

**KARAYOLU GEOMETRİK STANDARTLARI İLE KARAYOLU
GÜVENLİĞİ VE KAPASİTESİ İLİŞKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

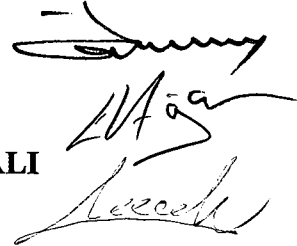
**Müh. Ekrem YILMAZ
501960201011**

101038

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 5 Haziran 2000
Tezin Savunulduğu Tarih : 22 Haziran 2000**

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Güven ÖZTAŞ

**Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Emine AĞAR
Prof. Dr. Mustafa ILICALI**



HAZİRAN 2000

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans tezimi hazırlarken yardımlarını ve rehberliğini benden esirgemeyen değerli hocam Sayın Doç. Dr. Güven ÖZTAŞ'a, çizim işlerinde yardımcı olan arkadaşım Y. Müh. Ayşegül ALTINKAYA'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca aileme ve Ulaştırma Anabilim Dalı'nda görevli Araştırma Görevlisi arkadaşlara desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Haziran 2000

Müh. Ekrem YILMAZ



İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
TABLO LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
ÖZET	vi
SUMMARY	vii
1. GİRİŞ	1
2. KARAYOLU GEOMETRİK STANDARTLARI	3
2.1. Yolun Sınıfı	3
2.2. Proje Hızı	4
2.2.1. Yatay Kurbalar	5
2.2.2. Düşey Kurbalar	9
3. KARAYOLU KAPASİTESİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER	11
3.1. Kapasite ve Hizmet Seviyesi	11
3.2. Kapasiteyi Etkileyen Faktörler	16
3.2.1. Geometrik Faktörler	16
3.2.2. Trafik Faktörleri	20
3.3. Kapasite Arttırıcı Önlemler	21
4. KARAYOLU GÜVENLİĞİ – KARAYOLU GEOMETRİK STANDARTLARI İLİŞKİSİ	23
4.1. Karayolu Güvenliği	23
4.2. Trafik Kazaları	23
4.2.1. Kullanıcı İle İlgili Etmenler	24
4.2.2. Yol ve Çevre İle İlgili Etmenler	24
4.2.2.1. Yol Faktörü	24
4.2.2.1.1. Yol Geometrik Tasarımıyla İlgili Faktörler	24
4.2.2.1.2. Trafik Faktörleri	35
4.2.2.2. Çevre Faktörleri	38
4.2.3. Taşıtsal Etmenler	38
4.3. Kavşaklar	39
4.3.1. Eşdüzey Kavşaklar	39
4.3.1.1. Eşdüzey Kavşaklarda Yardımcı Şeritler	41
4.3.1.2. Eşdüzey Kavşaklarda Yönlendirme (Kanallama)	42
4.3.2. Köprülü Kavşaklar	43
4.3.2.1. Köprülü Kavşakların Karayolu Güvenliğine Etkisi	45
4.3.2.2. Köprülü Kavşaklarda Bağlantı Kollarının Karayolu Güvenliğine Etkisi	48
4.3.2.2a. Bağlantı Kolu Türlerinin Karayolu Güvenliğine Etkisi	49
4.3.2.2b. Giriş Bağlantı Kolu	50
4.3.2.2c. Çıkış Bağlantı Kolu	51
4.3.3. Kavşaklardaki Trafik Akımının Karayolu Güvenliğine Etkisi	52
SONUÇ	54
KAYNAKLAR	56
ÖZGEÇMİŞ	58

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1.	İdeal koşullar altında kesiksiz akım kapasiteleri	12
Tablo 3.2.	Hizmet seviyesini belirlemede kullanılan elemanlar	14
Tablo 3.3.	İdeal koşullar altında hizmet seviyeleri	16
Tablo 3.4.	Şerit genişliğinin kapasite üzerinde etkisi	17
Tablo 3.5.	Kısıtlı yan açıklıkların pratik kapasiteye etkisi	18
Tablo 3.6.	İki şeritli yolda kamyon ve otobüslerin otomobil eşdeğerleri	21
Tablo 4.1.	Platformun yol güvenliğine etkisi	25
Tablo 4.2.	Kaplama genişliğinin güvenliğe etkisi	25
Tablo 4.3.	Ağır taşıtların kazaya karışmalarındaki oransal fazlalık	26
Tablo 4.4.	Yolların yüzey özelliklerinin etki alanları	28
Tablo 4.5.	Yatay kurba yarıçaplarının kazalara etkisi	29
Tablo 4.6.	Yatay kurba ve yol genişliğinin kazanç eğrisi	30
Tablo 4.7.	Yetersiz görüş uzunluğu sıklığının kazalara etkisi	32
Tablo 4.8.	Banket genişliğinin kazalara etkisi	33
Tablo 4.9.	Yol boyu yerleşiminin kazalara etkisi	35
Tablo 4.10.	Yan rüzgar etkisi	38
Tablo 4.11.	Hız ve duruş uzunlukları	40
Tablo 4.12.	Kavşaklarda dönüş yarıçapları	41
Tablo 4.13.	Yavaşlama şeridi uzunluğu	41
Tablo 4.14.	Kavşak kaza oranları	46
Tablo 4.15.	Gündüz ve gece akıma göre kaza oranları	49

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Yatay kurbada görüş uzunluğu	5
Şekil 2.2. Geçiş eğrisiz kurbada kuvvet diyagramı	6
Şekil 2.3. Geçiş eğrisi uygulanmış yatay kurba	7
Şekil 2.4. Kurbada taşıta etkiyen kuvvetler	8
Şekil 2.5. Taşıtın yatay kurbada dönüşü	9
Şekil 2.6. Düşey kurbada taşıtın görüş uzunluğu	10
Şekil 3.1. Hız ve hacim ilişkisi	13
Şekil 3.2. Farklı hizmet seviyelerinde işletme hızı ile hacim/kapasite oranı ilişkisi	14
Şekil 3.3. Yavaşlama şeridi	19
Şekil 3.4. Hızlanma şeridi	19
Şekil 4.1. Yol yüzeyinde dalgalanma ve parametreleri	26
Şekil 4.2. Trafik yoğunluğunun güvenliğe etkisi	37
Şekil 4.3. Eşdüzey kavşakta görüş uzunluğu	40
Şekil 4.4. Yardımcı sola dönüş uygulamasında kaza	42
Şekil 4.5. Trompet tipi kavşak	44
Şekil 4.6. İki katlı ve üç katlı Y tipi kavşaklar	44
Şekil 4.7. Çift yönlü Y tipi kavşak	45
Şekil 4.8. Kentsel ve kırsal bölgelerdeki köprülü kavşaklarda kesimlerine göre kaza oranları	47
Şekil 4.9. Baklava tipi kavşak	50
Şekil 4.10. Sol ayırım bağlantı kolu	50
Şekil 4.11. Yonca yaprağı kavşak ve ilmekli bağlantı kolları	52

KARAYOLU GEOMETRİK STANDARTLARI İLE KARAYOLU GÜVENLİĞİ VE KAPASİTESİ İLİŞKİLERİ

ÖZET

Bu çalışmanın konusu, karayolu geometrik standartları ile yol güvenliği ve kapasitesi ilişkileridir.

Birinci bölümde, tezin konusuna giriş yapılmıştır.

İkinci bölümde, yol geometrik standartları tanımlanmış ve bu işlemi yaparken proje hızı, yol geometrik standartlarının ana parametresi olarak kabul edilmiştir. Diğer geometrik standartlar ise yol güvenliğini önemli ölçüde etkileyen yol kesimleri içinde incelenmiştir. Bu yol kesimleri sırasıyla yatay kurbalar, düşey kurbalar olarak tanımlanmış, ayrıca fiziki standart olarak yol yüzey yapısı ele alınmıştır. Geometrik standartları tanımlanırken trafik kazalarıyla doğrudan veya dolaylı ilişkisi olan yol elemanları, bahsedilen yol kesimleri içinde analiz edilmiştir. Kurbalar konusunda, yatay kurbalarda birleştirme eğrilerinin, merkezkaç kuvvetinin sademe etkisini azalttığından, dever uygulaması ve bu sırada aracın maruz kaldığı kuvvetler ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Düşey kurba konusunda da görüş uzunluğu, eğim ve eğim boyundan bahsedilmiş ve bunun sonucunda trafik akımlarında oluşan hız farklılıklarının yolun kapasitesi ve güvenliğine olumsuz etkide bulunduğu belirtilmiştir. Yol yüzey yapısının fren boyu, araç sürüş konforu ve emniyet üzerinde etkileri araştırılmıştır.

Üçüncü bölümde, kapasiteye etki eden etmenler tanımlanmıştır. Bu konuyu açıklayabilmek için öncelikle kapasitenin tanımı yapıp hizmet düzeyiyle ilişkisi açıklanmaya çalışılmıştır. Hizmet düzeyi kavramını açıklarken yolculuk hızı esas faktör olarak alınmıştır. Yolun geometrik standartlarının kapasiteye etkisi araştırılmıştır.

Dördüncü bölümde, geometrik standartların yol güvenliğine olan etkisi çözümlenmeye çalışılmış ve bu konuda geometrik standart olarak yatay kurbalar, düşey kurbalar, banketler ve fiziki standart olarak yol yüzey yapısı ele alınmıştır. Bu bölümde yine kavşakların yol güvenliğine etkisi araştırılıp bu konu üç ana başlık altında toplanmıştır. Bunlar sırasıyla eşdüzey kavşaklar, köprülü kavşaklar ve kavşaklarda trafik akımının yol güvenliğine etkisi olarak tanımlanmıştır.

Son bölümde, yolun güvenliğini ve kapasitesini arttırabilmek için yolda bulunması gereken geometrik standartların ne olması gerektiği konusunda araştırmanın sonuçları yazılmıştır.

ROAD GEOMETRIC STANDARDS WITH RELATIONSHIPS BETWEEN ROAD SAFETY AND CAPACITY

SUMMARY

In the first part, the subject of the thesis has been introduced.

In the second part, road geometric standards have been defined. During the definition it has been accepted that design speed and sight distance are the major parameters of the road geometric standards. The other geometric standards have been studied on road sections which are influencing road safety with a big amount. These road sections have been defined as curvatures and road surface.

