada çevresinde hareket eden araçlarda olması sebebi ile ayrılmaya ve katılmaya bağlı gerçekleşen çakışmalar karmaşıklık göstermemekte, buna bağlı olarak kesişmeler engelliğinde kavşak çevresindeki güvenlik ve hareket sürekliliği büyük oranda sağlanmaktadır (KGM, 2012).



**Şekil 10.** Modern Dönel Kavşak

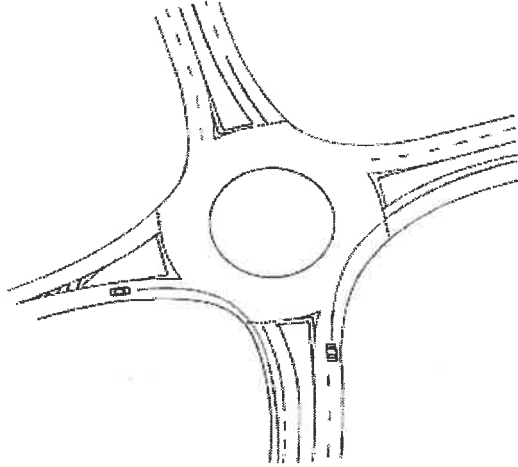
Kaynak: ([5], 2018)

### **Modern Dönel Kavşaklarda İşleyiş**

#### **Sağa Dönüş**

Kavşağa sağdan yaklaşılr, kavşak içinde sağda kalınır ve kavşak sağdan terkedilir.

Kavşağa yaklaşırken ve kavşak içinde sağ sinyal yakılır.



**Şekil 11.** Sağa Dönüş

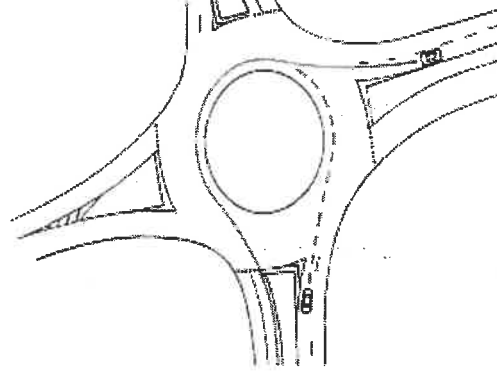
Kaynak: ([6], 2018)

#### **Sola Dönüş ve U - Dönüşü**

Dönel kavşağa girmeden önce sola dönüş sinyali yakılarak sol şeritten kavşağa

yaklaşılır.

Yönelmek istenilen çıkıştan önceki çıkışı geçince sağa dönüş sinyali yakılır.



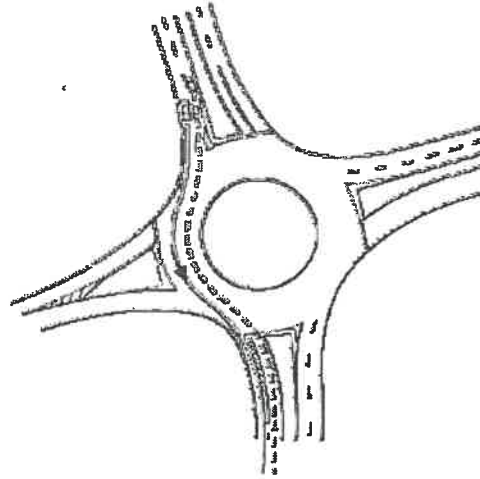
**Şekil 12.** Sola ve U Dönüşü

Kaynak: ([6], 2018)

### **Düz-İleri**

Kavşağa sağ şeritten yaklaşılır ve kavşak içindeyken bu şeritte kalınır.

Trafik yoğunluğu veya yoldaki bir engel sebebiyle sağ şerit tıkanıdığı takdirde, kavşağa sol şeritten yaklaşılır ve kavşak içinde sol şeritte kalınır.



**Şekil 13.** Düz İleri

Kaynak: ([6], 2018)

### **1.3. Katlı Kavşaklar**

İki ya da daha fazla sayıdaki farklı seviyede bulunan karayolunun birleşmesi, kesişmesi

ile oluşan kavşaklara katlı kavşaklar denilmektedir. Kent içerisindeki trafik hacminin yoğunluğunun etkisini gösterdiği ve eşdüzey kavşakların yetersiz kaldığı, ihtiyaca cevap veremediğinin gözlemlendiği durumlarda katlı kavşak tasarımlarına ihtiyaç duyulmuştur (KGM, Karayolu Tasarım Kitabı, 2005).

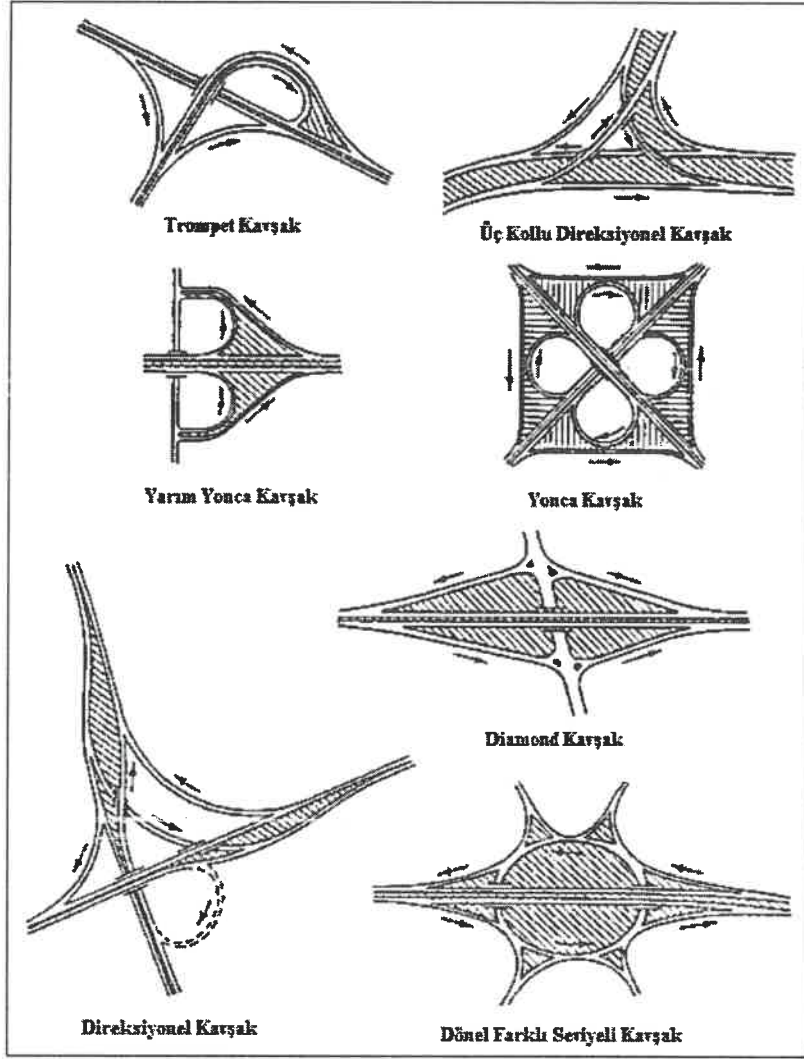
Bu ihtiyaç belirtilerini trafik yoğunluğuna bağlı olarak kavşak kollarındaki dönüşlere bağlı hız düşüklüğü, zaman kayıpları, kaza sayılarındaki artış, enerji kaybı ve çevre kirliliği olarak görebiliriz.

Kavşak tasarımı yapılırken, sürücüler tarafından net algılanan ve tehlikeli durum oluşumuna ihtimal vermeyecek şekilde planlama yapılması gerekmektedir. Kavşak sürücülerin yönlerini kolaylıkla bulabildiği, kavşağa giriş-çıkış için yönlendirmelerin uygun mesafe öncesinden verildiği ve sürücülerin yeterli görüş mesafesine sahip olduğu şekilde tasarlanmalıdır.

Kavşakta yeterli görüş alanının sağlanabilmesi için kavşağın yapıldığı yolun güzergâhının ve profilinin düz ya da düze yakın olması gerekmektedir. Birbirini izleyen ardışık kavşaklarda, her bir kavşağı tek tek incelemek yerine, kavşakları grup olarak incelemek gerekir.

Anayol hattındaki hız prensibine bağlı kalınmaya çalışılmalı, kavşak bölgesinde hız birden düşürülecek şekilde tasarlanmamalıdır. Ancak trafiğin yüksek hacimli olduğu, ayrılma-katılma-örülme kesimlerinde kapasitenin, güvenliğin sağlanabilmesi için hız sınırlaması yapılması gerekebilir (KGM, Karayolu Tasarım Kitabı, 2005).

Farklı seviyeli kavşak tipleri, üç kollu ya da dört kollu olarak sınıflandırılır.



Şekil 14. Farklı Seviyeli Kavşak Tipleri

Kaynak: (KGM, Karayolu Tasarım Kitabı, 2005)

### 1.3.1. Üç Kollu Kavşak

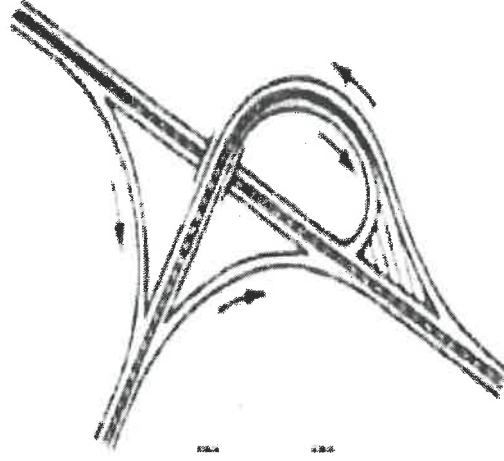
Bir veya birden fazla farklı seviyeli bağlantı yol ve tek taraflı tali yol kesişimlerini barındıran ve üç adet koldan oluşan kavşaklara üç kollu katlı kavşak denir. Konumuna göre T ve Y olarak iki gruba ayrılır. Tali yolların dik açığa yakın olarak bağlandığı yollarda 'T' tasarımı, dar açılı olarak bağlandığı yollarda ise 'Y' tasarımı uygulanmaktadır (KGM, Karayolu Tasarım Kitabı, 2005).

#### 1.3.1.1. Trompet

Daha çok birbirini kesen anayol ve ekspres yolu bağlamak için kullanılan; serbest akım hızının yüksek, anayolu kesen hızın daha düşük olduğu tali yol için uygulanan kavşak

tipidir. Farklı seviyeli kavşaklarda üç kollu olanlardan en fazla tercih edilen kavşak çeşididir (KGM, Karayolu Tasarım Kitabı, 2005).

Trompet tipi kavşaklarda bulunan tali yollar genel olarak köprü yardımıyla ile anayolun üstünden veya altgeçit ile anayolun alt kısmından geçiş sağlanmaktadır.



**Şekil 15.** Trompet Kavşak

Kaynak: (KGM, Karayolu Tasarım Kitabı, 2005)

#### **Avantajları**

- Yüksek hızda yarı direksiyonel hareketlerle ağır dönüş trafik hacimleri için yeterlidir.
- Tek yapı gerektirmektedir.
- Örülme yoktur.

Trompet kavşak tasarımı, bazen iki paralel rotayı bağlamak için kullanılan bir dönel kavşağa bağlanmak için de kullanılabilir. Bazıları çok temiz bir şekilde 270 derecede tasarlanmış, bazı açılar ise köprü uzunluğu ve eğimine göre 90 derece de tasarlanabilir (Zeeshan, I., 2008).



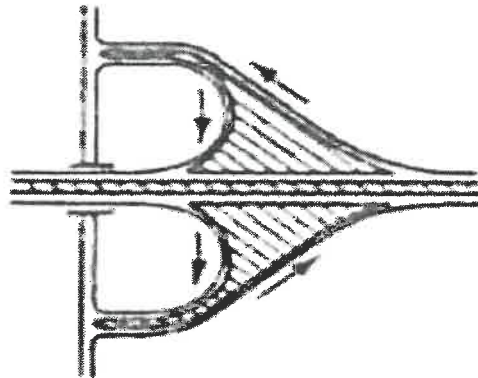
**Şekil 16.** Trompet Kavşak Örneği, Kanada

**Kaynak:** ([6], 2017)

Bu tip kavşaklarda anayol ile tali yolun bir köprü yardımı ile tasarlanması, kavşağın işletme hızının azalmaması, araç hareket hızlarının ideal durumda olması ve kavşakta bulunan kolların tümü yüksek kapasiteli olması önemli avantajlardır.

#### 1.3.1.2. Yarım Yonca

Yarım yonca kavşaklar sağ ve sol olmak üzere 2 luptan oluşmaktadır. Ana yol ve tali yolu birbirine luptar yardımıyla bağlar.



**Şekil 17.** Yarım Yonca

**Kaynak:** (KGM. Karayolu Tasarım Kitabı, 2005)

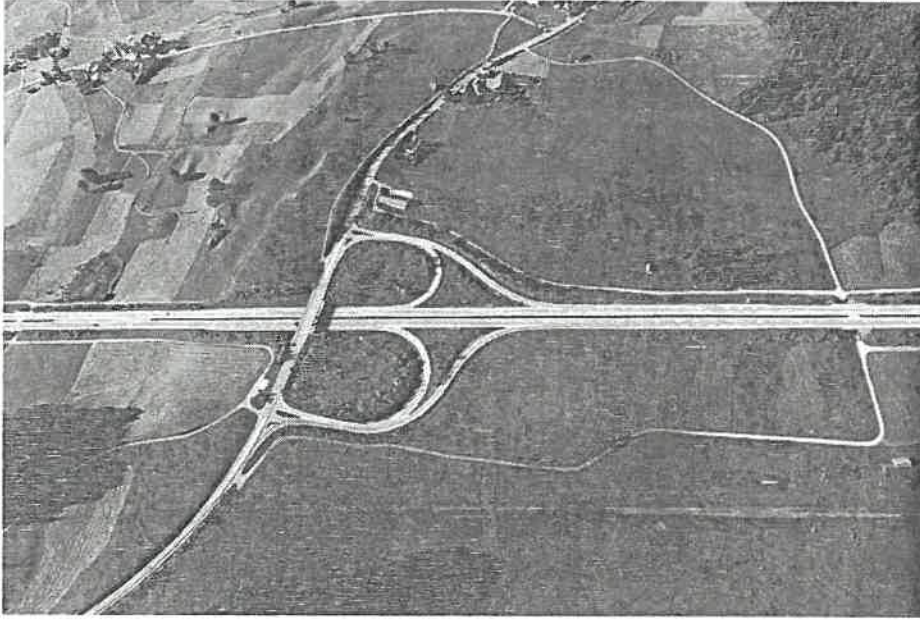
Kavşakları bir kısmında kamulaştırma imkanı yoksa ve belirli bir yöndeki dönüşler diğer dönüş yönlerine göre çok daha az ise yarım yonca tipi kavşak yapılmaktadır. Bu tip kavşaklar diamond kavşaklarda olduğu gibi döngü rampalarının ana yoldan tali yola bağlanmasında hemzemin kavşak gerektirmesi dezavantaj oluşturmaktadır. Bu hemzemin kavşakların sayısını azaltmak için kurp yarıçapları azaltılmakta ve eğrilikleri artmaktadır. Bu da işletme hızı ve kapasiteyi azaltmaktadır (Ghali, M., 2010).

Daha kritik dönüş çatışmalarını ortadan kaldırmak için tercih edilmektedir.

Otoyollarda daha fazla hızlanma ve yavaşlama alanları sağlamaktadır.

#### **Avantajları:**

- Tek çıkışlar anayolda işaretlemeyi basitleştirici özelliğindedir.
- Tali yolun bir demir yoluna ya da nehir yatağına çok yakın olduğu özel kesimlerde uygulanabilir.
- Anayolda hızlı trafikte yapının ilerisine yerleştirilen giriş terminaleri tercih edilir.
- Örtümler ortadan kaldırılmıştır (KGM, Karayolu Tasarım Kitabı, 2005).



**Şekil 18.** Yarım Yonca Kavşak Örneği, Almanya

**Kaynak:** ([7], 2011)

#### **1.3.1.3. Direksiyonel Kavşak**

Direksiyonel kavşaklar trafik hacmi yüksek ve birbirine eşit olan iki yolun çakıştırmadan "T" biçiminde kesişiminde, tüm dönüş hareketlerinin birbiri ile çakıştırmadan

farklı seviyelerde sağlayan kavşak tipidir. Kavşak kollarındaki sola dönüş hareketi durma veya duraksama ihtiva etmeden sağlamaktadır. Trafik akım hızı tüm kollarında eşit ve yüksek olması kapasitesi en yüksek kavşaklardan biri olmasını sağlamaktadır.

Bu kavşaklarda dönen trafiğin direk trafiğe eşit veya yakın olduğu durumlarda da uygulanması doğru olacaktır. Yapı itibariyle her sola dönüş kolu çakıştırmadan tasarım yapıldığında kol sayısına bağlı olarak en az üç farklı seviyede kavşak köprüleri tasarlanacaktır (Göktan, 2018).



**Şekil 19.** Direksiyonel Kavşak

Kaynak: (Zeeshan, I., 2008)

Direksiyonel kavşaklar farklı seviyeli kavşaklar arasında en yüksek araç işletme hızı, kapasite, güvenlik ve konfora sahip kavşak olmasına rağmen her bir direksiyonel kol için ayrı köprü tasarlanacağından maliyeti daha yüksek olan bir kavşak tipidir (Göktan, 2018).

Bir ya da daha fazla sola dönüşe imkan veren direksiyonel kavşaklar, tek ya da çift yönlü ve farklı seviyeli rampalardan oluşan bir kavşak tipidir.

Genellikle kent içinde ara yolların ve iki anayolun kesiştiği durumlarda, kullanılmaktadır. Çok sayıda yapılan lup tasarımıyla kavşak kolundaki trafiğin yoğunluğu indirgenmeye çalışılmaktadır. Daha fazla trafik kapasitesini karşılamak, trafik akış hızını arttırmak ve katedilen mesafenin azaltılmasını sağlamak için tek veya çift yönlü rampa bağlantıları kullanılır (KGM, Karayolu Tasarım Kitabı, 2005).



**Şekil 20.** Direksiyonel Kavşak Örneği, ABD

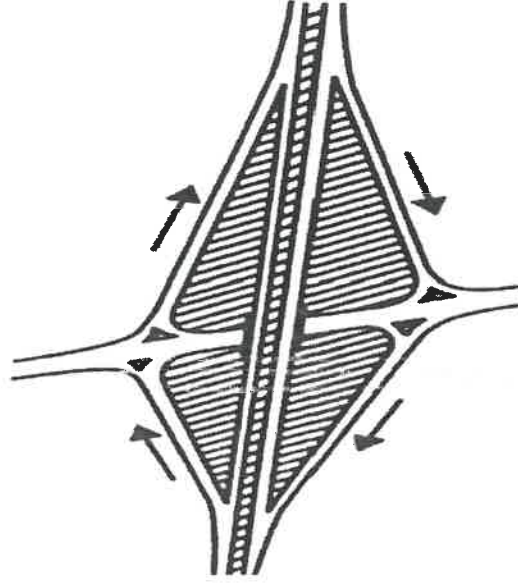
**Kaynak:** ([8], 2018)

### **1.3.2. Dört Kollu Kavşaklar**

#### **1.3.2.1. Diamond**

Diamond kavşak anayoldan kollarla ayrılarak ve katılarak kavşaktaki dönüş hareketlerinin bu kavşak kollarının bağlandığı tali yollar üzerinden yapıldığı bir kavşak çeşitidir.

Bu kavşak tipi genel kavşak tipleri arasında maliyeti düşük ve yapımı basit bir kavşak tipi olup kavşağın kapasitesi kavşağa gelen rampaların kapasitesiyle sınırlı olmaktadır (KGM, Karayolu Tasarım Kitabı, 2005).



**Şekil 21.** Diamond Kavşak

**Kaynak:** (Zeeshan, I., 2008)

Tüm dönüş hareketlerinin yapılabilmesi, tek bir noktada köprü ya da altgeçit gerektirmesi, büyük alanlar gerektirmemesi farklı seviyeli kavşaklar içerisinde en fazla uygulanan kavşak tipi olmasını sağlamaktadır. Hem şehir içlerinde hem şehir dışlarında rahatlıkla uygulanabilmektedirler.

Bu kavşaklarda sola ve "U" dönüş hareketi anayol ile kesişmeden farklı seviyede, tali yoldaki trafiği keserek yapmaktadır. Direksiyonel kavşak kollarına sahip olmaması kollar arasındaki kesişmelerin bulunması kavşak kapasitesini sınırlayıcı etkiye sahiptir (Göktan, 2018).

#### **Avantajları;**

- Kavşak alanları dardır ve yapım maliyetleri yüksek değildir,
- Kavşak alanındaki altgeçit veya köprüye girişte hız değiştirmeye gerek bulunmuyor.
- Kavşağın anayol ile bağlandığı ve ayrıldığı noktalarda örülme yoktur.
- Yeterli görüş mesafesi sağlanabilmektedir ve dönüş manevralarını basitleştirmektedir.
- Kavşağa ulaşmadan önce ana yoldan tüm çıkışlar yapılmış olur.
- Rampa kapasitesine ileride daha büyük olmasını imkan sağlar
- Diamond kavşak tipi dönel kavşaklara göre daha az kazaya sebebiyet vermektedir. (Tunç, A., 2003).



**Şekil 22.** Diamond Kavşak Örneği, ABD

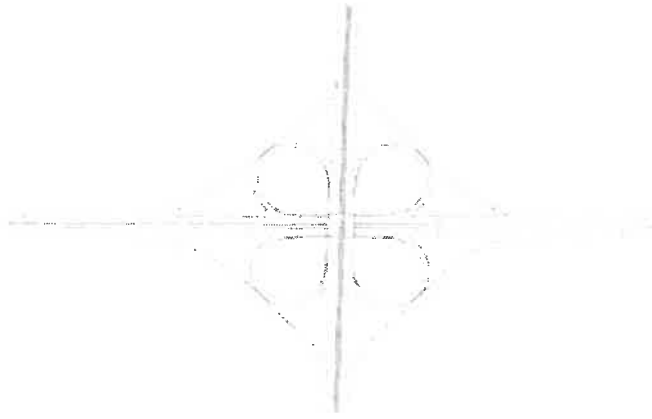
**Kaynak:** ([9], 2017)

#### 1.3.2.2. Yonca Tipi Kavşak

Yonca kavşaklar ayrı yükseklikte bulunan otoyolların ve köprülerin kesişmesi ile oluşan kavşak türüdür.

Yonca tipi kavşaklar sola ve sağa dönüşlerin rampa yardımıyla sağlandığı kavşaklardır.

Sola gitmek için (sağdan akan trafikte) araçlar önce bir yol üzerinden veya altından geçerek devam eder ardından sağa tek yönlü 270° rampa yardımıyla kesişen yolla birleşir (Zeeshan, I., 2008).



**Şekil 23.** Yonca Kavşak

**Kaynak:** ([10], 2012)

Kavşak içinde bulunan mevcut tüm yollarda geriye dönüş imkanı, sola dönüşlerde

kesişimlerin bulunmaması, sinyalizasyona ihtiyaç olmaması, kavşak içinde bulunan araçların hız ve devamlılığının sağlanmış olması yonca tipi kavşakların avantajlarıdır.

Bu tip kavşakların dezavantajı ise kavşağın büyüklüğüne göre oluşturulacak yoncalar için gerekli luplar ve bu lupların büyüklüğüne bağlı olarak kamulaştırma alanlarına ihtiyaç duyulması gerekmektedir, bu durumda yapım maliyetinin yükselmesine sebebiyet vermektedir. Lupların kesişim mesafesinin kısa olması durumunda ise kavşağın işletme performansı düşmektedir (KGM, Karayolu Tasarım Kitabı, 2005).



**Şekil 24.** Yonca Kavşak Örneği, Almanya

**Kaynak:** ([11], 2020)

#### **Avantajları:**

- Sol dönüşlerde kesişmeler yok edilmiştir.
- Trafik sinyalizasyonu zorunlu değildir.
- Trafik hareketleri devamlı ve doğaldır.
- Gerekirse kademeli inşa edilebilir.

Yonca tipi kavşaklar çoğunlukla tercih edilmekle beraber en fazla yapım alanı gerektiren kavşak tipidir. Direksiyonel kavşaklarda yonca tipi kavşak gibi fazla alan gerektirmektedir. Bu sebeplerden ötürü yoğun nüfusu olan bölgelerde kamulaştırmanın zor olması ve arsa bedellerinin fazla olması şehir merkezlerinde uygulanmasını zorlaştırmaktadır (KGM, Karayolu Tasarım Kitabı, 2005).

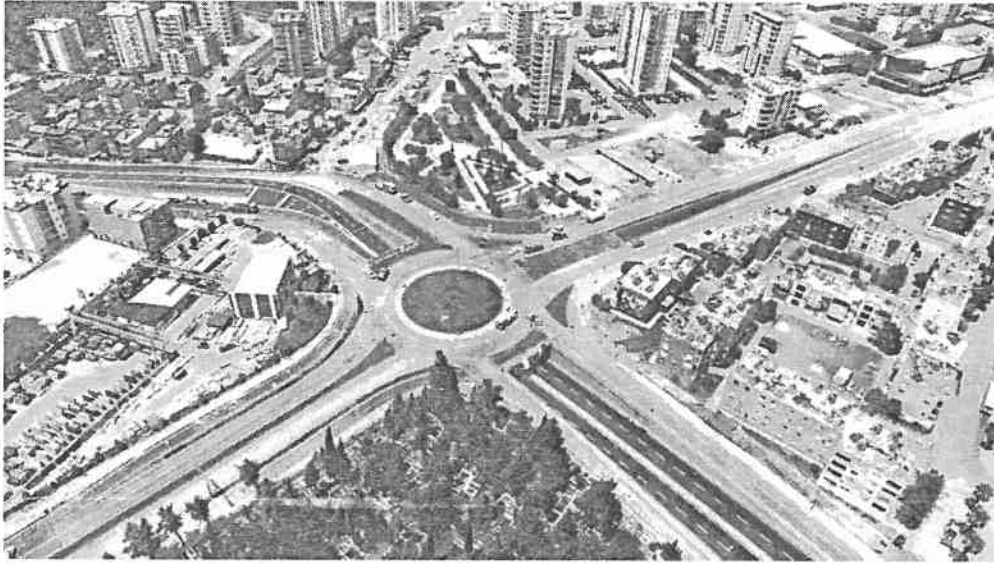
#### **1.3.3. Farklı Seviyeli Dönel Kavşak**

Eşdüzey dönel kavşakların farklı seviyeli uygulaması olup, kesişen kol sayısının ve sola

dönüş, sağa dönüş ve U dönüşün trafik hacminin fazla olduğu yerlerde alternatif bir kavşak tipi olarak tasarlanabilir. Dönel kavşak kesişen yollardan ayrılan ana bir güzergâha sahiptir. Rampalardaki trafiği ya da kesişen trafiği dönel ada etrafındaki yola yönlendirerek transit trafiği rahatlatır. Dönel farklı seviyeli kavşaklarda tali yollar üzerindeki trafiği anayol ile kesiştirmemesi, tali yolların kendi içinde birbirine entegre olmaları anayolun kapasitesini artırmaktadır. Dönel adaya bağlanan kolların yarattığı örülme mesafelerini artırmak, kapasitesini yükseltmek ve güvenliğini artırmak amacıyla ada yarıçapı büyütülebilir. (Göktaş, 2018).

Örülme hareketleri kapasitenin azalmasına neden olduğu için dönel kavşağın kullanımını sınırlar. Bu kavşaklar beş veya daha fazla kesişimin bulunduğu anayol üzerinde, transit trafiğin dışındaki hareketlerin nispeten az olmasından dolayı örülmelerin sorun teşkil etmeyeceği yerlerde uygulanabilir.

Tüm kavşak alanını büyütmesine rağmen kapasiteyi artırmak amacıyla örülme alanı azaltılabilir. Bu tipin uygulanabilirliği kısıtlıdır. Diğer alternatiflerin uygulanamadığı ve yukarıda bahsedilen şartların oluştuğu durumlarda tercih edilmelidir (KGM, 2012).



**Şekil 25.** Farklı Seviyeli Dönel Kavşak Örneği, Türkiye

**Kaynak:** ([12], 2018)

## İKİNCİ BÖLÜM

### 2. KATLI KAVŞAK YAPIMINA İHTİYAÇ DUYULMASININ NEDENLERİ

Şehirlerin modern anlamda trafik bakımından iyi hizmet vermesi, şehirdeki yolların yeterli sayıda ve genişlikte olmasına bağlıdır. Bir şehirde ne kadar çok ana arter varsa trafik de o derece rahat akacaktır. Trafik artışı olan yerlerde ek yollar açmak mümkün olmuyorsa da bazı durumlarda köprülü kavşak yapımına gidilmelidir.