During the definition of the geometric standards the relation between traffic accidents and road parameters have been studied. The subject of curvatures have been separated in two different subjects which have been explained as horizontal curvature and vertical curvatures. On curvatures the transition curves have been mentioned. When the vehicle enters the horizontal curvature it will be influenced by sudden sideway acceleration force. So to decrease the sudden influence of sideway acceleration force it has been proved that horizontal curvatures are needed. Especially during superelevation, when the vehicle has been confronted with forces has been studied in detail. Moreover, the drainage subject has been mentioned in relation with superelevation and its problems. The importance of sight distance on vertical curvatures has been studied. Mentioning the slopes and length slopes which are the geometric standards horizontal curvatures and consequently, the speed difference occurring in traffic flow which has a negative influence on capacity and road safety has been defined.

In the third part, the factors influenced the capacity of road have been mentioned. To define road capacity and service level the relation between road capacity and service level has been researched. It has been shown that service level defines the road conditions. Further the road service conditions such as speed and travel capacity, manouvre freedom, road safety, vehicle driving confor and hapiness and service costs have been discussed. But between these mentioned factors some are against the relative values, so during the explanation of service level, travel speed has been taken as the real factor. The relation between speed and volume for the capacity rate has been studied

In the fourth part the geometric factors influence on the road safety has been tried to be solved. First horizontal curvatures have been discussed. It has been taken in consideration that more accidents are happening on horizontal curvatures then straight roads. For this reason it has been emphasised that horizontal curvatures are critical space on the road safety and its geometrical parameters must be defined carefully. And these are horizontal curvature radius and approach velocity.

In the fourth part again, a research on intersections influence on road safety hade been made. This subject was gathered under three main title. Those are intersections, junctions, intersections traffic flow and its effects on road safety.

In the last part, results of the thesis has been given.

1. GİRİŞ

Karayolları, bir ülkenin kalkınması için vazgeçilemeyecek unsurlardan biridir. Yeterli uzunlukta, geometrik ve fiziksel standartları iyi ve ülke geneline dengeli yayılmış bir yol ağının olması, ülkenin sosyal ve ekonomik gelişiminde büyük rol oynar.

Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde kısıtlı parasal imkanlar en etkin şekilde değerlendirilip içinde ulaştırma sektörünün de bulunduğu değişik sektörlerle ait yatırımlar detaylı ve uzun vadeli planlamalara bağlı olarak yapılmalıdır. Bu sebeple yeni bir yolun yapımı veya mevcut bir yolun iyileştirilmesi ile ilgili planlama sırasında, geleceğe ait trafik ihtiyaçlarının en uygun biçimde karşılanması yanında, söz konusu yatırımın o bölge ve tüm ülke için sosyo-ekonomik kalkınmayı teşvik edici, kullanılmayan atıl potansiyeli harekete geçirici ve malzeme, işçilik yönünden mümkün olduğunca ulusal kaynaklara dayalı olması istenir.

Teknolojik gelişmelere paralel olarak ulaşım, günümüzde çok kolay hale gelmiştir. Seyahat ve taşıma ihtiyacından doğan bir zorlama sonucu hızla gelişmekte olan taşıtlar sayesinde ülkeler arasında gününbirlik iş, alışveriş ve turistik amaçlı seyahatlar ve taşımalar normal hale gelmiştir. Fakat olumlu olan bu gelişmelerin olumsuz etkileri çok çabuk görülmüş ve trafik sıkışıklığı her ülke için genel bir sorun haline gelmiştir. [3]

Dünyada 1950'li yıllar ve sonrasında motorlu taşıt sayısında büyük ve hızlı bir artışın gerçekleşmesi, pek çok ülkeyi taşıt trafiğinin olumsuz etkileri ile karşı karşıya bırakmıştır. Uygarlığın gelişimiyle günümüz insanları zaman ve paraya daha fazla önem verir olmuşlar, bir yandan sürat, konfor ve ucuz ulaşımı bir arada isterlerken, diğer yandan bu olanakları veren motorlu taşıt trafiğinin doğurduğu gürültü, hava kirlenmesi ve kazalardan şikayetçi olmaktadır. Ülkemizde de, özellikle 1970'li yıllardan bu yana görülen motorlu taşıt sayısındaki artış ile başta trafik kazaları olmak üzere, taşıt trafiğinden doğan tüm olumsuz sonuçlar önemli bir sorun olarak kendini göstermiştir.

İyi bir yol ağına sahip olmak bir ülkeye birçok faydalar sağlar. Bu faydaları şöyle sıralayabiliriz:

- Yatırımlar lke geneline yayılır ve bölgeler arası sosyo-ekonomik farklılıklar giderilir.
- Taşıma maliyeti düşer.
- Kullanılmayan kaynaklar harekete geçirilir.
- Üretim ve tüketim miktarlarında artış olur.
- İhracatta artış gerçekleşir.
- Kazalar ve kazalardan kaynaklanan zararlar azalır.
- Hem iç hem de dış turizm canlanır.
- Kamu hizmetleri daha etkin olur ve yaygınlaşır.
- lke savunma gücü ve devletin otoritesi artar.

Ulaşım hizmetinin ülkeye sağladığı faydalar incelendiğinde,pek çok ülke, bütçelerinden önemli payları ulaşım yatırımları için ayırmışlardır. Fakat ulaştırma alt yapısı maliyet açısından ülkeleri zor durumda bırakmaktadır.

lkeler bu maliyetleri düşürebilmek için pratikte yol geometrik standartlarını talebe göre karşılamaya çalışmaktadırlar. Bir karayolunun güvenliği ve kapasitesinin düzeyini yüksek tutmak için olması gereken, yol geometrik standartlarının kesintisiz uygulanmasıdır. Fakat gelişmekte olan ülkelerde hem çok yüksek geometrik standartlar kullanıp hem de bunların devamlılığını sağlamak oldukça zordur.

Bu çalışmada da geometrik standartları, tek tek ele almak yerine yolun güvenlik ve kapasite bakımından kritik kesimleri bir arada incelenmiştir. Kritik kesimler, yatay kurbalar, düşey kurbalar , kaplama yüzeyi, banketler ve kavşaklar olarak belirlenmiştir. Burada amaç, sorunun kaynağına özellikle meydana geldiği yerlerde inmektir. Bunu yaparken yol geometrik standartlarının güvenlik ve kapasiteye olan etkisinden önce birbirleriyle olan ilişkileri araştırıldı. Böylece iyi bir yol ağı için gerekli ilişkiler kurulup, belirli optimum değerler ve sonuçlar elde edildi.

2. KARAYOLU GEOMETRİK STANDARTLARI

Bir yol yüzeyi geometrik olarak bir uzay yüzeyidir. Yolu geometrik olarak tanımlamak gerekirse şöyle tanımlanır: Yolun yatay düzlem üzerindeki izdüşümü plan, düşey düzlem üzerindeki izdüşümünün açılımı boykesit, yüzey eğrisine dik ve genellikle topoğrafya özelliklerine bağlı olarak alınan enkesitler. Bu üç karaktere birden yol geometrik karakteristikleri denir.

Yol geometrik standartlarını oluşturan unsurlar; yolun genişliği, yatay ve düşey kurba yarıçapları, deyer, enine ve boyuna eğim, görüş uzunluğu gibi yol öğelerinin geometrik değerleridir. Geometrik standartlar seçilirken belli faktörler ön planda tutulur. Bu faktörlerin başında yolun sınıfı ve proje hızı gelir.

2.1. Yolun Sınıfı

Türkiye’de karayolu ağı genel ve idari yönden sayılabilecek bir sınıflandırma ile üç grupta toplanmaktadır. Bunlar; devlet yolları, il yolları ve köy yollarıdır.

Devlet yolları önemli bölge ve il merkezleri ile, demiryolu, havayolu, denizyolu ulaştırmasına ilişkin istasyon, iskele, liman ve alanları birbirine bağlayan birinci derecede ana yollardır. Bu yollar, standartlarına göre I., II., ve III. sınıf devlet yolları olmak üzere üç gruba ayrılır.

İl yolları, devlet yolları sınıfına girmeyen ve il sınırı içinde kalan ikinci derecede önemli olan yollardır.

Devlet ve il yolları ağlarına girmeyen ve orman yolları dışında kalan bütün yollar da köy yollarını oluşturur.

Ekspres ve otoyollar, büyük hacimdeki trafiğin yüksek bir hızla ve güven içinde akımına olanak vermek amacı ile en son tekniğe göre inşa olunmuş yollardır.

Yolları geometrik ve fiziki standartlarına göre, ekspres ve otoyol, I. Sınıf yol, II. Sınıf yol, III. Sınıf yol ve IV. Sınıf yol olmak üzere beş gruba ayırmak mümkündür.

Trafik miktarı, arazinin topoğrafik özellikleri, trafiğin cinsi yolun sınıfını belirleyen ana özelliklerdir. Bunların yanında zemin durumu, arazi kullanım şekli, iklim koşulları ve hepsinden önemlisi mali olanaklar yol standartlarının seçiminde dikkate değer faktörlerdir.

Trafik miktarı, yolun genişliği yani kaç şeritli olacağı hakkında, trafiğin cinsi uygulanacak olan boyuna eğimin maksimum değeri ile rampa uzunlukları ve minimum kurba yarıçapları gibi hususlarda etkili ana faktörlerdir. Üst yapı projesinde trafik miktarı ve cinsi her ikisi birden dikkate alınır. Hız faktörü ise güvenlikle ilgili ölçülendirmelerde, yani yatay kurbalarda uygulanan deverin miktarı ile görüş uzunluklarında önemlidir.

2.2. Proje Hızı

Güzergah tasarımı yapılırken hızlı taşıtlara maksimum güvenlik içinde yüksek hız yapabilme imkanını sunmak en önemli şartlardan birisidir. Geometrik standartlar belirlenirken proje hızı esas alınır.