Kent içerisindeki trafik hacminin yoğunluğunun etkisini gösterdiği ve eş düzey kavşakların yetersiz kaldığı, ihtiyaca cevap veremediğinin gözlemlendiği durumlarda katlı kavşak tasarımlarına ihtiyaç duyulmuştur.

Kavşakta, trafik hacmi veya kesişen yolların standartları arttıkça farklı seviyeli kavşakların düzenlenmesi kaçınılmaz olmaktadır. Yüksek kapasiteli yolların kesişmesinde, eş düzey kavşaklar istenilen hizmeti vermekte yetersiz kalmakta ve kavşaktaki karmaşanın oluşmasına neden olmaktadır. Aynı zamanda; yüksek trafik hacmine sahip ve kavşaktaki kesişen kolların sayısının artması sonucu kavşak içindeki karmaşa (kaza) noktalarının sayısı artmakta ve bu da manevi ve/veya maddi kayıplı kazaların oluşmasına neden olmaktadır.

Kavşaktan beklenen güvenlik ve kapasite şartları; eş düzey kontrollü kavşaklar ile sağlanamadığı durumlarda katlı kavşakların yapımı mutlak olmaktadır ([13]). Kesişen yolların geçirdikleri trafik miktarları ve buna bağlı olarak araç hızları; diğer bir deyişle proje kapasitesi ve proje hızları, bu yolların birbiri ile kesişmelerinin şeklini tayin eder.

Çatışan trafik akımlarında, çok fazla kazanın meydana gelmesi, kavşaktaki güvenlik açısından önemi belirtirken; belirli sürede birçok koldan gelen kapasiteler, belirli alanlarda kesişme göstermekte ve gelen trafiğin kapasitesini belirterek gecikme sorununu ortaya koymaktadır. Bu tanımlar, kavşaklardaki iki önemli sorun olan; güvenlik ve kapasite ile ilgilidir. Katlı kavşaklar ise her yol için farklı kotlarda taşıtlara yuvarlanma yüzeyleri meydana getirdiklerinden dolayı bu sorunun en aza indirilmesi için ideal çözümler ortaya koymaktadırlar (Özdirim, M., 1994).

Katlı kavşak yapımı için karar yapılan trafik etütleri ile belirlenmektedirler. Trafik genel kontrolü ve düzenlenmesi, yolların bakımı, yolların tanzimi ve ıslahı, yeni yolların tespiti ve açılması, köprü ve tünel gibi önemli yol yapılarının yerlerinin ve boyutlarının tayini gibi birçok problemlerin planlanmasında trafik hacim ve yoğunluk etütlerinde istifade olunur (Kutlu, K., 1964).

Karayolları Genel Müdürlüğü'nün hazırladığı trafik hacim ve yoğunluk etütlerine göre

oluşturulan çeşitli kavşak tiplerinin uygulama sınırlarının genel değerleri Tablo 1'de aşağıdaki gibi gösterilmiştir. Buna göre hizmet ömrü sonunda tahmin edilen trafik değerleri hesaplanmaktadır.

**Tablo 1.** Kavşak Tiplerinin Uygulama Sınırları

Tali Yol → (bo/sa) Ana Yol ↓	<100	100-500	>500
	<600	A	B
600-1000	B	C	D
>1000	D	D	E

Kaynak: (KGM, 1997)

**A:** Özel bir tedbir yok

**B:** Tali yolun kanalize edilmesi

**C:** Tali yolun kanalize edilmesi ve anayolda sola dönüş şeritleri ayrılması

**D:** Sinyalizasyon

**E:** Kısmen veya tamamen kesişmesiz çözüm

Beklenen trafiğin bulunması için genel ifade aşağıdaki gibidir:

$$T_n = T_o \times (1+a)^n \quad (2)$$

Burada;

**T<sub>n</sub>:** Projeye başlanılan hesap yılındaki trafik miktarı (taşıt/şerit/saat)

**T<sub>o</sub>:** Hizmet ömrü sonunda tahmin edilen trafik (taşıt/şerit/saat)

**a:** Trafik yılın ortalama artış yüzdesi(%)

**n:** Hizmet ömrü (yıl)

Buna göre KGM tarafından verilen değerlerde;

**T<sub>n</sub>:** 1000/ 500 (taşıt/şerit/saat)

**T<sub>o</sub>:** X/ Y (taşıt/şerit/saat)

**a:** %2

**n:** 20 yıl şeklindedir.

Değerler (taşıt/zirve saat ve yön) göstermektedir.

**Ana yol:**  $X \cdot (1+0.02)^{20}$  yıl = 1000  $X = 673$  taşıt/şerit/saat

**Tali yol:**  $Y \cdot (1+0.02)^{20}$  yıl = 500  $Y = 336$  taşıt/şerit/saat

- Yüksek hız ve kesintisiz akım sağlanan hız yollarında,
- Birçok farklı tedbirler alınmasına rağmen kazaların ve sıkışıklığın önlenemediği eş düzey kavşaklarda,
- Taşıt ve yolcu gecikmeleri ile kazaların sebep olduğu ekonomik kayıpların büyük olduğu yerlerde,
- Topografik güçlükler nedeniyle eş düzey kavşağın daha pahalıya mal olacağı yerlerde,
- Eş düzey kavşağın yeterli kapasiteyi sağlamada yetersiz kaldığı durumlarda, bu sistemler uygulanmakta ve katlı kavşakların yapılması önerilmektedir.

#### **Kapasite Analizleri (Hizmet Düzeyi)**

Hizmet düzeyi (beklenen kapasite), belirli trafik akım koşullarında (hizmet düzeyinde) ve yol geometrik ölçütlerine göre bir yoldan geçmesi olası en fazla olan taşıt sayısıdır.

**Tablo 2.** Sinyalize ve Sinyalize Olmayan Kavşaklar İçin Gecikme Süresine Bağlı Olarak Hizmet Düzeyi Aralıkları

	Traffic lights	Stop signs /roundabout
Level of service	Delay (s/veh)	Delay (s/veh)
<b>A</b>	0-10	0-10
<b>B</b>	10-20	10-15
<b>C</b>	21-35	16-25
<b>D</b>	36-55	26-35
<b>E</b>	56-80	36-50
<b>F</b>	>80	>50

Kaynak: ([13], 2014)

**A hizmet düzeyi:** Serbest akım hızı geçerlidir. Yoğunluk oldukça düşüktür. Şerit değiştirme, trafiğe katılma oldukça kolay gerçekleşmektedir. Taşıtlar arasındaki ortalama mesafe 23-26 yolcu otomobili kadardır.

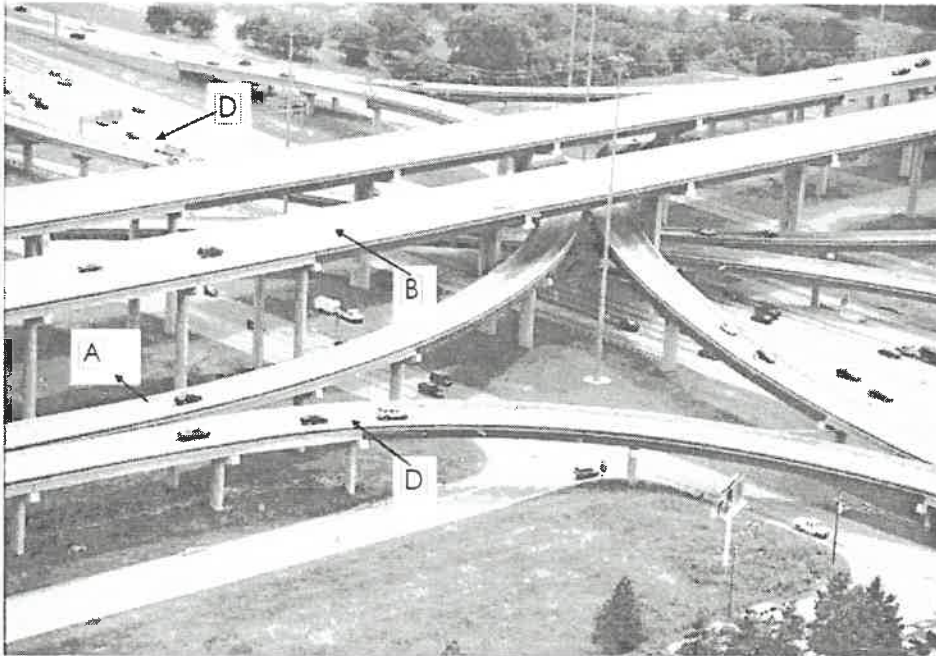
**B hizmet düzeyi:** Sürücüler trafikte diğer taşıt sürücülerinin var olduğunu hisseder ancak serbest akım hızını koruyabilir. Trafiğe katılma ve şerit değiştirme durumları genel olarak kolaydır. Taşıtlar arasındaki mesafe 15-20 otomobil uzunluğu kadardır.

**C hizmet düzeyi:** Trafikte araç sayısı arttığından manevra yapmada sınırlanmalar başlar. Sürücüler manevra yapmak için, boşluk gözlemek zorunda kalırlar. Hız hala serbest akım hızı civarındadır. Taşıtlar arasındaki mesafe 9-11 otomobil kadardır.

**D hizmet düzeyi:** Ortalama hız yavaş yavaş düşmeye başlar. Trafik miktarındaki görülebilir artışlar sıkışmalara neden olabilir. Araçlar arasındaki ortalama mesafe 7-9 otomobil kadardır.

**E hizmet düzeyi:** Kuyruklar oluşmaya başlar; trafik akımı içerisinde manevra yapmak oldukça zorlaşır. Şerit değiştirmeler zorlaşır. Taşıtlar arasındaki mesafe 4-6 otomobil kadardır.

**F hizmet düzeyi:** Kuyrukların oluştuğu, mevcut katılımdaki araç sayılarının kapasite değerini aştığı hizmet düzeyidir. Trafik durur; belli bir süre sonra tekrar harekete geçer. Tampon tampona hareket söz konusudur.



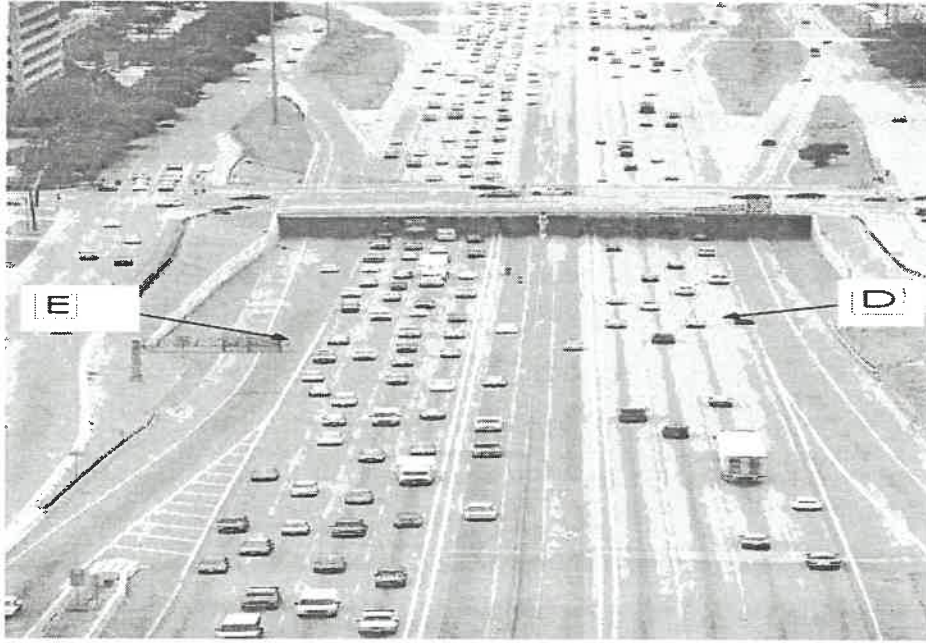
Şekil 26. A, B ve D Hizmet Düzeyi Örneği

Kaynak: (Serin, 2006)



Şekil 27. C, E ve F Hizmet Düzeyi Örneği

Kaynak: (Serin, 2006)



Şekil 28. E ve D Hizmet Düzeyi Örneği

Kaynak: (Serin, 2006)



**Şekil 29.** F Hizmet Düzeyi Örneği

**Kaynak:** (Serin, 2006)

### 2.1. Katlı Kavşak Yapım Şartları

**Yolun Fonksiyonu:** Kesişen yollardan biri veya daha fazlası tam veya yarı erişme kontrollü ise anayoldaki trafik akımını kesintiye uğratmamak için farklı seviyeli kavşak gereklidir.

**Darboğazların ve Noktasal Tıkanıklıkların Giderilmesi:** Hemzemin kavşak kapasitesi açısından yetersiz ise aşın tıkanıklıklara neden olacağından dolayı farklı seviyeli kavşak ile bu sorun giderilmelidir.

**Kazaların Önlenmesi:** Trafik akımlarının yarattığı çakışmalar ve yoğunluklar farklı seviyeli kavşaklar yapılarak giderilebilecek haldeyse kazalar önemli ölçüde azaltılabilecektir.

**Kavşak Alanının Topografyası:** Dağlık veya dalgalı arazide farklı seviyeli kavşaklar hemzemin kavşaklara nazaran daha ekonomik olabilir.

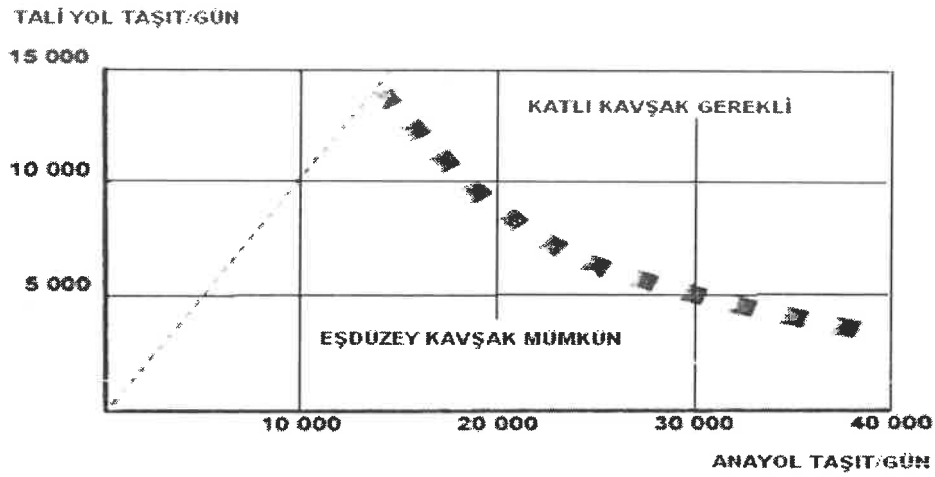
**Yolu Kullananlara Sağlanan Faydalar:** Hemzemin kavşaklarda oluşan gecikmelerin (yavaşlama ve beklemelerden kaynaklanan) toplam maliyeti farklı seviyeli kavşak ile telafi edilebilir.

**Trafik Hacmi:** Tali yol yüksek trafik hacmine sahip ise hemzemin kavşak kapasitesi yönünden yeterli olmayabilir, bu durumlarda katlı kavşak yapımı uygun olabilir (AASHTO, 2001).

Ana trafik akımları öyle planlanmalıdır ki; kavşağa girmeden önce uygulanan hızlar kavşak sonrasında da aynı olmalıdır.

Sağa ve sola dönüş hareketleri emniyetli bir şekilde yapılabilir.

Kavşak kollarındaki trafik hacminin tek şeritte 1800 taşıt/saat'ten daha fazla olması ve/veya transit trafik hacminin %20'den veya 400 taşıt/saat'ten daha fazlasının sol dönüş yapması durumunda farklı seviyeli kavşak yapımı gerekmektedir. Eşdüzey kavşakların yetersiz kaldığı yüksek trafik hacimlerinde, farklı seviyeli kavşakların gerekliliği trafik hacmine bağlı olarak Şekil 30'a göre belirlenir (KGM, Karayolu Tasarım Kitabı, 2005).



Şekil 30. Trafik Hacmine Göre Farklı Seviyeli Kavşak Gereksinimi

Kaynak: (Karayolu Tasarım Raporu, 2000)

## 2.2. Katlı Kavşak Yapımının Avantajları

Dünyada araç sayısı arttıkça trafik ile ilgili sorunlar da artmaktadır. Ancak şehir planlamalarında her geçen gün yeni yaklaşımlarla daha güvenli ve akıcı bir trafiğin oluşturulması hedeflenmektedir.

Katlı kavşaklar da trafikte yaşanan sorunların azaltılması noktasında popülerliğini arttırmaya devam etmektedir. Katlı kavşak yapımının avantajları şu şekilde sıralanabilir;

- Kavşakta bulunan dönüş manevraları için gerekli olan güvenlik düzeyi artar ve genellikle doğru bir şekilde dönmek isteyen yolcular düzgün şekilde manevra yaparlar.
- Kavşakta bulunan yolcuların durması veya hızlarını sürekli olarak değiştirmesi gerekmemektedir. Yalnızca dönüş manevrası yapmak isteyen sürücülerin hızlarını biraz düşürmeleri yeterli olmaktadır.
- Kavşaklarda bulunan dönüş manevraları konfor sağlar, geniş zaman tasarrufu ve düşük işletme maliyeti sunmaktadır.

- Araç bakım maliyetlerinde azalma, araç işletim maliyetlerinde azalma ve beklenen kaza maliyetlerinde azalma katlı kavşakların ekonomik avantajlarındandır.
- Engeli, dağlık veya inişli-çıkışlı topografik yapıya sahip yerlerde daha verimli olmaktadır.
- Katlı kavşaklar otoban yollarının en önemli bileşenleridir.
- Kent içi kavşak alanlarındaki trafik hareketliliğini yumuşatmak için çok etkilidir.
- Geçiş trafiğinden kaynaklanan dönüş çakışmaları neredeyse ortadan kalktığından, kaza olasılığı minimuma indirgenmiştir ([14]).

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### 3. MERSİN DEMOKRASİ KATLI KAVŞAĞI ÖRNEĞİ

Trafik yoğunluğu her geçen gün artan kavşağın döner tipi ve düşük araç yedekleme kapasitesine sahip olmasının trafik akışını olumsuz etkilediği ve uzun bekleme sürelerine yol açtığı tespit edilmiştir.

Yapılan inceleme ve simülasyon çalışmaları sonucunda Mersin ili Yenişehir ilçesinde bulunan eski adı Carrefour Kavşağı olan sinyalize dönel adalı eşdüzey kavşakta bulunan dönerin kaldırılması, kavşağa yaklaşım kollarındaki şeritlerin düzenlenmesi ve araçların kavşak merkezine daha yakın noktalarda bekletilmesi doğrultusunda katlı kavşak olarak tasarlanmasına karar verilmiş ve 2017 yılında Demokrasi Katlı Kavşağı adında katlı kavşak olarak hizmete açılmıştır.

Bu kavşağın eski durumu ve günümüzdeki durumları analiz edilmiş ve katlı kavşağa geçilmesi kararı sonucunda elde edilen verimlilik incelenmiştir.

Öncelikle bu kavşağın eşdüzey kavşak halindeki eski durumu incelenerek sinyalizasyon çalışmaları, geometrik düzenlemeler, hizmet düzeyleri değerlendirilmiş ve mevcut katlı kavşak halindeki durumuyla karşılaştırılarak ortaya konulmuştur.

Kavşağın geçmişteki durumu ve mevcut durumu ele alınarak performans değerlendirmeleri, trafik sayımları, sinyalizasyon optimizeleri, hizmet düzeylerinin analizleri, gecikme süreleri, ortalama hızlar ve durma sayıları gibi benzer parametreler PTV (Vissim) programı kullanılarak elde edilmiştir.

#### 3.1. Kavşak Genel Özellikleri Eski Hali (Carrefour Kavşağı)

Carrefour Kavşağı, Hüseyin Okan Merzeci Bulvarı ve İsmet İnönü Bulvarı kesişiminde yer alan, sinyalize dönel adalı 4 kollu bir eşdüzey kavşaktır. Kavşak çevresinde ağırlıklı olarak konut bölgeleri bulunmaktadır. Kavşağın güneyinde Migros bulunmaktadır.

Kavşağın 2 numaralı kolu üzerinden Yenişehir Belediye Fen İşleri Birimi'ne, Mezarlık Alt Kavşağı'na, oradan da Çevre Yolu'na, 1 numaralı kol üzerinden de Çatı Kavşağı'na, bu kavşaktan Toros Üniversitesi'ne, 3 nolu koldan Palm City AVM'ye (Carrefour), İstemihan Talay (3. Çevre Yolu) Bulvarı'na, Mersin Polis Eğitim Merkezi'ne ve Mersin Büyükşehir Belediyesi Macit Özcan Spor Tesisleri'ne, 4 nolu koldan da Hürriyet ile Cumhuriyet Mahalleleri konut bölgelerine ve GMK Bulvarı'na erişim imkanı bulunmaktadır. Kavşağın 4 kolu da 2x2 bölünmüş kesitlerine sahiptir (MBB, 2005).



Şekil 31. Carrefour Kavşağı Genel Görünümü

Kaynak: (MBB, 2005)

### 3.1.1. Trafik Sayımları

Carrefour Kavşağı'nda yapılan trafik sayımlarında en yüksek trafik hacimleri sabah (08:00-09:00), öğlen (12:00-13:00), akşam ise (18:00-19:00) zirve saatleri arasında görülmüştür. Kavşakta sabah zirve saatte 5120 bo/sa, öğle zirvede 4585 bo/sa, akşam zirvede ise 5848 bo/sa toplam hacim tespit edilmiştir. Kavşağa ait trafik hacim matrisleri Tablo 3,4 ve 5'te gösterilmektedir.

Sabah zirve saatte kavşaktaki trafik hacimleri incelendiğinde; kavşağa giren araçlar en fazla 1372 bo/sa ile 2 kolundan gelmektedir. Bununla birlikte tüm kollardan dengeli olarak geldiği görülmektedir. Kavşaktan çıkan araçlara bakıldığında ise araçların ağırlıklı olarak (2015 bo/sa) 2 numaralı kola girdiği görülmektedir. Kavşak kollarındaki hareketler incelendiğinde ise en yüksek hacim 1-2 hareketi olan güneybatıdan kent merkezine doğru düz gidiştir (970 bo/sa).

Akşam zirve saatte kavşaktaki trafik hacimleri incelendiğinde ise 2 numaralı kol 1984 bo/sa hacimle en yüksek hacmi üretmektedir. Bunu 1626 bo/sa ile İsmet İnönü Bulvarı'nın güneyinden gelen 4 kolu izlemektedir. Kavşaktan çıkan araçların %39'unun ise 1 numaralı kola (2283 bo/sa) girdiği görülmektedir. Kavşak kollarındaki hareketler incelendiğinde ise 2-1 düz gidişlerin en yüksek trafik hacmine sahip hareket olduğu görülmektedir (1453 bo/sa) (MBB, 2005).

**Tablo 3.** Sabah Zirve Saat (08:00-09:00)

<b>SABAH ZİRVE SAATI</b>					
<b>AKIM NO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>ÇIKAN TOPLAM</b>
1	6	970	112	184	1272
2	844	210	103	215	1372
3	44	536	4	777	1361
4	269	299	546	1	1115
<b>GİREN TOPLAM</b>	<b>1163</b>	<b>2015</b>	<b>765</b>	<b>1177</b>	<b>5120</b>

Kaynak: (MBB, 2005)

**Tablo 4.** Öğle Zirve Saat (12:00-13:00)

<b>ÖĞLE ZİRVE SAATI</b>					
<b>AKIM NO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>ÇIKAN TOPLAM</b>
1	28	702	231	142	1103
2	853	117	102	248	1320
3	113	324	0	603	1040
4	257	196	669	0	1122
<b>GİREN TOPLAM</b>	<b>1251</b>	<b>1339</b>	<b>1002</b>	<b>993</b>	<b>4585</b>

Kaynak: (MBB, 2005)

**Tablo 5.** Akşam Zirve Saat (18:00-19:00)

<b>AKŞAM ZİRVE SAATI</b>					
<b>AKIM NO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>ÇIKAN TOPLAM</b>
1	56	607	313	112	1088
2	1453	111	110	310	1984
3	143	350	0	657	1150
4	631	106	884	5	1626
<b>GİREN TOPLAM</b>	<b>2283</b>	<b>1174</b>	<b>1307</b>	<b>1084</b>	<b>5848</b>

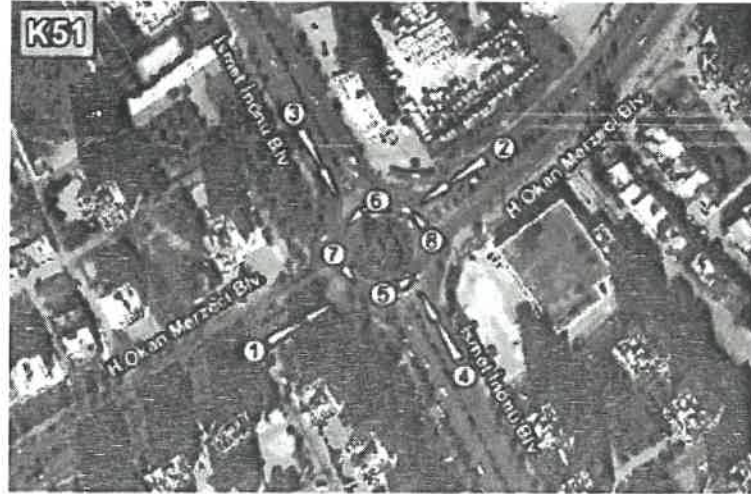
Kaynak: (MBB, 2005)

### 3.1.2. Sinyalizasyon

Kavşağa ait sinyal planları Ulaşım Daire Başkanlığı Haberleşme ve Sinyalizasyon Şube Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Şekil 32'de sinyal planına uygun olarak kol numaraları, gün boyu çalıştırılan sinyal planı, sinyal planı içerisinde kol numaralarına ait faz süreleri, kayıp süreler, sinyal devre süresi ve fazların çalışma sırası gösterilmektedir.

Sinyal planı incelendiğinde; birinci fazda H.O.M Blv. üzerinde bulunan 1, 2 ve dönel ada üzerindeki 5, 6 kollarına geçiş verildiği, ikinci fazda ise İsmet İnönü Blv. üzerindeki 3, 4 ve dönel adada bulunan 7, 8 kollarının çalıştırıldığı görülmektedir. Bir devrede, her fazda 5

saniye olmak üzere toplamda 10 saniye kayıp süre vardır. Kavşakta sabah, öğle ve akşam 62 saniye devre süresine sahip tek bir sinyal planı çalıştırılmaktadır. 23:30-06:30 saatleri arasında ise sinyal flaşta çalıştırılmakta, Okan Merzeci Bulvarı'ndaki kollara sarı flaşla öncelik verilirken, İsmet İnönü Bulvarı'ndaki kollara kırmızı flaş yanmaktadır (MBB, 2005).



DEVRE ÖRNEĞİ : 62 SN

AKIM	1	2	3	4	5	6	7	8
AKIM 1	29							
AKIM 2	29							
AKIM 3			23					
AKIM 4			23					
AKIM 5	29							
AKIM 6	29							
AKIM 7				23				
AKIM 8				23				

Şekil 32. Carrefour Kavşağı Sinyal Planı

Kaynak: (MBB, 2005)

### 3.1.3. Kapasite Analizi

Trafik mikro-simülasyon araçları kullanarak kavşağın mevcut durumu modellenmiş ve sabah, öğle ve akşam zirve saatler için kapasite analizleri gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 33.** Carrefour Kavşağı Trafik Mikro-Simülasyon Modeli

Kaynak: (MBB, 2005)

Daha detaylı analizler yapılarak kavşakta hacim-kapasite sorunlarının yaşandığı hareketler belirlenmiş ve bunlar Tablo 6’da özetlenmiştir. Kavşağın hizmet seviyelerine bakıldığında kavşağın sabah ve akşam zirve saatlerde “F”, öğle zirve saatinde “E” hizmet seviyesinde çalıştığı görülmektedir. Özellikle akşam saatlerinin geneline bakıldığında kavşakta yaklaşık tüm hareketlerde gecikme süreleri fazladır.

Yapılan bu kapasite analizleri sonucu ve tespit edilen sorunlar doğrultusunda dönel adalı eşdüzey kavşaktan katlı kavşağa geçiş çalışmaları başlamış ve katlı kavşak yapımına karar verilmiştir (MBB, 2005).