Proje hızı; bir yolda başka taşıtların etkisi olmadığı durumda yani tek taşıt halinde, emniyetle elde edilebilecek maksimum hızdır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, diğer taşıtlar sözkonusu değildir. Böyle bir tanımlamadan şu anlam çıkarılır; bu hız ancak trafiğin çok az olduğu pek ender zamanlarda elde edilir. Trafik arttıkça yapılacak hızın da azalacağı açıktır. Dolayısıyla proje hızında olduğu gibi tek taşıt hareketi yerine trafiğin zirve saatleri (peak hour trip) dışında, grup halinde taşıtların hareketi gözönüne alınmış ve temel hız tanımı ortaya çıkmıştır. Şöyle ki temel hız; bir yolda hızlı taşıtların zirve saatler dışında normal olarak gidebilecekleri en büyük hızdır. [7]

Uzun bir yol için, boydan boya ve topoğrafik duruma bağlı olmayan büyük temel hızların seçimi, ekonomik açıdan genelde çok pahalıdır. Bu nedenle, bütün yolun homojenliğini bozmadan, yol üzerinde hareket eden taşıtların, sürücü ve taşıt yönünden optik ve dinamik konforunu korumak koşuluyla, topoğrafik duruma bağlı olarak bazı kesimlerde geometrik standartlar değiştirilerek, o kesimlerde araç hızlarını makul bir oranda azaltma olanağı aranmış ve bu şekilde karşımıza bir referans hız tanımı çıkmıştır.

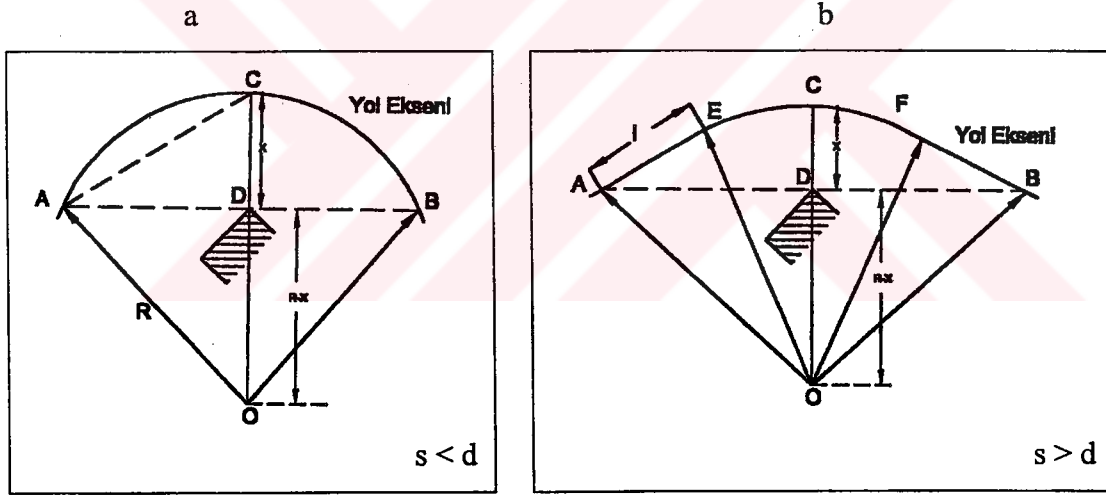
Bir yolda proje hızını geçmemek şartıyla yapılabilecek en büyük hıza işletme hızı denir. Trafik yoğunluğu arttıkça ve geometrik standartlar ile diğer şartlar aynı kaldığı takdirde, o yolda emniyetle yapılabilecek hızın düşeceği açıktır. İşletme hızı bu yönden yolun hizmet düzeyini tanımlamada önemli bir etkindir.

2.2.1. Yatay Kurbalar

Bir yol güzergahı, düz kısımlardan (alinyiman) ve eğri kısımlardan (yatay kurba) oluşur. Eğri kısımlar, düz kısımları birbirine bağlar. Projenin uygulanacağı arazinin topoğrafik koşulları ve güzergahın doğrultusunu değiştirmesi nedeniyle eğri kısımlar yapılmak zorundadır.

Yatay kurbaların tasarımında hız, yarıçap, dever ve enine sürtünme katsayısı ele alınmaktadır. Buna rağmen arazi koşullarının zorlaması sebebiyle hızı sınırlandırarak bu standartlardan fedakarlık edebiliriz. Hız kısıtı, görüş uzaklığı ve yolu kullanan araçların teknik düzeyleri gözönüne alınarak belirlenir.

Yatay kurbada yeterli görüş uzunluğunun temini için görüşü sınırlandıran engel ve yol eksenini arasındaki yanıl açıklık aşağıda hesaplanmıştır. Bu hesaplamada iki durum söz konusudur. Bunlar, kurba uzunluğunun, görüş uzunluğundan büyük ve küçük olması durumlarıdır. (Şekil 2.1a,b)



Şekil 2.1. Yatay kurbada görüş uzunluğu

I.durum: $s < d$ (Gerekli görüş uzunluğu kurba uzunluğundan küçük)

$$AC^2 = AD^2 + x^2$$

$$AC \approx \frac{1}{2} \cdot s \text{ kabul edilerek}$$

$$AD^2 = R^2 - (R-x)^2$$

$$x = \frac{s^2}{8R}$$

$$AC^2 = 2Rx$$

II.durum: $s > d$ (Gerekli görüş uzunluğu kurba uzunluğundan büyük)

$$EF = d \quad l = (s-d)/2$$

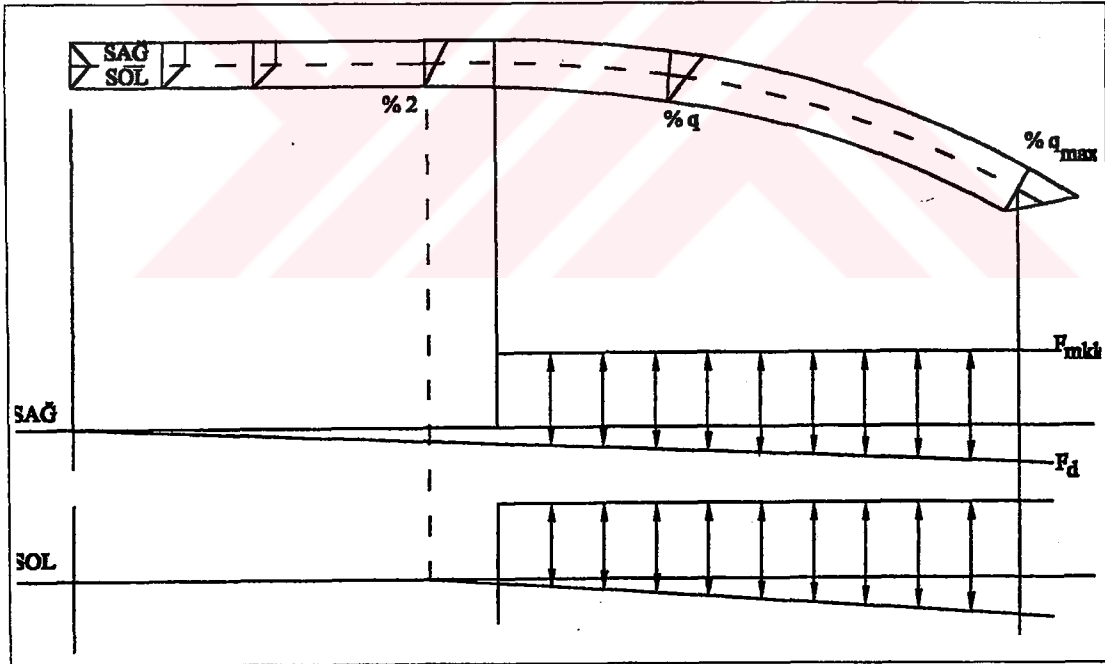
$$AC \approx s/2 \text{ alınarak}$$

$$AC^2 = ((s-d)/2)^2 + 2Rx$$

$$x = (d \cdot (2s-d))/8R$$

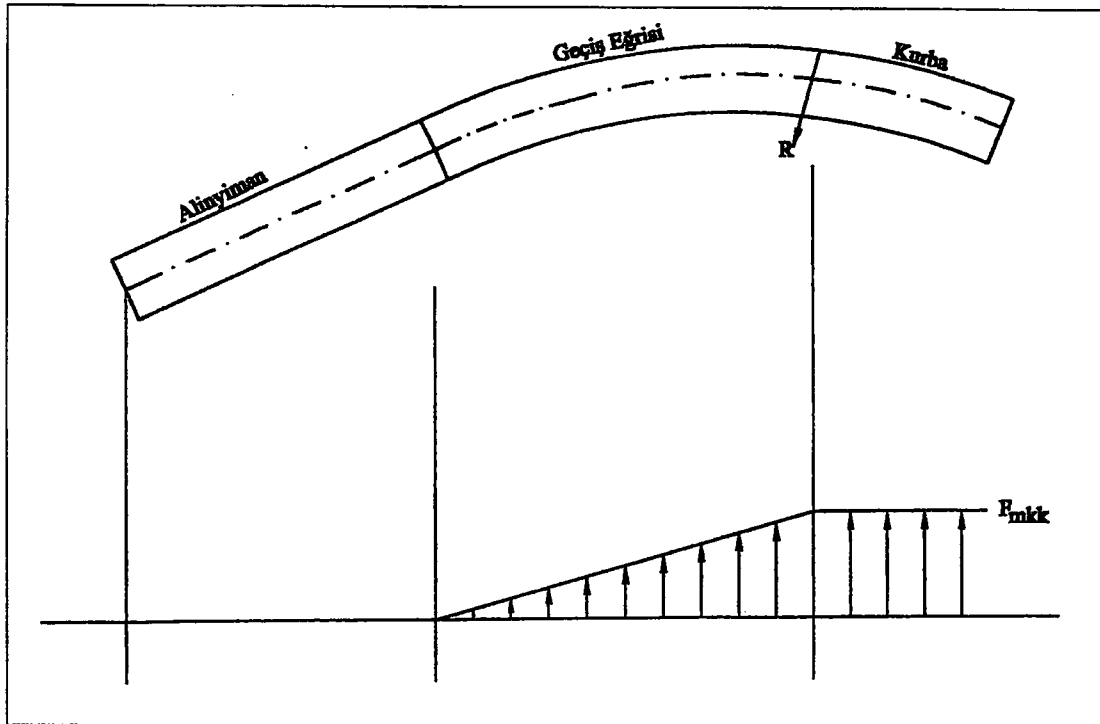
İkinci bağıntıda $d = s$ alınrsa I.durumdaki bağıntı elde edilir. x yanal açıklığının sağlanabilmesi için sabit engel mümkünse geriye çekilir. Engel yarma şevi ise yatıklaştırılır veya kurba yarıçapı büyütülür. Bunlar da sonuç vermezse geçki eksenı kaydırılır, yani ripaj yapılır.