**Tablo 6.** Carrefour Kavşağı Performans Tablosu

Dönüş Hareketi	Ortalama Gecikme Süresi			Hizmet Seviyesi		
	Sabah	Öğle	Akşam	Sabah	Öğle	Akşam
2-2	174,9	87,7	138,9	F	F	F
2-3	30,0	11,1	15,1	C	B	B
2-4	126,4	67,0	130,2	F	E	F
2-1	33,3	13,9	14,5	C	B	B
1-2	16,1	16,3	77,0	B	B	E
1-3	32,8	32,5	130,9	C	C	F
1-4	12,4	11,2	43,5	B	B	D
1-1	61,4	58,3	313,0	E	E	F
3-2	278,0	233,0	496,7	F	F	F
3-3	267,9	0,0	0,0	F	A	A
3-4	251,0	205,7	470,0	F	F	F
3-1	172,9	115,6	234,4	F	F	F
4-2	100,1	36,9	213,0	F	D	F
4-3	99,2	38,0	201,9	F	D	F
4-4	0,0	0,0	421,2	A	A	F
4-1	146,4	77,3	315,2	F	E	F
<b>TOPLAM</b>	<b>91,9</b>	<b>64,7</b>	<b>153,8</b>	<b>F</b>	<b>E</b>	<b>F</b>

Kaynak: (MBB, 2005)

### 3.1.4. Sorun Tespitleri

Carrefour Kavşağı'nda yerinde gözlemler yapılmış, kavşak geometrisinde, yatay ve dikey işaretlemelerde, sinyal operasyonlarında, hacim-kapasite oranlarındaki sorunlar tespit edilmiş ve bu tespitler aşağıda özetlenmiştir;

Kavşak dönel ada olarak planlanmıştır ancak dönel ada geometrisi (dönel ada yarıçapı, kavşağa giriş ve çıkış yarıçapları, vb.) standartların altında olduğu için kavşakta operasyonel sorunlar ve güvenlik sorunları yaşanmaktadır (Bkz. Şekil 34,35). Bu güvenlik sorunları; araçlar ve yayalar için kaza risk oranını arttırmaktadır (MBB, 2005).



Şekil 34. Eski Durumda Tıkanıklık ve Kuyruklanma

Kaynak: (MBB, 2005)



**Şekil 35.** Eski Durumda Tıkanıklık ve Kuyruklanma

**Kaynak:** (MBB, 2005)

Yayaların güvenli ulaşımı için kavşakta gerekli yaya geçişine uygun refüj imalatları, yaya geçişi işaretlemeleri, yaya sinyalleri gibi yaya alt yapılarında eksiklikler bulunmaktadır (Bkz. Şekil 36).



**Şekil 36.** Eski Durumda Yaya Geçişi

**Kaynak:** (MBB, 2005)

### 3.2. Demokrasi Kavşağı Mevcut Hali Genel Özellikleri

Demokrasi Kavşağı kuzey-güney istikametinde üstten, doğu-batı istikametinde de alttan transit olmak üzere 500 metrelik bir alanda inşaa edilmiştir.

Sağa dönüşlerde kurplara adacıklar yerleştirilmiş ve sola dönüş için tasarım standartları dikkate alınarak dönüş cebi ada ile ayrılmış ve sola dönüş cepli bir kavşak oluşturulmuştur.

Kavşak kapasitesini arttırmak ve bu kapasiteyi daha verimli kullanmak amacıyla kavşak geometrik elemanları standartlara uygun olarak düzenlenmiştir.

Ayrıca sağa dönüşlerde ayrılma ve katılma şeridi eklenerek kapasite arttırılmıştır.

Yaya geçişleri için yatay işaretlemelerin bulunması gereken konumlar gösterilmiştir.



Şekil 37. Demokrasi Kavşağı Üstten Görünümü

Kaynak: ([15], 2019)



**Şekil 38.** Demokrasi Kavşağı Genel Görünümü

### **3.2.1. Trafik Sayımları**

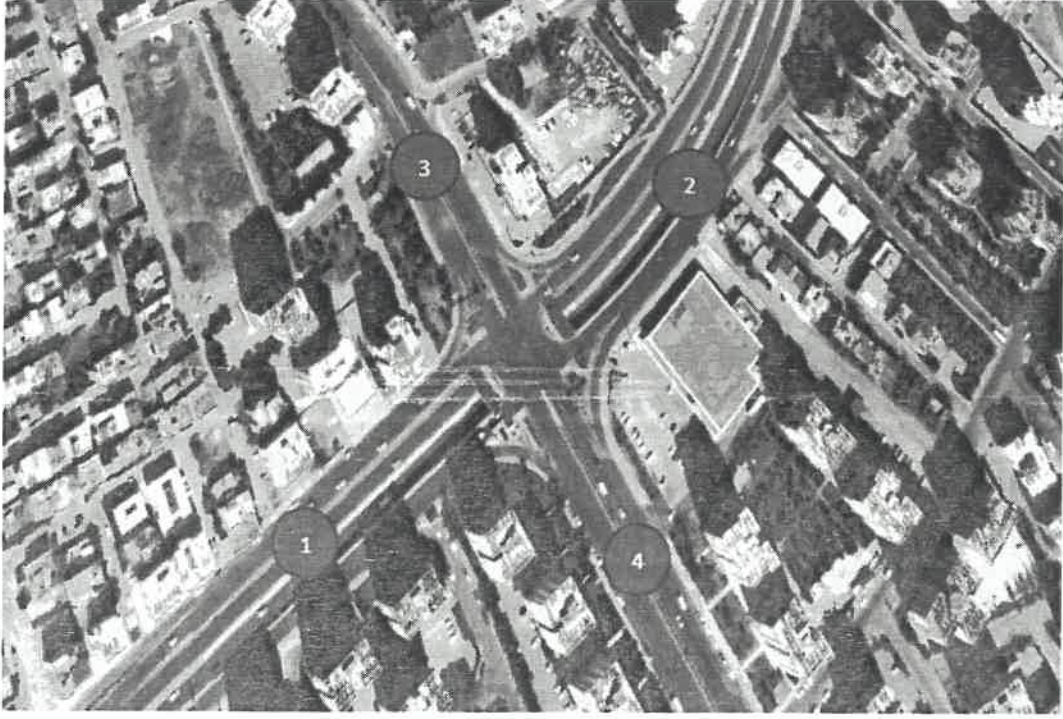
Demokrasi Kavşağı'nda 18.11.2020 tarihinde: sabah (07:00-09:00), öğle (12:00-14:00) ve akşam ise (18:00-20:00) arası sayımlar yapılmıştır. Yapılan sayımlar sonucu araç trafiğinin en yoğun olduğu zirve saatler sabah (08:00-09:00), öğle (12:00-13:00) ve akşam ise (18:00-19:00) olarak belirlenmiş, analizler ve parametreler bu sayımlardan elde edilen veriler doğrultusunda yapılmıştır.

Kavşakta sabah zirve saatte 6620 bo/sa, öğle zirvede 5619 bo/sa, akşam zirvede ise 7682 bo/sa toplam hacim tespit edilmiştir. Kavşağa ait trafik hacim matrisleri Tablo 7,8 ve 9 da gösterilmiştir.

Sabah zirve saatte kavşaktaki trafik hacimleri incelendiğinde; kavşağa giren araçlar en fazla 2537 bo/sa ile 2 kolundan gelmektedir.

Öğle zirve saatte kavşaktaki trafik hacimleri incelendiğinde; kavşağa giren araçlar en fazla 1709 bo/sa ile 2 kolundan gelmektedir.

Akşam zirve saatte kavşaktaki trafik hacimleri incelendiğinde; kavşağa giren araçlar en fazla 2290 bo/sa ile 1 kolundan gelmektedir.



Şekil 39. Demokrasi Kavşağı Kol Numaraları

Tablo 7. Sabah Zirve Saat (08:00-09:00)

Akım No	1	2	3	4	Çıkan Toplam
1	9	1076	127	162	1374
2	937	180	114	418	1649
3	56	967	3	1354	2380
4	251	314	647	5	1217
Giren Toplam	1253	2537	891	1939	6620

**Tablo 8. Öğle Zirve Saat (12:00-13:00)**

Akım No	1	2	3	4	Çıkan Toplam
1	86	784	214	149	1233
2	983	108	196	396	1683
3	159	604	12	720	1495
4	268	213	718	9	1208
Giren Toplam	1496	1709	1140	1274	5619

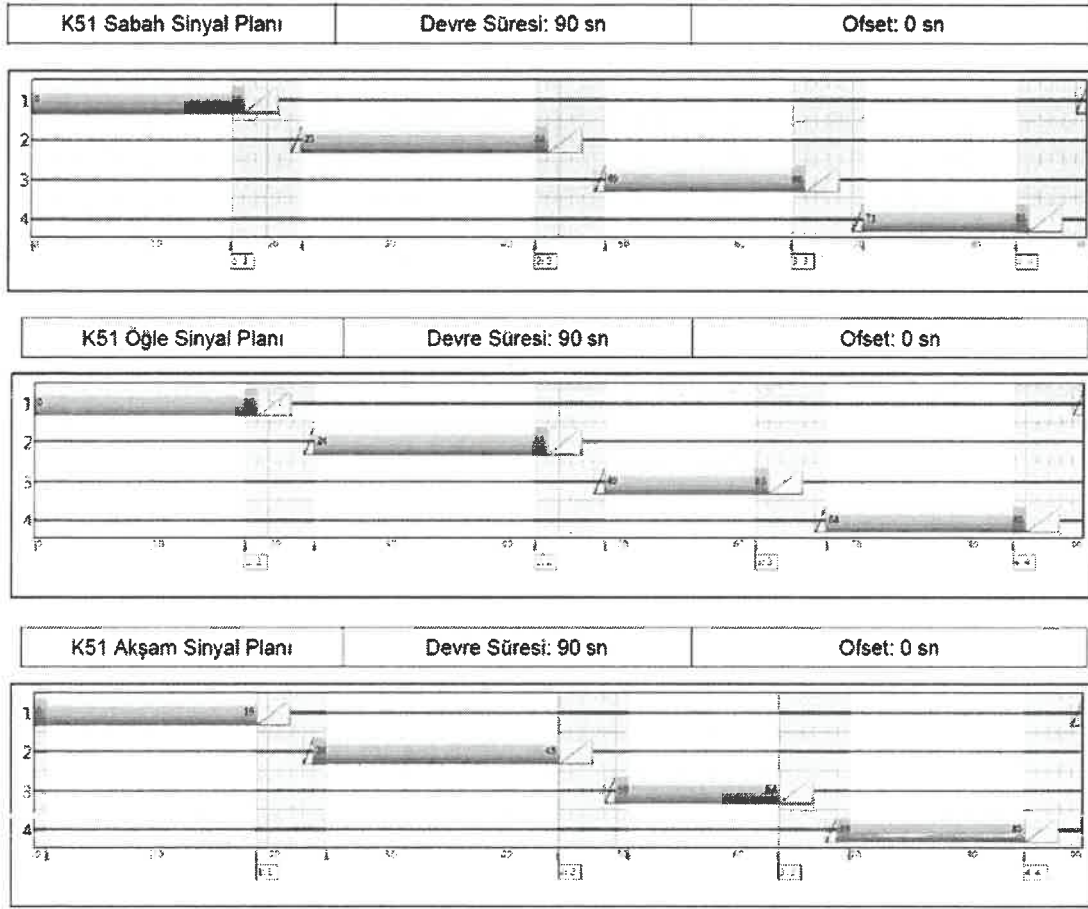
**Tablo 9. Akşam Zirve Saat (18:00-19:00)**

Akım No	1	2	3	4	Çıkan Toplam
1	78	904	295	85	1362
2	1332	85	407	518	2342
3	176	658	19	878	1731
4	704	265	1260	18	2247
Giren Toplam	2290	1912	1981	1499	7682

### 3.2.2. Demokrasi Kavşağı Sinyalizasyon

Demokrasi Kavşağı'na ait sinyal grup numaraları ve sinyal planları, sırasıyla aşağıdaki şekillerde gösterilmektedir (Bkz. Şekil 40). Sinyal grup numaraları incelendiğinde; kavşaktaki her kolun ayrı ayrı olmak üzere toplamda 4 fazlı bir sistemle çalıştığı görülmektedir. Sinyal planlarındaki devre sürelerine bakıldığında; sabah, öğle ve akşam zirve ve zirve olmayan periyotlar için 90 saniyelik bir süre hesaplanmıştır.

Kavşakta yaya geçiş güvenliğini sağlamak için tüm akımların sağa dönüş kollarında yaya butonlu sinyalizasyon geçiş uygulanmıştır.



**Şekil 40.** Demokrasi Kavşağı Sabah, Öğle, Akşam Sinyal Planı

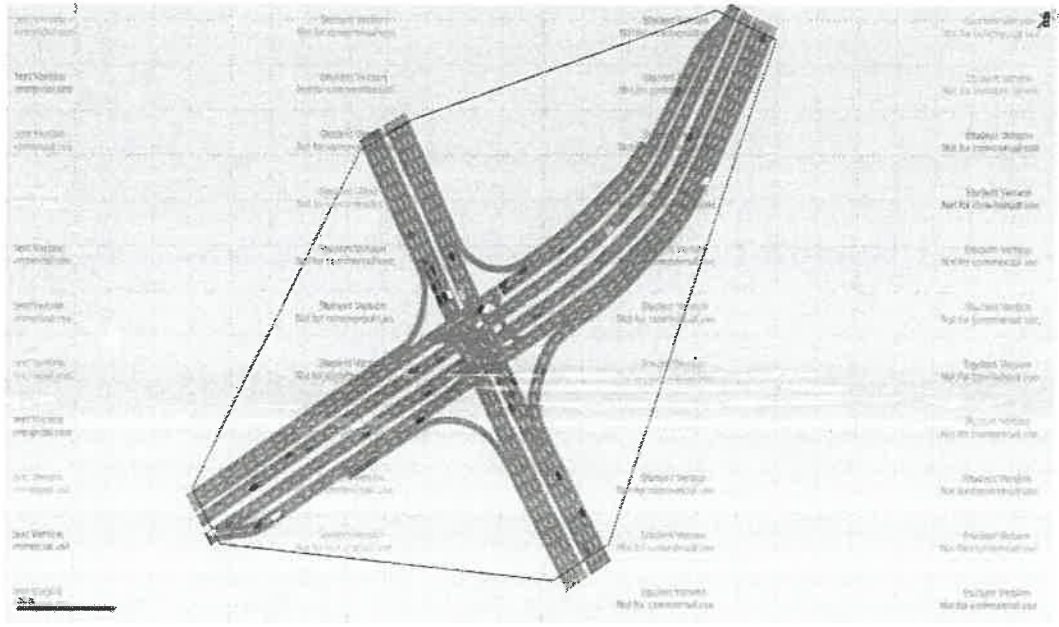
Kaynak: (MBB, 2005)

### 3.3. Kavşağın Eski ve Mevcut Hali Model Sonuçlarını Karşılaştırma

PTV Vissim programı kullanılarak yapılan çalışmada kavşak eski ve mevcut hali simülasyon modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan bu modelde yeni sayılan trafik araç sayım değerleri girilerek parametreler elde edilmiştir. Kavşağın eski ve mevcut halinin hizmet düzeyleri belirlenmiştir.

Simülasyon programı değer sonuçlarını verirken şu parametreler kullanılmıştır;

- Kavşak Hizmet Seviyesi
- Ortalama Gecikme Süresi (saat)
- Toplam Yolculuk Süresi (saat)
- Ortalama Hız (km/sa)
- Ortalama Durma Sayısı (adet)
- Ortalama Yakıt Tüketimi (litre)
- Ortalama CO Emisyon Değeri (g/km)



**Şekil 41.** Simüle Edilmiş Sistemde Trafik Görüntüsü

### 3.3.1. Ortalama Gecikme Süresi ve Kavşak Hizmet Seviyesi

Sinyalize kavşaklarda geçiş önceliklerinin sistemli bir şekilde belirlenmesinden dolayı bekleme zamanlarından kaynaklı gecikmeler yaşanmaktadır. Gecikme süreleri yüksek olduğunda maliyet, yolcu güvenliği, konfor ve dakiklik azalmaktadır. Gecikme süreleri toplam yolculuk süresiyle de direkt olarak bağlantılıdır.

Demokrasi Kavşağı eşdüzey kavşak iken ortalama gecikme süreleri; sabah (91,9 sn/bo), öğle (64,7 sn/bo), akşam (153,8 sn/bo) olduğu tespit edilmiştir. Bu gecikme sürelerine karşılık gelen hizmet seviyeleri ise; sabah (F), öğle (E), akşam ise (F) olduğu gözlemlenmiştir.

Katlı kavşak yapımından sonra yapılan sayımlar sonucu verilerin simülasyon programına girilip alınan sonuçlar doğrultusunda ortalama gecikme süreleri: sabah (63,2 sn/bo), öğle (34,4 sn/bo), akşam (78,5 sn/bo) olduğu görülmüştür. Bu gecikme sürelerine karşılık gelen hizmet seviyeleri ise; sabah (E), öğle (C), akşam ise (E) olduğu gözlemlenmiştir.

Bu sonuçlar doğrultusunda sabah %31, öğle %46, akşam %48 oranında iyileşme tespit edilmiştir ve gecikme sürelerinde önemli ölçüde azalma sağlanmıştır.

**Tablo 10.** Ortalama Gecikme Süresi ve Kavşak Hizmet Seviyesi

Demokrasi Kavşağı	Ortalama Gecikme Süresi (sn/bo)			Hizmet Seviyesi		
	Sabah	Öğle	Akşam	Sabah	Öğle	Akşam
Eski Hali	91,9	64,7	153,8	F	E	F
Mevcut Hali	63,2	34,4	78,5	E	C	E
İyileşme	%31	%46	% 48			

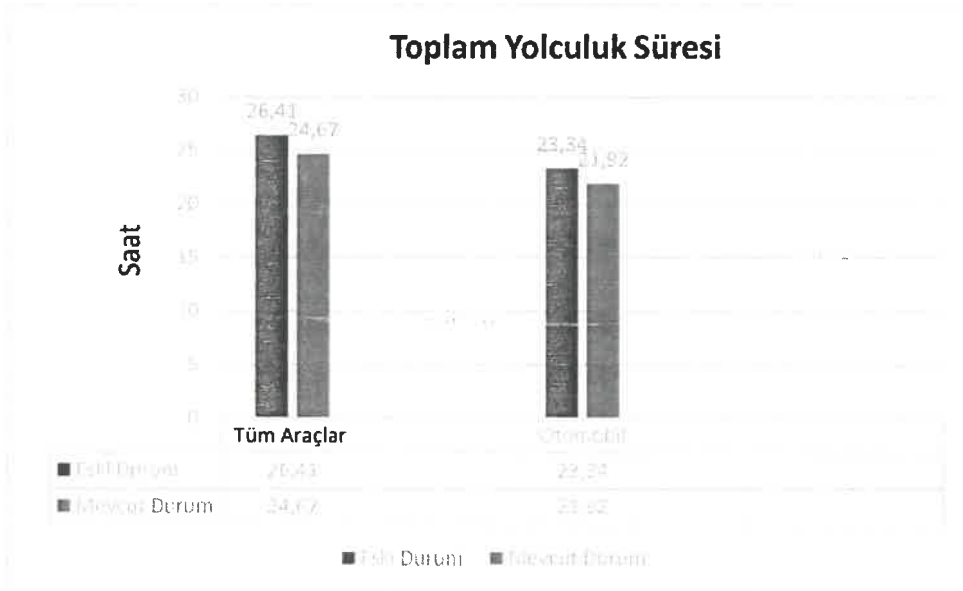
### 3.3.2. Toplam Yolculuk Süresi

İnsanlar trafikte en az süre kaybı ile gidecekleri yere varmak isterler. Yolların standartlarının yükselmesiyle beraber konforlu bir yolculuk sağlanmaktadır. bu standartlar ve konfor beraberinde yolculuk süresinin azalmasına da olanak sağlamaktadır.

Yolculuk süresindeki azalma sistemde oluşan taleplere direkt olarak olumlu bir şekilde etki etmektedir. Bu sürenin artması sürücülerin bir yerden diğer bir yere varışını geciktirmekte olup sürücülerin alternatif yol güzergahı tercih etmelerine neden olmaktadır. Toplam yolculuk süresi sistemde bulunan araç sayısı ile direkt olarak orantılıdır.

Şekil 42'ye baktığımızda toplam yolculuk süresinin düşük oranda da olsa düştüğünü gözlemlemekteyiz.

Sistemde bulunan araç sayılarının artmasına rağmen katlı kavşağın yapılması trafik ışıklarında bekleme ve durma sürelerini azalttığından, toplam yolculuk süresini de düşürmüştür.

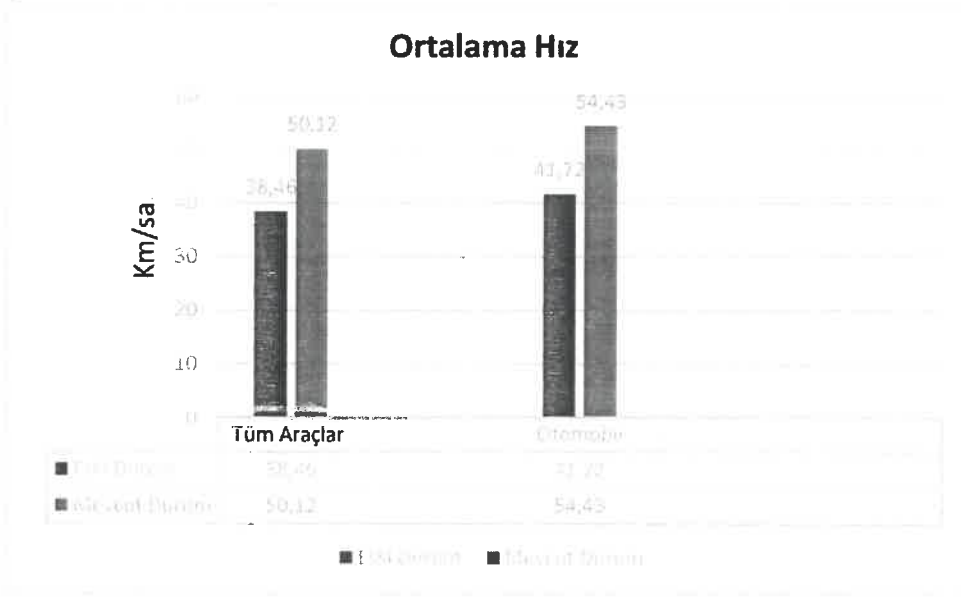


**Şekil 42.** Toplam Yolculuk Süresi

### 3.3.3. Ortalama Hız

Bir sistemde ortalama hızın yüksek olması, sistemde verimliliğin olumlu yönde çalıştığını ifade etmektedir. Ortalama hız mevcut sistemin hizmet düzeyini belirlemede direkt olarak etkilidir.

Araçların ortalama hızlarındaki azalmalar sistemin tıkanması, kuyruk uzunluklarının oluşması ve sistemin mevcut kapasitesinin düşmesine sebep olmaktadır. Katlı kavşağa geçilmesi, 1 ve 2 numaralı kollarda sinyalizasyonun olmaması ile beraber tüm araçların ortalama hızlarında %30 oranında artış gözlemlenmiştir.



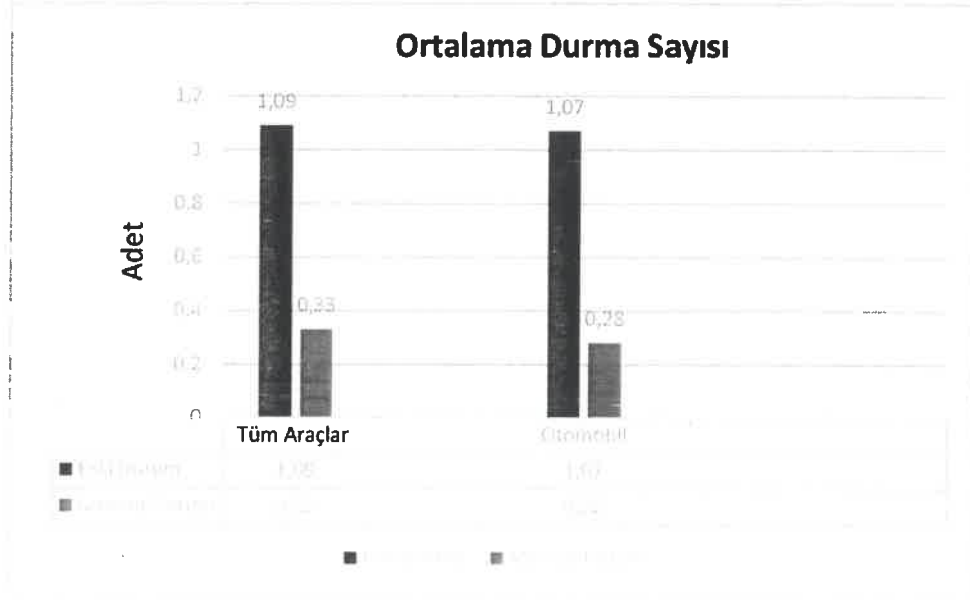
Şekil 43. Ortalama Hız

### 3.3.4. Ortalama Durma Sayısı

Araç başına düşen ortalama durma sayısının fazla olması yolculuk süresini arttırmakla beraber sistemde bulunan araçların yıpranmasına da neden olmaktadır. Bu yıpranmalar araç bakım masraflarında artışlara sebebiyet vermektedir.

Ortalama durma sayısının artması yakıt tüketimi ile de doğrudan bağlantılıdır. Sistemde bulunan araçların salgıladığı gazlar çevreyi olumsuz yönde etkilemektedir. Bu gazlar trafikte dur-kalk anlarında daha çok salgılanmaktadır. Katlı kavşak yapımından sonra sinyalizasyonun ana kollarda kaldırılması ve durma sayılarının düşmesiyle beraber yaklaşık olarak %70 oranında iyileşme sağlanmıştır ve çevre kirliliği de azalmaktadır.

Durma sayılarındaki azalmalar araçların kaza risklerini (arkadan çarpma gibi) de düşürmektedir. Böylelikle sürücüler daha güvenli bir yolculuk olanağına sahip olmaktadır.

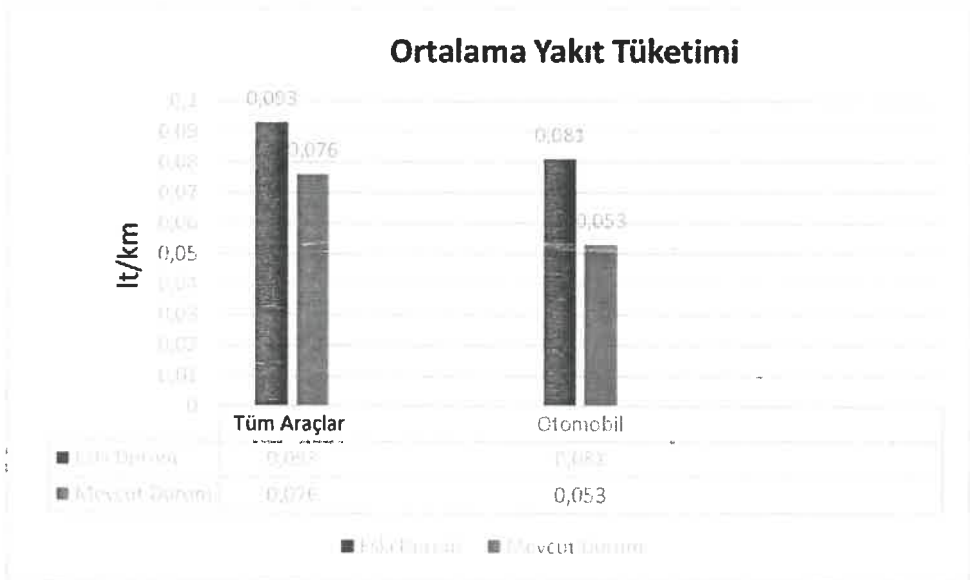


Şekil 44. Ortalama Durma Sayısı

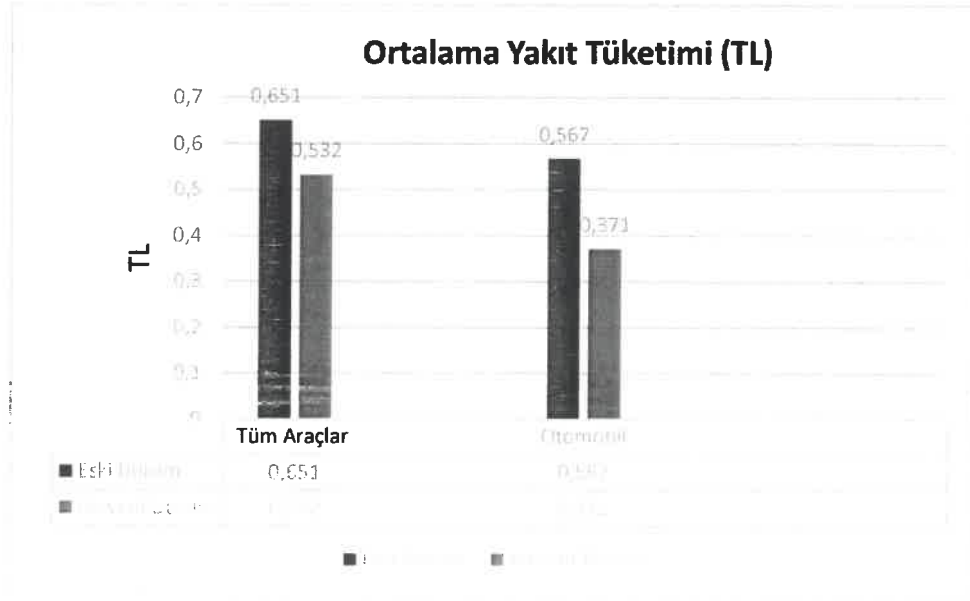
### 3.3.5. Ortalama Yakıt Tüketimi

İnsanlar trafikte en az yakıt tüketimi ile varacakları yerlere gitmek isterler. Araçlar en çok yakıt tüketimini dur-kalk anlarında sarf ederler. Katlı kavşak yapımı ile birlikte 1 ve 2 nolu kollarda transit geçiş olduğu için dur-kalk anları bulunmamaktadır. Değerler incelendiğinde tüm araçlar ortalama %70 civarında yakıt tasarrufu etmiştir.