Yatay kurbalarda yolun doğru kesimleri ve eğri kesimleri arasında eğrilik yarıçapı sonsuzdan kurbanın R yarıçapına kadar düzgün, doğrusal değişen geçiş eğrileri kullanılmaktadır. Geçiş eğrisi ardışık kurbaları veya doğru yol parçasının kurba bağlantısını sağlayarak merkezkaç kuvvetinin taşıta aniden etki etmesini önlemek için kullanılır. Yani merkezkaç kuvveti azaltmaz yalnızca merkezkaç kuvvetinin sademe etkisini azaltır. Çünkü doğru kesimde R yarıçapı sonsuz değerdedir ve merkezkaç kuvvet değeri sıfırdır, fakat kurbada merkezkaç kuvvet $F = mV^2/R$ değerine ulaşır. Eğer yolun doğru kesimi ile kurba arasında geçiş eğrisi olmaz da eğrilik yarıçapı birden değişirse (R sonsuzdan R'ye) taşıt üzerine ani bir merkezkaç ($F = 0$ 'dan $F = mV^2/R$) uygulanmış olacaktır. (Şekil 2.2.)



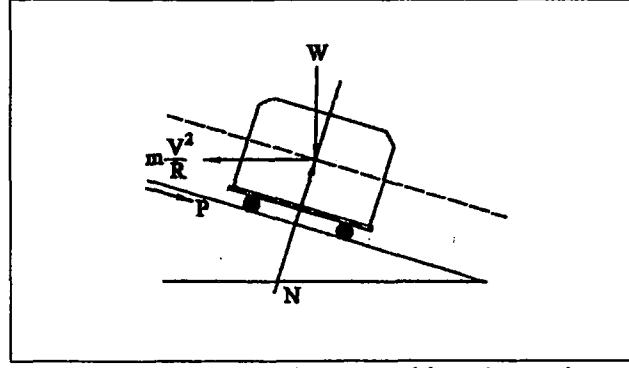
Şekil 2.2. Geçiş eğrisiz kurbada kuvvet diyagramı

Bu nedenle eğrilik yarıçapı R sonsuzdan R'ye doğrusal değişen bir geçiş (birleştirme) eğrisi uygulanmalıdır. (Şekil 2.3.) Böylece merkezkaç kuvvetinin $F = 0$ 'dan başlayıp yavaş yavaş artması sağlanmış ve taşıta ani etki etmesi önlenmiş olur. (Şekil 2.3.)



Şekil 2.3. Geçiş eğrisi uygulanmış yatay kurba

Merkezkaç kuvvetinin bu artan etkisini karşılayabilmek amacıyla dever uygulaması yapılır. Bilindiği gibi dever, kurbanın iç kenarına doğru verilen tek taraflı enine eğim olarak tanımlanır ve merkezkaç kuvveti diye tanımladığımız taşıtı yol dışına doğru savurmaya ve devirmeye çalışan kuvvetin etkisini azaltır. Teorik olarak merkezkaç kuvveti tamamen dever tarafından karşılanabilir, ama bu durum enine eğimi çok yükseltmekle mümkün olur. Eğer dever belirlenen sınırdan fazla olursa düşük hızla giden veya yüksek yük yüklenmiş ağır taşıtlar kurbanın iç kenarına doğru kayma veya devrilme tehlikesiyle karşı karşıya kalabilirler. Fazla deverin bu olumsuz etkisini ortadan kaldırabilmek için dever belirli sınırlarda tutulur. Ama yine de taşıtlar, uygulanan deverin izin verdiği hızdan daha yüksek hızlarda kurbadan geçebilirler. Bu durumda merkezkaç kuvvetinin dever ile karşılanamayan kısmı enine sürtünme kuvvetiyle karşılanır. (Şekil 2.4.)



Şekil 2.4. Kurbada taşıta etkiyen kuvvetler

Enine sürtünme hesaba katılmazsa, yatay kurbada aracın maruz kaldığı merkezkaç kuvveti sadece dever karşılarsa o zaman bir teorik enine eğim tanımı ortaya çıkar ki o da $d = 0.00786 * V_p^2 / R$ formülüyle hesaplanır.

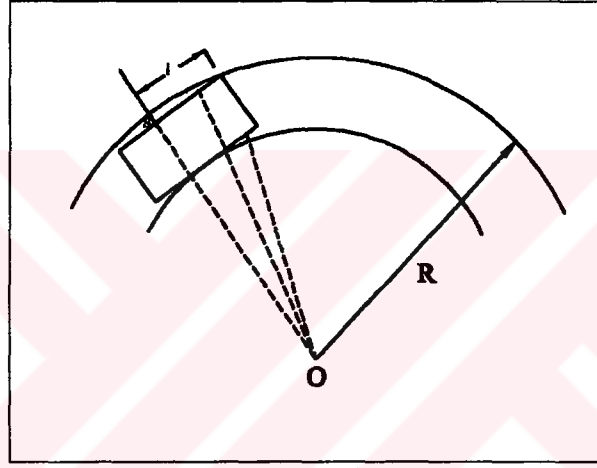
Ama gerçekte merkezkaç kuvvet yalnızca deverle değil, enine sürtünmenin de katkısıyla karşılanır. Ülkemizde dever $d = 0.00443 * V_p^2 / R$ formülüyle hesaplanır. Bağlantıdaki V_p proje hızı (km/saat), R yatay kurba yarıçapı (m) olarak alınır. Dever miktarı (%) olarak bulunur. Dever uygulanacak uzunluk ise $L_d = 0.0354 * V_p^3 / R$ bağıntısıyla hesaplanır. [3]

Alinyimanda dever, sadece suyun akıtılması amacıyla eksene göre iki yana %2 eğim verilerek uygulanır. Ama yatay kurbaya teğet olduğu noktada eksen bir d değerine çıkmaktadır. Yoldaki bu ani eğim farklılığı hem konfor şartı hem de aracın dinamik şartına uymaz. Bu durumda iki şey söz konusudur. Birincisinde yatay kurbaya gereken deverin bir kısmı önceden alinyimanda başlar, yavaş yavaş artırılır ve dever yatay kurbanın başlangıç noktasındaki gerekli değerini kurbanın içinde ulaşır. İkincisinde ise; bir güzergahta alinyimanla yatay kurbadaki dever farkından kaynaklanan teğet noktalarındaki süreksizlikleri gidermek için geçiş eğrileri kullanılır. Böylece dever muntazam ve sürekli artacak, taşıt da yörüngesini sarsıntı ve savrulma olmadan izleyecektir. Güzergah planı Alinyiman + Geçiş Eğrisi + Yatay Kurba olmak üzere üç elemandan oluşur.

Kapasite ve güvenlik bakımından taşıt alinyimanda hangi hızla gidiyorsa, onun yatay kurbada da bu hızı koruyarak gitmesi istenir. Bu durum topoğrafik yapının elverişli olduğu yerlerde problem çıkarmaz. Ama çok engebeli kesimde bu şartı sağlayacak yatay kurba yapımı olanaksız olabilir. O zaman zorunlu olarak yer yer küçük yarıçaplı yatay kurbalar inşa edilir.

Küçük yarıçaplı yatay kurbanın kullanıldığı kısımlarda taşıtların rahat dönebilmesi için kurba genişletilir. Kurba içine giren taşıtın direksiyon döndürme miktarı sabit kaldıkça taşıtın her noktası bir daire çizecektir. Genelde sürücüler yatay kurbada seyrederek yol kenarına yaklaşmaktan çekinmekte ve yolun ortasından gitmektedirler.

Bu durum, iki yönlü bölünmemiş yollarda güvenlik açısından çok tehlikelidir. Bu nedenle küçük yarıçaplı yatay kurbalarda platform genişliği artırılır. Bu genişletme miktarı $b = l/2R$ ile hesaplanır. Burada b , tek şerit için gerekli genişletme miktarı, R , yatay kurbanın eksen yarıçapı, l , taşıtın ön ve arka dingilleri arasındaki mesafedir. (Şekil 2.5.)



Şekil 2.5. Taşıtın yatay kurbada dönüşü

Görülüyor ki yol geometrik standartlarını belli kritik özellikler belirliyor. Örneğin yatay kurba yarıçapını ele alalım. Kurba içindeki yatay görüş olanağı, taşıtların yüksek hızlarda merkezkaç ivme etkisi altında stabilitesi ve uzun taşıtların rahat dönebilme gereksinimi, güzergah planında yatay kurbanın yarıçapını sınırlar. Yani yarıçap yukarıdaki koşulları sağlamayan bir değer alamaz.

2.2.2. Düşey Kurbalar

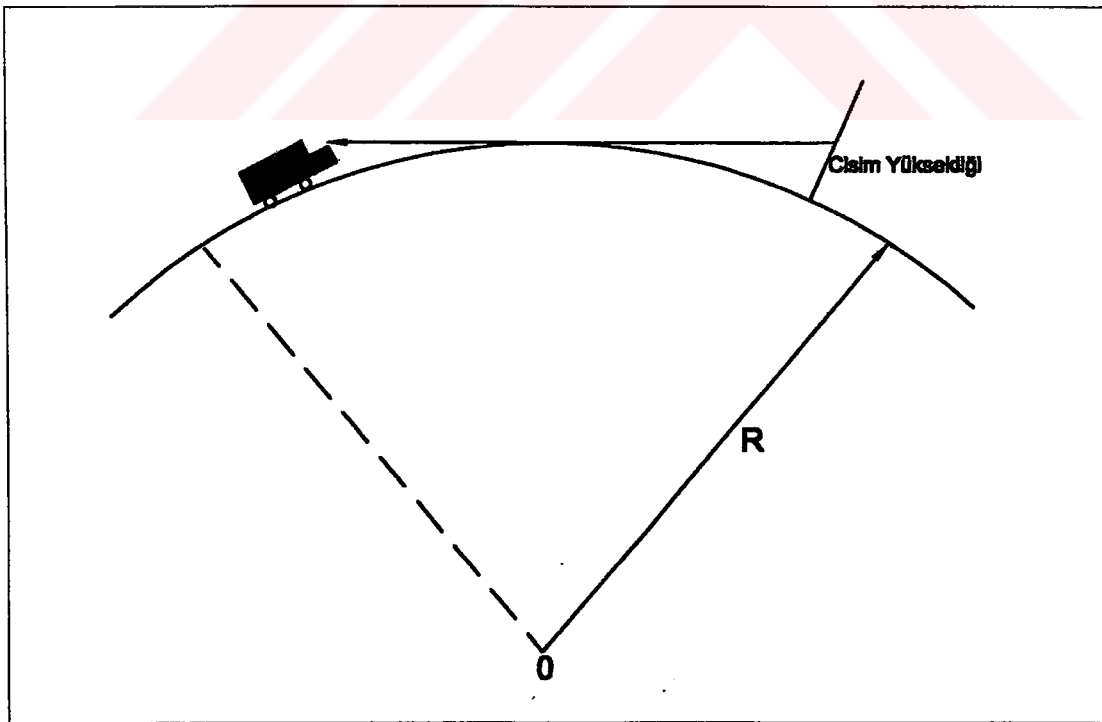
Yol kırmızı çizgisi topoğrafik yapıdan dolayı yer yer eğim değiştirmek zorundadır. Birçok halde görüş uzunluğu kısalmır. Dolayısıyla güvenlik azalır. Buna ek olarak hız da fazla ise ani eğim değişmesinden kaynaklanan düşey ivme ve sarsıntı, yolculuk konforunu düşürür. Bu sakıncaları önlemek için eğimin değiştiği

iki kol arasına uygun düşey kurba tesis edilir. Genellikle düşey kurba hesapları tamamen görüş uzunluğuna göre yapılmaktadır. [8]

Bölünmemiş yollarda, tepe düşey kurba için minimum görüş uzunluğu hesaplanırken akla gelen ilk kriter; sürücünün sollama yaparken karşı yönden gelen taşıtla kafa kafaya gelmeme olasılığıdır. Buna dayanarak tepe düşey kurba uzunluğu en az sollama ile geçiş uzunluğuna eşit alınır.