Eski ve mevcut durumda oluşacak yakıt tüketim değerleri Şekil 45'te yakıt tüketimine karşılık gelen tutar ise Şekil 46'da gösterilmiştir. Yakıt tüketim değerleri Vissim'den düğüm noktaları (node) aracılığı ile alınmaktadır.



Şekil 45. Ortalama Yakıt Tüketimi



**Şekil 46.** Ortalama Yakıt Tüketimi (TL)

Not: Yakıt Litre Fiyatı Ortalama 7tl Olarak Kabul Edilmiştir

### 3.3.6. Ortalama CO<sub>2</sub> Emisyon Değeri

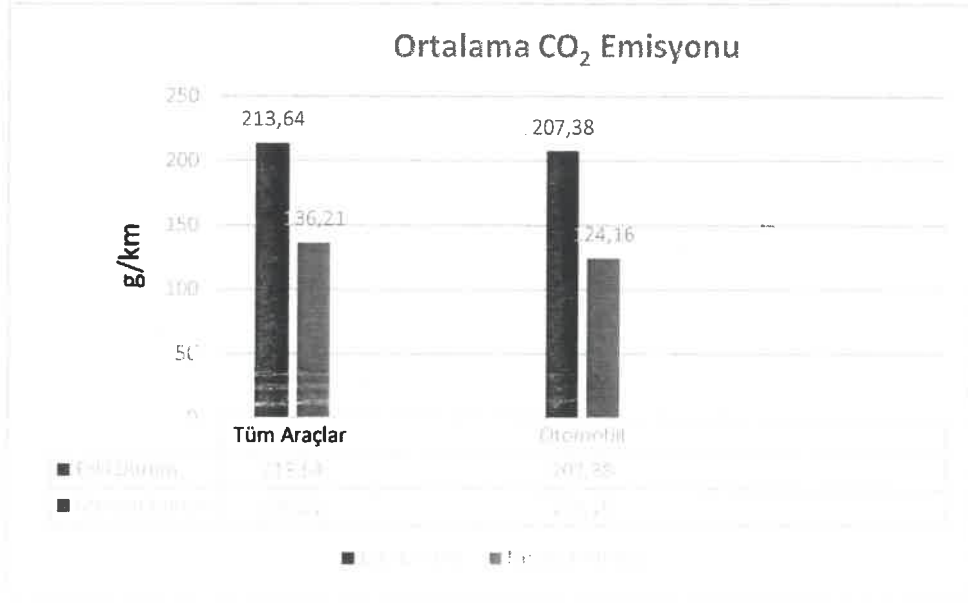
Emisyon, bir aracın oluşturduğu hava kirliliğini tanımlamak için kullanılan bir terimdir.

Yeni bir kavşağın tasarlanması sırasında trafiğe çözüm olmasının yanında, çevreye verdiği kirliliğin de değerlendirilmesi gerekmektedir.

Durma sayısının azalması ve kavşak ana yolunda gerçekleşen sabit hızla seyir, egzoz gazı emisyonu üzerine olumlu katkı yapmaktadır.

Motorların sinyallerde kapatılması, sadece durma süresinin uzun olduğu durumlarda motoru durdurma sayesinde elde edilen emisyon azalmasıyla motorların tekrar çalıştırılması sırasında meydana gelen emisyon artışının farkına bağlı olarak olumlu emisyon değerlerinin meydana gelmesini sağlamaktadır. Bu bağlamda egzoz gazı bileşenleri farklılıklar göstermektedir.

Kırmızı ışıkta durma süresi ancak 50-60 saniyeyi aştığı zaman genel anlamda egzoz gazı emisyonlarında bir düşüşten bahsedilirken, yakıt tasarrufu motorun kısa süreli olarak kapatılmasında dahi meydana gelebilmektedir.



Şekil 47. Ortalama CO<sub>2</sub> Emisyonu

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Karayolunda sürekli artan araç sayıları beraberinde trafik problemlerini de doğurmaktadır bu sebeple kavşaklar ve kavşak tasarımı kritik bir öneme sahiptir.

Şehirlerin modern anlamda trafik bakımından iyi hizmet vermesi, şehirdeki yolların yeterli sayıda ve genişlikte olmasına bağlıdır. Bir şehirde ne kadar çok ana arter varsa trafik de o derece rahat akacaktır. Trafik yoğunluğunun fazla olduğu yerlerde ek yollar açmak mümkün olmuyorsa ve gerekli şartların sağlandığı bazı durumlarda katlı kavşak yapımına gidilmelidir.

Bu çalışmada, eski kavşağın geometrisinde, yatay ve düşey işaretlemelerde, sinyal operasyonlarında, hacim-kapasite oranlarındaki sorunlar tespit edilmiştir. Mevcut kavşakta yerinde gözlemler yapılmış ve kavşak güzergahında kamu binaları (Belediye, POMEM, Spor tesisi vb.), AVM, yaşam merkezleri ve çevre yolu bağlantısı olduğu saptanmıştır.

Kavşağın eski halinde koridor üzerindeki sinyalize hemzemin kavşakta yoğun bir ağır vasıta trafiği de bulunmaktadır. Koridoru tamamen transit bir hale getirmek ve ağır vasıtalara da rahat dönüş imkanı tanımak için bir altgeçit ve üstünde dönel adasız bir kavşak düzenlemesi öngörülmüştür. Depolama alanı yetersiz olduğu için eski halinde bulunan dönel ada kaldırılmış, katlı kavşak yapılmıştır.

Katlı kavşak yapımı sonucunda kavşak bölgesindeki yoğun trafik kontrol altına alınarak anayolda kesintisiz trafik akışı sağlanmış ve anayol-tali yol çakışması ortadan kaldırılmıştır. Üstte akımlar hemzemin kontrollü kavşak ile kontrol altına alınmış ve yol güvenliği artırılmıştır.

Tasarım aşamalarında geometrik standartlara önem verilmiştir. Yolculuk süresini en aza indirecek şekilde U dönüşleri sağlanmıştır. Sistemde ana yol trafik akışı dur-kalk yerine sabit akış şeklinde düzenlendiği için oluşan emisyon (CO<sub>2</sub>) değerlerinde azalmalar görülmüştür.

Üstte yapılan kontrollü kavşak ile birlikte yapılan analizlerde bekleme süresinin azaldığı tespit edilmiştir. Bu neden sabit akış olan alt yol ile birlikte araç başına tüketilen yakıt miktarında azalmalar gözlemlenmiştir.

Katlı kavşak kararı verildikten sonra ana ve tali yol seçimi, kollarda yapılacak olan trafik sayımlarına bağlı olarak belirlenmeli, kavşak bölgesi sürücüler tarafından kolay algılanabilecek, gidiş yönlerini kolay ve doğru olarak seçebilecek şekilde tasarım yapılmalıdır.

Kavşak tasarım çalışması uzun vadeli olarak düşünölmeli ve ileriki zamanlara da uygun olarak tasarlanmalıdır. Sonuç olarak şehir merkezinde trafik mühendisliği adı altında gerekli fiziksel düzenlemeler ve sinyal optimizasyonu yapılmadan katlı kavşak önerilmemelidir.

## KAYNAKÇA

- AASHTO. (2001). *Policy on the Geometric Design of Highways*. Washington.
- Ayfer, M. (1977). *Trafik Sinyalizasyonu*. Ankara: KGM Matbaası Yayın No: 226.
- FHWA. (2004). *Department of Transportation's Federal Highway Administration*. USA.
- Ghali, M. (2010). Lee Roy Selmon Expressway Interchange.
- Göktan, B. (2018). Türkiye Karayolu Ağında Kullanılan Hemzemin Kavşaklar İle Farklı Seviyeli Kavşakların Karşılaştırılması Ve Başpınar Örneği. Aksaray, Türkiye.
- Karayolu Tasarım Raporu. (2000). *SıveRoad*. Ankara.
- KGM. (1997). Karayolu Tamimler El Kitabı, Ankara.
- KGM. (2005). Karayolu Tasarım Kitabı, Ankara.
- KGM. (2012). Karayolu Teknik Şartnamesi, Ankara.
- Kutlu, K. (1964). *Trafik Etütleri*. İstanbul: İTÜ.
- MBB. (2005). *Ulaşım Ana Planı, Trafik Etüt ve Değerlendirme Raporu*. Mersin: Boğaziçi Proje Mühendislik.
- Murat, Y. (2012). *Trafik Mühendisliği*. Denizli: Pamukkale Üniversitesi Ulaşım Mühendisliği Ders Notu.
- Özdirim, M. (1994). *Trafik Mühendisliği Cilt-1*. Ankara: KGM.
- Roes, R., Mcshane, W., & Prassas, E. (1998). *Traffic Engineering, Secon Edition*. Prentice-Hall.
- Serin, S. (2006). Ulaştırma Mühendisliği Ders Notu. Düzce.
- Tunç, A. (2003). *Trafik Mühendisliği ve Uygulamaları*. Ankara.
- Yayla, N. (2002). *Kentiçi Ulaşım Şurası*. İstanbul: İBB Kültür AŞ Yayınevi.
- Zeeshan, I. (2008). *Intersection & Interchanges*. India.

## İNTERNET KAYNAKLARI

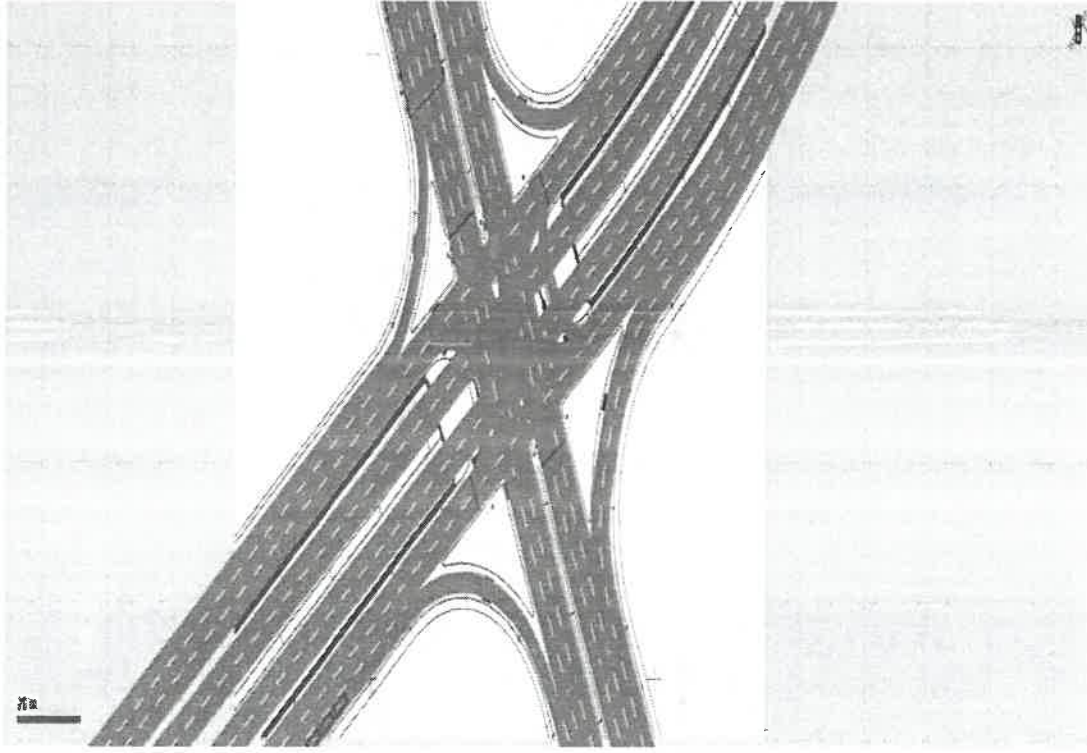
- [1] Google Books Websitesi (2004). <https://books.google.com.tr/books?id=gGe-CgAAOBAJ&pg=PA322&lpq=PA322&dq=v=onepage&q&f=false> (E.T. 12.09.2020).
- [2] Teatek Websitesi (2017). <https://tetatek.com/wp-content/uploads/2017/08/Ak%e4%b111%e4%b1-Kay%e5%9fak-Oronasyon-Sistemleri.pdf> (E.T. 12.09.2020).
- [3] Garentapro Websitesi (2018). <https://www.garentapro.com/blog/schilde-szi-ilk-okulsular-doneli-kaynak-kullanimi/> (E.T. 06.10.2020).
- [4] Alfie's Driving School Websitesi (2018). <https://alfiesdrivingschool.com/6-tips-on-mastering-a-roundabout/> (E.T. 06.10.2020).
- [5] Maraş Özgür Haber Websitesi (2018). <https://www.marsozgurhaber.com/medya-tesviye-gerilemeye-basliyor/> (E.T. 06.10.2020).
- [6] Wikipedia Websitesi (2017). [https://tr.wikipedia.org/wiki/John\\_V.\\_Macostald\\_Parkway](https://tr.wikipedia.org/wiki/John_V._Macostald_Parkway) (E.T. 21.10.2020).
- [7] Wikiwand Websitesi (2011). [https://www.wikiwand.com/en/Partial\\_cleverkart\\_interchange](https://www.wikiwand.com/en/Partial_cleverkart_interchange) (E.T. 03.11.2020).
- [8] Ccta Websitesi (2018). [https://ccta.net/wp-content/uploads/2019/07/CCTA\\_TFP\\_Draft17\\_0713619.pdf](https://ccta.net/wp-content/uploads/2019/07/CCTA_TFP_Draft17_0713619.pdf) (E.T. 03.11.2020).
- [9] Toronto Websitesi (2017). <https://www.toronto.com/news/story/7093683-11x4-miscellaneous-interchange-would-be-a-positive-for-barboursville-american-expo> (E.T. 16.12.2020).
- [10] Rff Websitesi (2012). <https://www.rff.com/Cleverkart.php> (E.T. 02.01.2021).
- [11] Getty Images Websitesi (2020). <https://www.gettyimages.com/detail/photo/land-ormans-sevalti-foto/97555672?adrcoupp=true> (E.T. 13.01.2021).
- [12] Mersin Haber Websitesi (2018). <https://www.mersinhaber.com/haber/mersinin-dorduncu-katli-kaynagi-volda-1352> (E.T. 13.01.2021).
- [13] Research Gate Websitesi (2014). <https://www.researchgate.net/publication/266384664> (E.T. 12.02.2021).
- [14] Academia Websitesi. (2017). [https://www.academia.edu/9757011/Design\\_and\\_construction\\_of\\_grade\\_separated\\_interchanges](https://www.academia.edu/9757011/Design_and_construction_of_grade_separated_interchanges) (E.T. 19.02.2021).
- [15] Mersin Büyükşehir Belediyesi Websitesi (2019). <https://www.mersin.bel.tr/mersin-senfs-hir/medya-konu/arsuz-8001.html> (E.T. 04.03.2021).