Bölünmüş yollarda ise dikkat edilen kriter; sadece aynı şeritte çıkabilecek bir engeli farketmedir. Yani yeterli kurba uzunluğu, duruş görüş uzunluğu kadar olmalıdır.

Görüş uzunluğu, sürücülerin algılama, anlama ve tepki sürelerine bağlıdır. Yolu kullanan trafik kompozisyonu da düşey kurbalarda önemlidir. Son zamanlarda araç teknolojilerindeki gelişmeler bizi eğim ve uygulama uzunluklarında rahatlatırsa da taşıtlar arasındaki hız farkları problem olmaya devam etmektedir. Bu nedenle Türkiye Cumhuriyeti Karayolları Genel Müdürlüğü'nün yaptığı yollarda %5'ten yüksek çıkış eğimli yollarda bu hız problemini ortadan kaldırmak için tırmanma şeridi uygulaması yapılmaktadır. [2] (Şekil 2.6.)



Şekil 2.6. Düşey kurbada taşıtın görüş uzunluğu

3. KARAYOLU KAPASİTESİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

3.1.Kapasite ve Hizmet Seviyesi

Kapasite, belli bir zamanda bir yolda (veya şeritte) hakim yol ve trafik koşulları altında geçmesi beklenen maksimum taşıt sayısıdır. Yani maksimum trafik akışı söz konusudur. Her ne kadar kapasite eşittir maksimum akış olarak alınsa da bu tanımlama yeterli değildir. Bir yolun amacı, ne olursa olsun kullanıcılara sadece geçit sağlamak değil, güvenle yapılabilecek uygun bir hız ile seyretmeyi sağlamaktır.

Kapasiteyi açıklamada çeşitli tanımlar kullanılmıştır. Bunlardan en önemlileri teorik kapasite, mümkün kapasite ve pratik kapasitedir.

Teorik kapasite; ideal yol ve trafik koşulları altında bir yol kesiminde (veya şeritte) belli bir sürede geçebilen maksimum yolcu otomobili sayısıdır. (Tablo 3.1.'deki değerler teorik kapasite değerleridir.)

Mümkün kapasite; hakim yol ve trafik koşulları altında bir yol kesiminde (veya şeritte) belli bir sürede geçebilen maksimum taşıt sayısıdır.

Pratik kapasite ise, trafiğin kabul edilemez gecikmelere ve sürücülerin dayanma güçleri dışındaki sınırlanmalarına bağlı olmadan, hakim yol ve trafik koşulları altında bir yol kesiminde (veya şeritte) belli bir sürede geçebilen maksimum taşıt sayısıdır.

Pratik kapasite tanımında belirtilen trafik koşulları göreceli olup bunlar için belirli ölçüler konulması çok zordur. Mesela güvenlik, hız kavramı, sollama fırsatı gibi değerlendirmeler sürücüden sürücüye değişir. Bu belirsizliği en aza indirmek için hizmet seviyesi kavramı kabul edilmiştir.

Bir karayolu kesiminin maksimum kapasitesi her zaman için geçerli olmaz. Bu sapmaların nedeni ise yolun ve trafik özelliklerinin idealden sapmasıdır. O zaman bir yol için her zaman gerçekleşmeyen ideal koşulların neler olduğuna bakmak gerekir. Bunlar:

- a) Kesiksiz akım, yandan taşıt ve yaya müdahalesinin bulunmaması.
- b) Trafik akımı içinde sadece otomobil bulunması.
- c) 3.65m genişliğinde trafik şeridi, yeterli banketler, kaplama kenarından itibaren 1.80m içinde herhangi bir yan engel bulunmaması.

- d) Kırsal bölge karayolları için saatte yaklaşık 110km/saat veya daha fazla hız olanağı sağlayan yatay ve düşey geometri, iki veya üç şeritli karayollarında kısıtlanmamış geçiş görüş uzunluğudur.

İdeal koşullar altında çok şeritli bir yolun kapasitesi şerit başına saatte 2000 otomobil kabul edilir. İki şeritli, iki yönlü bir yolun kapasitesi saatte toplam 2000 otomobildir. Eğer yol üç şeritli, iki yönlü ise ideal koşullar altında kapasite saatte 4000 otomobile yaklaşır. (Tablo 3.1.)

Tablo 3.1. İdeal koşullar altında kesiksiz akım kapasiteleri

KARAYOLU TİPİ	KAPASİTE (Saatte otomobil)	
Çok şeritli	Şerit başına	2000
İki şerit, iki yönlü	Her iki yön için toplam	2000
Üç şerit, iki yönlü	Her iki yön için toplam	4000

Bir yoldaki trafik hacminin, o yolun kapasitesine eşit olması ideal yol ve trafik koşulları altında dahi işletme koşullarının iyi olduğunu göstermez. Bu nedenle bir karayolunun kullanıcıya kabul edilebilir bir hizmet seviyesi sunabilmesi için hizmet hacminin yolun kapasitesinden daha düşük olması gerekir. [4]

Sürücü hacim seviyesinin ne olduğunu bilmez, fakat yüksek hacim seviyesinin uygun bir hız, konfor, rahatlık, ekonomi ve güvenlikle hareket koşullarına yaptığı etkiyi hisseder.

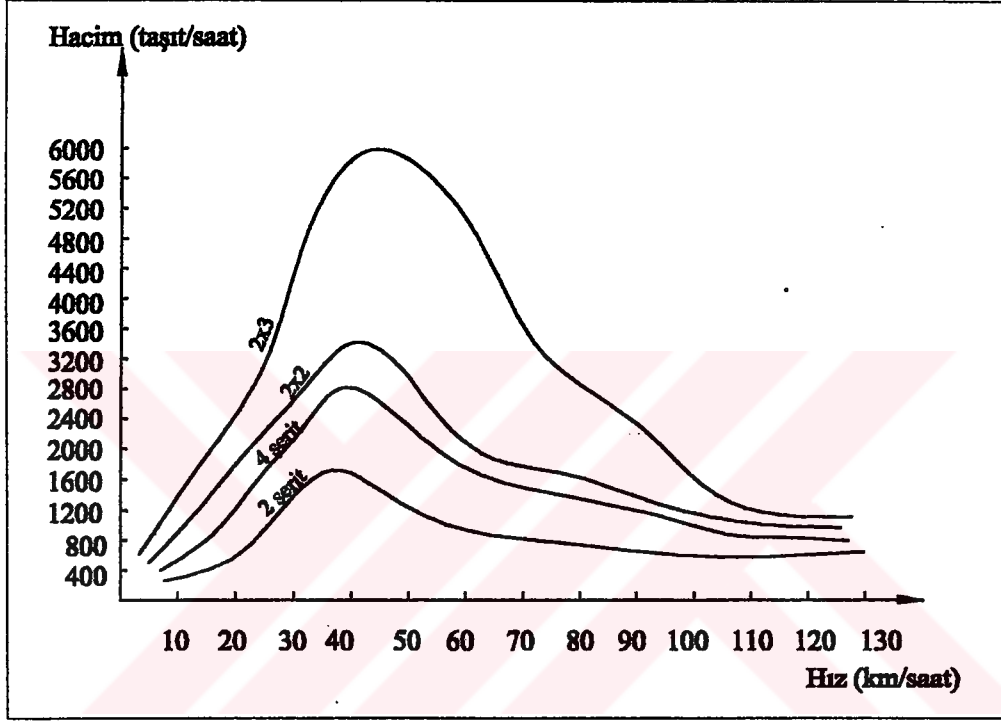
Hizmet seviyesi; hız ve seyahat süresi, trafik kesiklikleri, manevra serbestliği, güvenlik, taşıt sürüş konforu ve huzuru ve işletme masraflarını da içine alan çeşitli faktörlerin etkilerinin kaliteyle ilgili bir ölçüsüdür. Bu faktörleri biraz daha açalım.

- 1- **Hız ve seyahat süresi:** Yalnızca işletme hızını değil, yolun bir kesimini katetmek için geçen toplam yolculuk zamanı da kapsar.
- 2- **Trafik kesiklikleri veya kısıtlamalar:** Kilometre başına duruş sayısı ve bunlardan kaynaklanan gecikme ile trafik akımına ayak uydurmak için gerekli olan hız değiştirmelerinin miktarı, tekrarı ve çabukluğunu da kapsar.
- 3- **Manevra serbestliği:** Arzu edilen işletme hızını koruyabilmek için gereken manevra serbestliğidir.
- 4- **Güvenlik:** Yalnızca kaza oranı değil, potansiyel tehlikeler de bu sınıfa girer.

5- **Sürüş konforu ve huzuru:** Taşıt kullanma konforunu etkileyen yol ve trafik koşullarını kapsar ve yolun sağladığı hizmetin sürücüye uygunluk standardının derecesini gözönünde bulundurur.

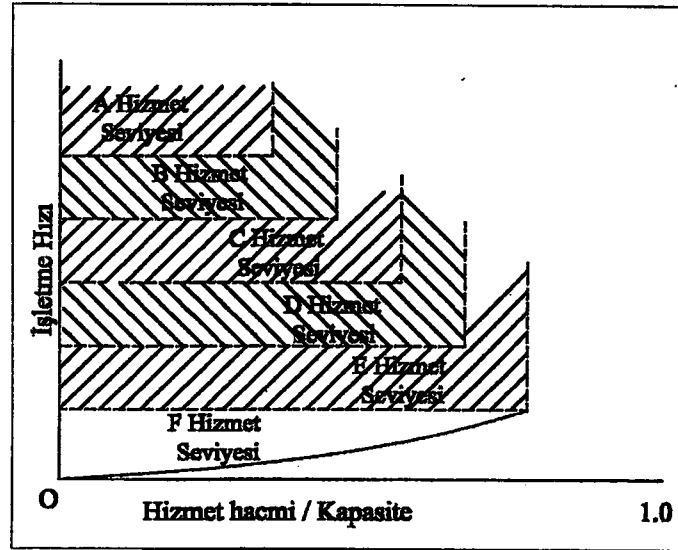
6- **Ekonomi:** Taşıtın karayolu üzerindeki işletme masraflarını kapsar.

Yukarıda anlatılan faktörlerden bazıları izafi bir büyüklüğe sahiptirler. Bundan dolayı bir yolun hizmet seviyesi belirlenirken seyahat hızı ana faktör olur.(Şekil3.1.)



Şekil 3.1. Hız ve hacim ilişkisi

Hizmet seviyesi değerlendirilirken, işletme hızı ile hizmet hacminin teorik kapasiteye oranı esas alınır. İşletme hızı; bir sürücünün verilen bir yol üzerinde, uygun hava ve hakim trafik koşulları altında proje hızını geçmemek koşuluyla sağlayabileceği en yüksek ulaşım hızıdır. Hizmet hacmi ise belli bir süre içinde seçilen hizmet seviyesine eşdeğer işletme koşullarını sağlamaya devam ederken verilen bir yolda (veya şeritte) geçebilen maksimum taşıt sayısıdır. Oranlamanın sonucunda altı adet hizmet seviyesi ortaya çıkmıştır. (Şekil 3.2.)



Şekil 3.2. Farklı hizmet seviyelerinde işletme hızı ile hacim/kapasite oranı ilişkisi

Uygulamada genel olarak hizmet seviyesi belirlenecek yol tipleri şunlardır:

- 1- Otoyollar
- 2- Çok şeritli yollar
- 3- İki ve üç şeritli yollar
- 4- Şehir içi ana caddeleri
- 5- Şehir merkezi caddeleri

Ayrıca hizmet seviyesi kavşak, rampalar ve örülme yerleri gibi noktasal elemanlar içinde belirlenir. Farklı yol tiplerinin hizmet seviyeleri de farklıdır. Bir yol tipinin hizmet seviyesini belirlemek için değişik elemanlardan yararlanılır. Aşağıdaki tabloda bu elemanlar ve yol tipleri görülmektedir. (Tablo 3.2.)

Tablo 3.2. Hizmet seviyesini belirlemede kullanılan elemanlar

Elemanlar	Otoyollar	Çok şeritli yollar	İki ve üç şeritli yollar	Şehir içi Ana caddeleri	Şehir merkezi Caddeleri
Temel elemanlar					
Kesim için işletme hızı					
Ortalama yolculuk hızı					
Hacim/kapasite oranı:					
a) En kritik nokta					
b) Her alt kesim					
c) Bütün kesim					
İlişkili elemanlar					
a) Ortalama yol hızı					
b) Şerit sayısı					
c) Görüş uzunluğu					

A hizmet seviyesinde hacim düşüktür ve yüksek hızlarda serbest trafik akışı geçerlidir. Yoğunluk az olup sürücü, hızını hız sınırları ve yolun fiziksel koşullarına bağlı olarak ayarlar. İşletme hızı genellikle 95 km/saat ve daha yukarıdır. Diğer taşıtların varlığından kaynaklanan manevra yeteneğinde herhangi bir kısıtlama yoktur ve sürücü istediği hızı koruyarak seyredebilir. Yolun trafik hacminin teorik kapasiteye oranı 0,20-0,04 arasında değişir.

B hizmet seviyesinde trafik akışı kararlı ve dengeli olup, işletme hızı az da olsa trafik koşullarından etkilenir. Fakat yine de sürücüler istedikleri hızı ve şeridi uygun ölçüler içerisinde seçebilirler. Hız azalması fazla değildir ve trafik akışındaki kısıtlama ihtimali azdır. İşletme hızı genellikle 80 km/saat ve daha yukarıdır. Trafik hacminin teorik kapasiteye oranı 0,12-0,45 arasında değişir.

C hizmet seviyesi hala kararlı akım bölgesindedir ama sürücülerin hız ve manevra yapma imkanları, diğer taşıtların daha fazla etkisi altındadır. Sürücülerin çoğunun şerit değiştirme ve istedikleri hızı seçmeleri kısıtlanmıştır. Ama genelde tatmin edici bir işletme hızı sağlanabilir. Bu hız 65 km/saat ve daha üstüdür. Yolun geçireceği trafik hacminin teorik kapasiteye oranı 0,12-0,70 arasındadır.

D hizmet seviyesinde her ne kadar kararsız bir trafik akışına yaklaşılmış ve işletme koşullarındaki değişimlerden önemli derecede etkilenilmiş ise de makul bir hız sağlanabilir. Trafik hacmindeki düzensizlikler ve akıştaki geçici kısıtlamalar işletme hızında önemli düşmelere neden olabilirler. Sürücülerin hareket serbestlikleri azdır, konfor ve rahatlık düşüktür. İşletme hızı genellikle 55 km/saat ve daha yukarıdır. Trafik hacminin teorik kapasiteye oranı 0,19-0,85 arasında değişir.

E hizmet seviyesinde trafik akımı kararsızdır ve anlık durmalar meydana gelir. Bu hizmet seviyesi kapasiteye çok yakın bir trafik hacminde çalışır. Hacimdeki dalgalanmalar ve akımdaki geçici kısıtlamalar işletme hızında önemli düşüşlere sebep olabilir. İşletme hızı 50 km/saat civarındadır.

F hizmet seviyesinde ise yolda tıkanmalar mevcut olup trafik akımı dur-kalk şeklindedir. Görüş mesafesi ne olursa olsun işletme hızı 50 km/saat'in üstüne çıkamaz. Trafik hacmi sıfırla kapasite arasında değişir.

Tablo 3.3. İdeal koşullar altında hizmet seviyeleri (K: Kapasite)

Hizmet Seviyesi	2 şerit 4 yön		4 şerit 2 yön	2x2	2x3	
A	Hacim	400	1200	1400	2400	Taşıt/saat
	Hız	95	100	100	100	Km/saat
B	Hacim	900	2000	2000	3500	Taşıt/saat
	Hız	80	90	90	90	Km/saat
C	Hacim	1400	3000	3000	4800	Taşıt/saat
	Hız	65	70	80	80	Km/saat
D	Hacim	1700	3600	3600	5400	Taşıt/saat
	Hız	55	55	65	65	Km/saat
E	Hacim	2000	4000	4000	6000	Taşıt/saat
	Hız	50	50	50-55	50-55	Km/saat
F	Hacim	0 → K	0 → K	0 → K	0 → K	Taşıt/saat
	Hız	50	50	50	50	Km/saat

3.2. Kapasiteyi Etkileyen Faktörler

Kapasite, ideal koşullar altında tanımlanabilen bir kavramdır. Ama bir yolun, tamamında ideal bir yol ve trafik koşullarına sahip olması mümkün değildir. Dolayısıyla kapasitede azalma olacaktır. Bir yolun kapasitesini hesaplayabilmek veya hizmet seviyesini belirleyebilmek için bunları etkileyen faktörlerin bilinmesi ve etkilerinin hesaba katılması gerekir.

Kapasite ve hizmet seviyesini etkileyen bu faktörleri iki gruba ayırabiliriz. Birinci grup yolun geometrisiyle ilgili faktörler, ikinci grup ise trafikle ilgili olan faktörlerdir. Bazı durumlarda iki grup faktörler birbirleriyle ilişkilidir. Mesela, eğer trafik akımında kamyon bulunmuyorsa yolun eğimli kesimleri kapasiteye önemli etki yapmazlar. Bunun tersine kamyonların uzun, dik eğimli kesimlerde kapasiteye etkisi düz kesimlere göre çok daha fazladır.

Bu faktörler kapasite ve hizmet seviyesini olumsuz yönde etkilediklerinden dolayısıyla yollardaki güvenlik derecesini de düşürürler. Trafik miktarını azaltan bu faktörler aynı zamanda büyük bir kaza potansiyeli yaratmaktadır.

3.2.1. Geometrik Faktörler

Bir yol projesinde yer alan fiziksel özelliklerin kapasite ve hizmet hacmi üzerinde etkileri vardır. Bu geometrik faktörler arasında şerit genişliği, yan açıklık, banket genişliği, yardımcı şeritler, geçki, eğim ve yüzey durumu sayılabilir.

a) Şerit Genişliği: İdeal şerit genişliği 3.60m olarak kabul edilir. İki şeritli bir yolda sollama ile geçiş yapan bir taşıt, normal olarak karşı yönden gelen trafiğin kullandığı şeridi, geniş şeritlere göre dar şeritlerde daha uzun süre işgal eder. Dar şeritler, kapasite üzerinde etkili olmasının yanında sürücü konforunu kötü yönde etkiler ve potansiyel tehlikeyi arttırmırlar. Şerit genişliğindeki azalmanın kapasiteye olan etkisi Tablo 3.4.'de verilmiştir.