## EKLER LİSTESİ

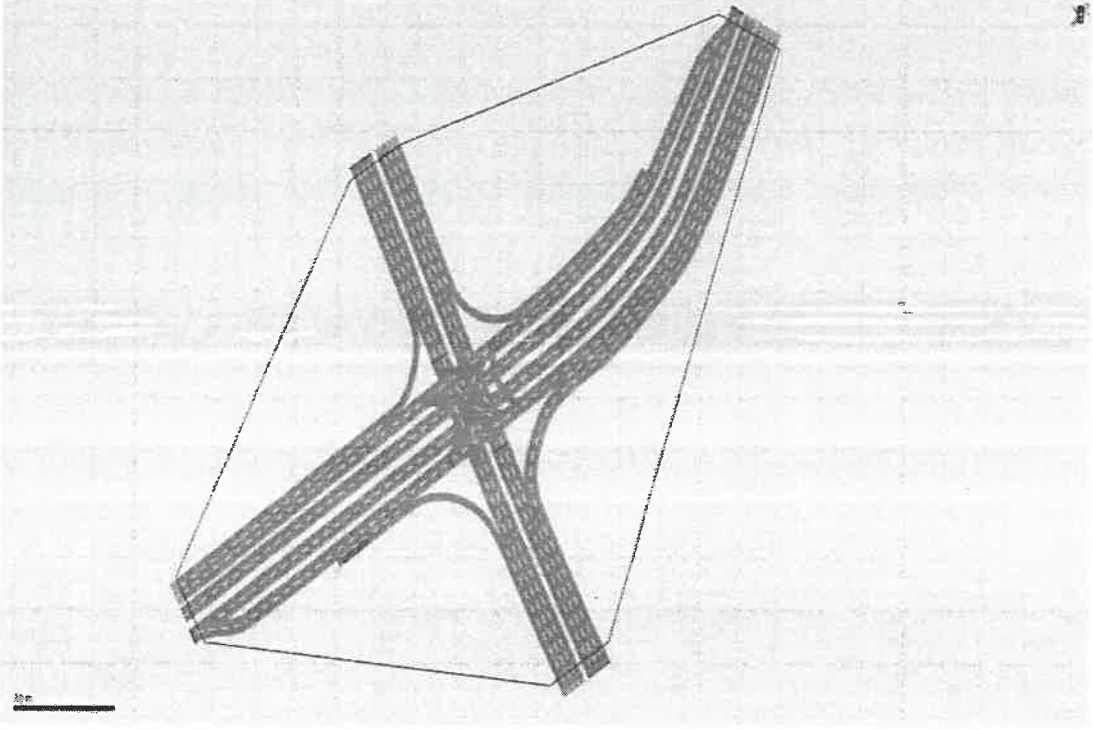
EK - 1. PTV Vissim Ana Ekran Görüntüsü.....	60
EK - 2. Demokrasi Kavşağı Simülasyon Network Görüntüsü .....	63
EK - 3. Demokrasi Kavşağı Çalışma Alanı .....	64
EK - 4. Demokrasi Kavşağı Sayımı Üst Bilgi Kapağı.....	65
EK - 5. 1’Nolu Kol Sayım Sonuçları (Sabah, Öğlen, Akşam) .....	66
EK - 6. 2’Nolu Kol Sayım Sonuçları (Sabah, Öğlen, Akşam) .....	67
EK - 7. 3’Nolu Kol Sayım Sonuçları (Sabah, Öğlen, Akşam) .....	68
EK - 8. Carrefour Kavşağı Trafik Simüle Görüntüsü .....	69
EK – 9 Simülasyon Sonuçları.....	70



**EK - 2. Demokrasi Kavşığı Simülasyon Network Görüntüsü**

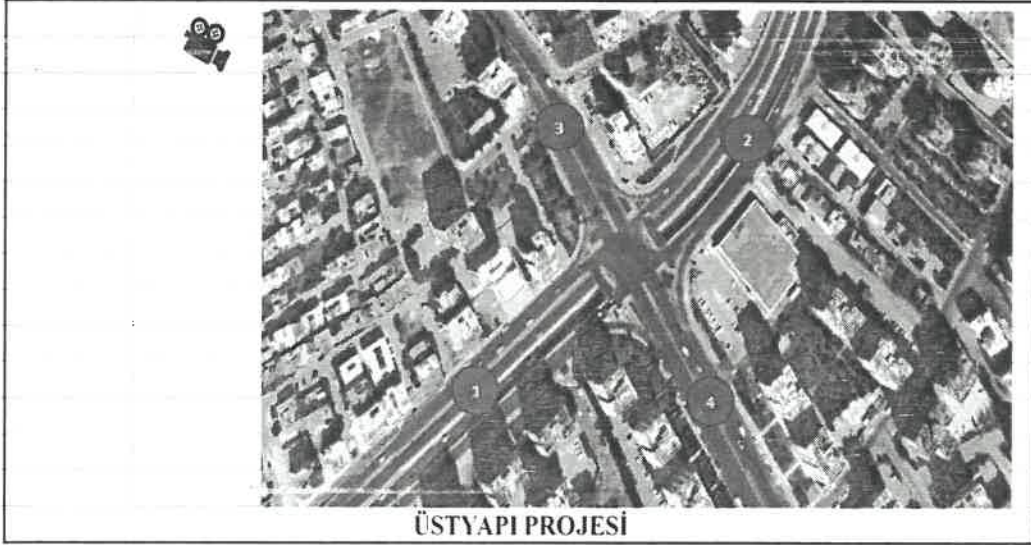


### EK - 3. Demokrasi Kavşağı Çalışma Alanı



**EK - 4. Demokrasi Kavşağı Sayımı Üst Bilgi Kapağı**

İlçe.....:	<b>YENİŞEHİR</b>	Kavşak Adı:	<b>DEMOKRASİ KAVŞAĞI</b>
Grup.....:		1.Akım:	38 CADDE KUZEY
Kav. No.....:		2.Akım:	İSTEMİHAN TALAY DOĞU
Sinyal No.....:		3.Akım:	38 CADDE GÜNEY
		4.Akım:	İSTEMİHAN TALAY BATI



**ETÜD BİLGİLERİ**

Çekim Tarihi	<b>18.11.2020</b>	<b>18.11.2020</b>	<b>18.11.2020</b>
Çekim Saati	<b>08:00-09:00</b>	<b>12:00-13:00</b>	<b>18:00-19:00</b>
Çekimi Yapanın Adı Soyadı	<b>Alparslan KALKAN</b>	<b>Alparslan KALKAN</b>	<b>Alparslan KALKAN</b>

		<b>KUYRUKLANMA</b>					
		<b>Sabah</b>		<b>Öğlen</b>		<b>Akşam</b>	
		<b>Başlangıç</b>	<b>Bitiş</b>	<b>Başlangıç</b>	<b>Bitiş</b>	<b>Başlangıç</b>	<b>Bitiş</b>
<b>Akım No</b>	<b>Şerit Sayısı</b>	<b>08:00</b>	<b>09:00</b>	<b>12:00</b>	<b>13:00</b>	<b>18:00</b>	<b>19:00</b>
<b>1.Akım</b>	2						
<b>2.Akım</b>	2						
<b>3.Akım</b>	2						
<b>4.Akım</b>	2						

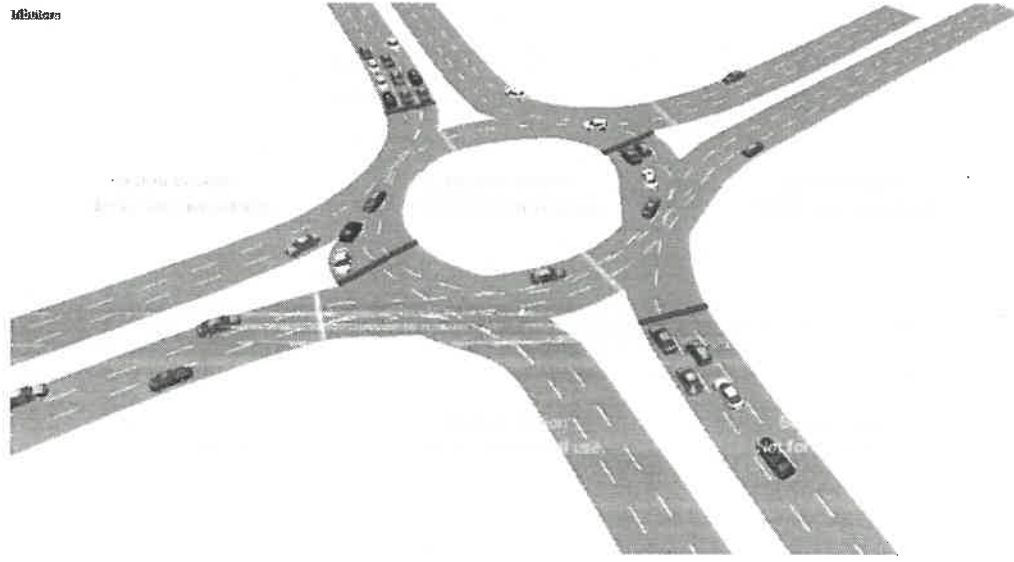






## EK - 8. Carrefour Kavşağı Simüle Edilmiş Trafik Görüntüsü

M500000



## EK – 9. Simülasyon Sonuçları

### System

Total Travel time	24,67
Number of vehicles in the network	19921
Average Number of Stops	0,33
Average Delay Time	58,2
Total Travel time	24,67
Average Speed	50,12

### Birim Oto kullanımıdır.

Car	1 bo
Minibüs	1.5 bo
Midibüs	2 bo
Bus, Truck	3 bo



**T.C.**  
**TOROS ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**  
**İNTİHAL PROGRAMI RAPORU**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞINA

Tarih: 02/04/2021

Tez Başlığı: Eş Düzey Kavşaktan Kath Kavaşağa Geçişte Sağlanan Verimliliğin İncelenmesi – Mersin Demokrasi Kavşağı Örneği

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmamın:

- a) Giriş.
- b) Ana bölümler ve
- c) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 79 sayfalık kısmına ilişkin. 02/04/2021 tarihinde enstitü tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezin benzerlik oranı % 15 'dir.

Uygulanan filtrelemeler:



- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç
- 3- Benzer kelime sayısı 10 adet

yapıldığında en fazla %10.



- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar dahil
- 3- Benzer kelime sayısı 10 adet

yapıldığında en fazla %30'u geçmemelidir.

Tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Yukarıda belirtilen başlıkta danışmanımla birlikte tamamlamış olduğum tezin fikir/araştırma sorusu, yöntem, bulgular ve tartışma kısımları özgün olup kısmen veya tamamen diğer çalışmalardan alınan kısımlar olduğu durumlarda kaynak belirtilmesine dikkat edilmiştir. Tezin, tez yazım kurallarına uygun olarak ve intihal olmaksızın hazırladığımı taahhüt eder; intihal olması durumunda tez çalışmamın başarısız sayılacağını ve mezuniyetimin iptalini kabul ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Alparslan KALKAN

İmzası

Tarih: 02/04/2021

Yukarıda kişisel ve tez bilgileri verilen öğrencimin belirtilen başlıkta birlikte tamamlamış olduğumuz tez çalışması Turnitin intihal yazılım programında kontrol edilmiş ve etik bir ihlale rastlanmamıştır. İntihal yazılım programının rapor çıktısı ektedir. Ayrıca tezin fikir/araştırma sorusu, yöntem, bulgular ve tartışma kısımları özgün olup kısmen veya tamamen diğer çalışmalardan alınan kısımlar olduğu durumlarda kaynak belirtilmesine dikkat edilmiştir.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Prof.Dr. Mehmet ÇAKIROĞLU

İmzası

Tarih: 02/04/2021

Ek: İntihal yazılım programının rapor çıktısı (3 sayfa)

# Eşdüzey Kavşaktan Katlı Kavşağa Geçişte Sağlanan Verimliliğin İncelenmesi-Mersin Demokrasi Kavşağı Örneği

*Yazar* Alparslan Kalkan

---

**Gönderim Tarihi:** 02-Nis-2021 03:04PM (UTC+0300)

**Gönderim Numarası:** 1548953099

**Dosya adı:** Alparslan\_KALKAN\_Tez.docx (15.49M)

**Kelime sayısı:** 9939

**Karakter sayısı:** 66905

## Eşdüzey Kavşaktan Katlı Kavşağa Geçişte Sağlanan Verimliliğin İncelenmesi-Mersin Demokrasi Kavşağı Örneği

ORJİNALLİK RAPORU

% **15**

BENZERLİK ENDEKSİ

% **12**

İNTERNET  
KAYNAKLARI

% **0**

YAYINLAR

% **5**

ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

**1**

documents.tips  
İnternet Kaynağı

% **6**

**2**

Submitted to Aksaray Aniversitesi  
Öğrenci Ödevi

% **3**

**3**

imb.cu.edu.tr  
İnternet Kaynağı

% **1**

**4**

www.yumpu.com  
İnternet Kaynağı

% **1**

**5**

fbe.erciyes.edu.tr  
İnternet Kaynağı

% **1**

**6**

acikerisim.bahcesehir.edu.tr:8080  
İnternet Kaynağı

% **1**

**7**

acikerisim.selcuk.edu.tr:8080  
İnternet Kaynağı

% **1**

**8**

prezi.com  
İnternet Kaynağı

% **1**

---

Alıntılarını çıkart

Kapat

Eşleşmeleri çıkar

< 9/1

Bibliyografyayı Çıkart

üzerinde