Tablo 3.4. Şerit genişliğinin kapasite üzerinde etkisi

Şerit genişliği (m)	(3.60m'lik şerit kapasitesinin yüzdesi)	
	İki şeritli karayolu	Çok şeritli karayolu
3,60	100	100
3,30	88	97
3,00	81	91
2,70	76	81

b) Yan Açıklık: Yan açıklık, kaplama kenarıyla yol kenarında bulunan engeller arasındaki mesafedir. Direkler, duvarlar, binalar, yarma şevleri, korkuluk ya da parketmiş araç gibi bu engeller sürücü üzerinde yolda daralma olduğu izlenimi yaratmaktadırlar. Yüksekliği 15cm ve altında olan bordür gibi yan engellerin etkisi trafik akışını önemli ölçüde etkilemezler. Fakat istinad duvarı gibi büyük yüksekliklere sahip yan engellerin kaplama kenarına olan uzaklıkları 1.80m'den az olduğu takdirde trafik akışına etkileri de büyük olur. Bu etkilenme, sürücülerin bunlarla karşılaştıkları ilk anda yüksek düzeydedir. Daha sonra sürücüler bunlara alışabilmektedirler. Yan açıklıkların belli bir standartta olması hizmet seviyesi ve güvenlik açısından çok önemlidir. Yan açıklıkların değişik değerleri için şerit genişlikleri aşağıda Tablo 3.5.'de verilmiştir.

Tablo 3.5. Kısıtlı yan açıklıkların pratik kapasiteye etkisi.

Kaplama kenarı- Engel arasındaki Açıklık (m)	İki şeridin efektif genişliği					
	Engel sadece bir kenarda			Engel her iki kenarda		
	Şerit genişliği			Şerit genişliği		
	3,60m	3,30m	3,00m	3,60m	3,30m	3,00m
1,80	7,20	6,60	6,00	7,20	6,60	6,00
1,20	7,05	6,45	5,88	6,90	6,30	5,76
0,60	6,75	6,18	5,64	6,30	5,79	5,25
0,00	6,30	5,79	5,25	5,40	4,95	4,50

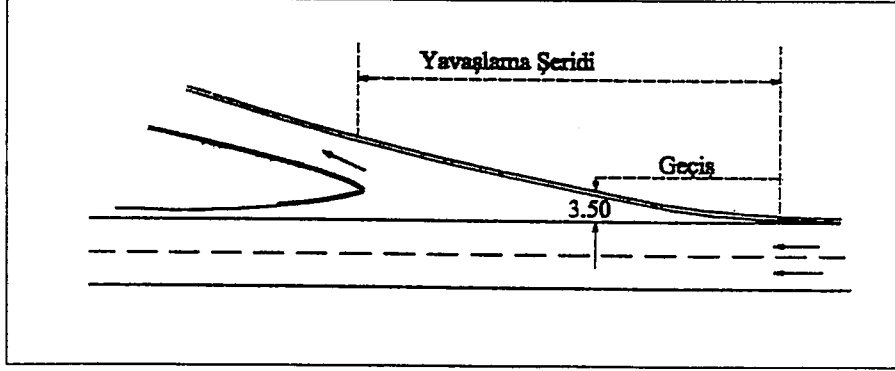
c) Banket Genişliği: Trafik şeritlerinin sağladığı kapasiteyi korumak için yeterli genişlikte banketlerin bulunması gerekir. Yetersiz olmaları durumunda sürücüler yol orta noktasına yakın şekilde yolculuk ederler. Böylece hem trafik şeridinin efektif genişliği azalır hem de arıza sebebiyle bankete bırakılan taşıtlar trafik şeridine taşarlar. Bu tür olumsuz durumlar kapasiteyi de olumsuz yönde etkilerler. Banketlerde genişlik, süreklilik, trafik şeritlerine ve etrafındaki elemanlara benzememek, banket döşemesinin enine eğimi, bordür durumu, drenaj ağız girişlerinin durumu ve banketin kullanılma şekli önemli geometrik etkenlerdir. Banketlerin bu geometrik şekil ve ölçüleri yolun kapasitesini etkilediği gibi güvenlik açısından da önemlidir.

d)Yardımcı Şeritler: Bir yardımcı şerit hız değiştirme, park, örülme, dönüş, dönüş yapan taşıtları depolama, transit trafik akışına yardımcı diğer amaçlar için kullanılan ve platformun transit trafik hareketine ayrılmış kısmına komşu olan parçasıdır. Bu yardımcı şeritler, transit trafik şeritlerinin kapasitesini arttırdığı gibi hizmet kalitesini de iyileştirmek için kullanılırlar.

Platform genişliği ne kadar fazla olursa olsun, kaplama üzerinde park yapılması kapasiteyi olumsuz yönde etkiler. Yol boyunca araçlara park etme olanağı sağlanması zorunlu ise park şeritleri konması, parkın yol kapasitesi üzerinde yapacağı zararlı etkileri büyük ölçüde azaltacaktır. Park şeritleri aynı zamanda arızalanan taşıtlar içinde banket görevi görürler.

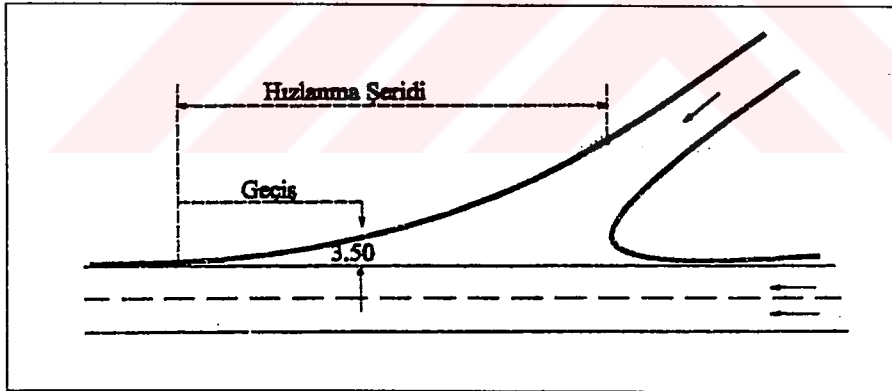
Hız değiştirme şeritlerinin amacı da platform üzerindeki katılımlar, ayrılmalar sırasında araçların trafik akımını etkilemeden hızlanmalarını ve yavaşlamalarını sağlamaktır.

Yavaşlama şeritleri,transit şeritlerden ayrılan taşıtların,bu kaplama üzerindeki işletme hızından yavaşlama şeritindeki hızına rahatlıkla ve güvenle uymaları ya da komşu bağlantı yoluna girmeden önce durması için yavaşlama imkanı sağlar.(Şkl3.3)



Şekil 3.3. Yavaşlama şeridi

Hızlanma şeritleri ise ana yola giren transit şeritlere girmeden önce bu şeritlerdeki normal işletme hızlarına yakın bir hıza çıkmalarına ve transit trafik akımına uyumlu şekilde katılması için açıklık ve boşluklara uyacak şekilde hızlarını ayarlamalarını sağlar. (Şekil 3.4.)



Şekil 3.4. Hızlanma şeridi

d) **Geçki Durumu:** Bir geçki değerlendirilirken iki görüş uzaklığı dikkate alınır. Bunlar, durma görüş uzunluğu ve geçme görüş uzunluğudur. Durma görüş uzunluğu bir aracı verilen bir hızda, yol üzerinde bir cisim görüldükten sonra durdurmak için gereken mesafedir. Geçme görüş uzunluğu, diğer bir taşıtı güvenle ve rahatlıkla geçmek için, geçiş manevrası başladıktan sonra karşı yönden ortaya çıkacak taşıtın hızına etki yapmadan geçmeyi sağlayacak gerekli minimum görüş mesafesidir. Geçki değerlendirmesinde bu iki görüş uzunluğunun tüm geçki boyunca sağlanması istenir.

Çeşitli nedenlerle bu mümkün olmuyorsa, iki şeritli ve üç şeritli yollarda sürücülerin sollayıp geçme olanakları kısıtlanmış olacağından kapasitede azalma olur.

e) **Eğim:** Bir karayolunda eğimli bir kesim, her zaman olmasa bile çoğunlukla görüş mesafesini kısaltır ve bu kısıtlamadan dolayı iki şeritli yollarda geçme manevrasının güvenle yapılabileceği yol uzunluğu oranı düşer.

Taşıt fren mesafeleri düz yol kesimlerine göre, eğim yukarı iken daha az, eğim aşağı iken daha fazladır. Bu nedenle güvenli bir mesafenin korunması için taşıtlar arasında tırmanmada daha az, inişte ise daha fazla mesafe olması gerekir.

Ayrıca yüklü kamyonlar düz yollara göre eğim yukarı yollarda, özellikle uzun ve dik eğimlerde daha yavaş hızla seyrederekler. Bu eğimler otomobilleri kamyonlara oranla daha az etkiler. Yani otomobiller hızlarını bir derece koruyarak seyredebilirler. Kamyonlardaki herhangi bir hız azalması hizmet seviyesini de etkiler. Kamyonlar platform üzerinde otomobillere göre daha fazla alan işgal ettiklerinden trafik akışını azaltır ve kapasiteyi düşürür.

g) **Yüzey Durumu:** Bir karayolunda geometrik standartlar ve görüş uzunluğu yeterli olsa da hızlı ve sürekli bir trafik akışının olabilmesi için yol kaplamasının bozuk olmaması, bakımlı olması gerekir. Aksi takdirde kapasite, konfor ve güvenlik azalacaktır. Bu nedenle yolun sürekli ve hızlı bir trafik akımı sağlaması için sürekli olarak bakım altında tutulması gerekir.

3.2.2. Trafik Faktörleri

Benzer geometrik standartları taşıyan yolların kapasiteleri farklı olabilir. Bunun nedeni yolların taşıdıkları trafik karakterinin farklı oluşudur. Bu konuda etkili olan trafik faktörleri; trafik kompozisyonu, trafik kesiklikleri ve sürücü davranışlarıdır.

a) **Trafik Kompozisyonu:** Trafik akımında, ticari araçlar (kamyon, otobüs v.b.) belli bir eğimden sonra, otomobillere göre yavaş seyrederekler. Bu araçlar için eğimli yerlerde özel tırmanma şeritleri yapılmamış ise yolda bu taşıtların arkasında birikme olur. Bu ağır taşıtların oranı fazlaysa kapasitede önemli düşüşler görülür. Hesaplama otomobil dışındaki taşıtların kapasite üzerindeki etkileri bu taşıtların yolcu otomobiline çevrilmeleri suretiyle dikkate alınır ve yolun kapasitesi yolcu otomobili cinsinden verilir.

Kamyonet, minibüs, jeep gibi araçlar otomobil gibi düşünülür. Ayrıca bisiklet ve motorsikletleri de hesaba katmak gerekir. Bisikletler için yolcu otomobili eşdeğeri 0,2, motorsikletler için 0,5 alınmaktadır.

Otobüs ve kamyonlar için farklı hizmet seviyelerine ve arazi durumuna göre kabul edilen otomobil eşdeğerleri Tablo 3.6.'da verilmiştir.

Tablo 3.6. İki şeritli yolda kamyon ve otobüslerin otomobil eşdeğerleri

Eşdeğer	Hizmet Seviyesi	Otomobil Eşdeğeri		
		Düz Arazi	Dalgali Arazi	Arızalı Arazi
E (Kamyon)	A	3	4	7
	B ve C	2,5	5	10
	D ve E	2	5	12
E (Otobüs)	A, B,C, D, E	2	4	6

b) Trafik Kesiklikleri: Kapasite üzerinde olumsuz etkisi olan trafik kesikliği en çok eşdüzey kavşaklarda görülür. Bu kavşaklar, birden fazla trafik akımının paylaştıkları ortak alanlardır ve trafik akımı ışıklı işaret, sinyalizasyon, trafik polisi, yaya geçitleri ya da trafik işaretine göre durdurulur veya yavaşlatılır. Dolayısıyla kapasitede azalma olacaktır.

c) Sürücü Davranışları: Sürücülerin, karayolundaki ortalama trafik hızına uymamaları, uygun şeritte seyretmemeleri, sık sık şerit değiştirmeleri, duruşlarda kaplamayı terketmemeleri gibi davranışları yolun kapasitesini azaltır.

Kapasite üzerinde etkili olan bu faktörler, yolun kapasitesini azaltıcı etkilerinin yanında yoldaki trafik güvenliğini azaltıcı yani kaza olasılığını artırıcı yönde etki ederler.

3.3. Kapasite Artırıcı Önlemler

Yolların kapasiteleri konusunda çok çeşitli faktörleri göz önüne almak gerekmektedir. Yolun fiziki ve geometrik standartları, trafik akımının hacmi, trafik kompozisyonu ile ilgili faktörlere, yolun bulunduğu yereysel, topoğrafik ve trafik özelliklerini de eklemek ve her yol için ayrı bir kapasite çalışması yapmak gereklidir.

Kapasitede en büyük problem olan zirve saat trafiklerinin mümkün olduğu kadar rahatlatılması ve zamanla artacak trafiğe, belli hizmet seviyelerinde cevap verilmesi gerekir. Pahalı bir yapım gerektirecek yatırımlara girmeden, trafik düzeniyle ilgili kurallar da uygulanmalıdır. Bu kurallardan bazılarını şöyle sıralayabiliriz:

- 1- Park yapma kurallarının benimsenmesi.

- 2- Trafiğin fazla olduğu yerlerde fuar,panayır, bayram yeri gibi çok trafik çekecek kuruluşlara izin verilmemelidir.
- 3- Şehir içi yollarda zirve saatlerde ağır taşıt yasağı getirilmelidir.
- 4- Benzin istasyonlarının yerleri, ara mesafeleri ve servis yolları iyi seçilmelidir.
- 5- Eğer bir yolda iki yönlü trafikten biri çok yoğunsa, o yoldaki az trafiğı, zirve saatlerde daha az önemli bir başka yola vererek, tüm yolu çok trafik için tek yönlü olarak kullanmaya çalışmalıdır.
- 6- Trafik polisini iyi organize etmek ve bu suretle arızalı arabaların yoldan çabuk çekilmesini ve kaza soruşturmalarının çabuk yapılmasını sağlamalıdır.
- 7- Tıkanma tehlikesi olan yoğun trafikli yollarda, radyo, telefon,havadan gözleme ve televizyonun da yardımıyla taşıtların, trafiğı daha az yüklü yollara aktarılmasını sağlamalıdır.
- 8- İki şeritli çift yönlü yollarda, ağır taşıtlar için gerekli tırmanma şeritlerinin yapılması gerekir.
- 9- Trafik eğitimine önem vermeli, sürücü ve yayayı trafik kurallarına iyice alıştırmalıdır.

4. KARAYOLU GÜVENLİĞİ-KARAYOLU GEOMETRİK STANDARTLARI İLİŞKİSİ

4.1. Karayolu Güvenliği

Güvenlikten bahsederken,akla gelen ilk kavram trafik kazasıdır. Kaza olmayan bir yolda güvenlik tamdır. Fakat kazalar oldukça karayolu güvenliği azalacaktır. Trafik kazalarına sebep olan ana unsurlar insan,yol ve taşıttır. Kazaları önlemek için alınan her karar aslında güvenliği artırmak için alınan bir karardır. [9]

Trafik kazası,genel olarak ,ulaşımın ana unsurları olan insan,yol ve taşıt ve bazen çevre koşullarının bir veya birkaçında ya da bu unsurların birbirleriyle etkileşimleri sonucu ortaya çıkan,maddi hasar,yaralanma,ölüm hallerinden biri veya birkaçı ile sonuçlanan olaydır .Genel kazalar kişilere ,kuruluşlara ve topluma maddi ve manevi kayıplar vermekle beraber telafisi olmayan kayıpları da beraberinde getirir.

Karayolu ulaşımı,demiryolu,hava ve deniz ulaşımından farklıdır. Bu üç ulaşımında hareketler önceden belirlenmiştir ve bir merkezi sistem söz konusudur. Bireysel hareketler birinci derecede rol oynamaz. Ama karayolu ulaşımında kullanıcıların davranışları bireysel olup merkezi bir kontrol sisteminin dışındadır. Her taşıt,sürücünün farklı iradesi altındadır. Taşıt sayısı diğer üç ulaşım türüne göre çoktur ve hızla artmakta olup birim taşıt başına düşen yol alanını zaman içinde azaltmaktadır. Bütün bu etkenler karayolu güvenliğini diğer ulaşım türlerine göre olumsuz etkiler ve trafik kazaları kaçınılmaz olur. [9]

Trafik kazaları dünyada her ülkede meydana gelmektedir. Fakat Türkiye açısından bakıldığında dikkatleri çeken bir nokta vardır. Kaza oranı ile ölüm ve yaralanma oranları çok yüksektir. Ülkemizde kişi başına düşen motorlu taşıt sayısı düşük olmasına rağmen kaza oranı, buna bağlı olarak da ölüm oranı, gelişmiş ülkelere nazaran oldukça yüksektir.

4.2. Trafik Kazaları

Trafik kazalarında ortaya çıkan sonuç; ölüm ,yaralanma ve hasardır. Ekonomik açıdan olaya yaklaşıldığında ,ülkemiz için çok büyük kayıp söz konusudur. Kazaları azaltmak için karayollarına düşen görev,yolun tasarım ve inşaatının gerektiği şekilde

planlanmasıdır. Trafik kazalarının ekonomik değerlendirilmesinde kazayla bağlantılı tüm kayıpların toplamı dikkate alınır. Tüm kayıplar hesaplanır ve ortalama değerleri hesaplanır. Bu kayıplar,ölümle doğan yatırım kaybı, yaralanmalarla doğan gelir kaybı,ölüm ve yaralanmalardan doğan olası verim kaybı,yaralanmaların tedavi giderleri,idari ve yasal giderler,taşıt,eşya ve malların hasar tutarlarıdır.

Ölümcül kazaların manevi kayıplarını hesaplama zorluğu olmasına rağmen, yol güvenliğinde artış sağlayacak ve kazaya uğrayanların sayısını azaltacak önlemlerin alınması gereklidir.

Trafik kazalarına neden olan etmenler değişik ve çok sayıda olmasıyla birlikte üç ana grupta toplanabilir.

Kullanıcı , Yol + Çevre , Taşıt

4.2.1. Kullanıcı İle İlgili Etmenler

Karayolunun tasarımı ve taşıt taşıt teknolojisindeki ilerlemeler ne olursa olsun,kullanıcıların yolu yeterli güvenlikte kullanmamaları durumunda, karayolu güvenliği istenilen düzeye erişemez. [9] Kullanıcılar üç türdür: Sürücü,yaya ve yolcu. Bunlar için kazalara neden olabilecek etmenler şunlardır:

- Eğitim Düzeyi
- Yaş,cinsiyet ve fiziksel durum
- Alkol ve benzeri madde etkileri
- Psikolojik durum

4.2.2. Yol ve Çevre İle İlgili Etmenler

4.2.2.1. Yol Faktörü

Yol faktörlerini; yol geometrik tasarımıyla ilgili elemanlar ve yol trafik durumu olarak iki gruba ayırabiliriz.

4.2.2.1.1. Yol Geometrik Tasarımıyla İlgili Faktörler

Bu faktörler; platform, yatay geometri, düşey geometri, banket özellikleridir.

a) Platform Özellikleri:

Bir yolun tek veya çok şeritli oluşu,kavşak içermesi ve şerit sayısı gibi özellikler karayolu güvenliğiyle yakından ilgilidir. Aşağıdaki tabloda bu gibi özelliklere bağlı olarak kaza oranları verilmiştir. (Tablo 4.1.)

Tablo 4.1. Platformun yol güvenliğine etkisi [19]

Platform Özelliği	Kaza Oranı (milyon taşıt-km)
İki Şeritli	1,0
Üç Şeritli	1,5
Dört Şeritli(Bölünmemiş)	0,8
Dört Şeritli(Bölünmüş,eş düzey kavşaklı)	0,65
Dört Şeritli(Bölünmüş,katlı kavşaklı)	0,30
Sekiz Şeritli(Bölünmüş,katlı kavşaklı)	0,30

Kapasite açısından üç şeritli yollar iki şeritli yollara göre tercih edilse de güvenlik açısından en zayıf yollardır. Buna en fazla orta şeridin kullanılmasındaki hatalar sebep olur. Üç şeritli yollar ,trafik hacmi 7000-8000 taşıt/gün değerinin altında ise, zirve saatlerde trafik değişimi fazlaysa,uygun olabilir. Çok şeritli,bölünmüş ve katlı kavşak içeren yollar güvenliğin en yüksek olduğu yollardır.

Kazalarda etkili olan bir başka faktör de kaplama genişliğidir. Kaplama genişliği az olan bölünmemiş yollarda karşılıklı gelen araçların karşılaşmaları sırasında ,araç yan aralıkları ile araç tekerlekleri ve kaplanmamış banket arasındaki aralık güvenli geçiş için yeterli olmayabilir. Dolayısıyla kaplama genişliği azaldıkça,kaza oranı da artmaktadır. Tablo 4.2.'de kaplama genişliğine bağlı olarak kaza oranları görülmektedir.

Tablo 4.2. Kaplama genişliğinin güvenliğe etkisi

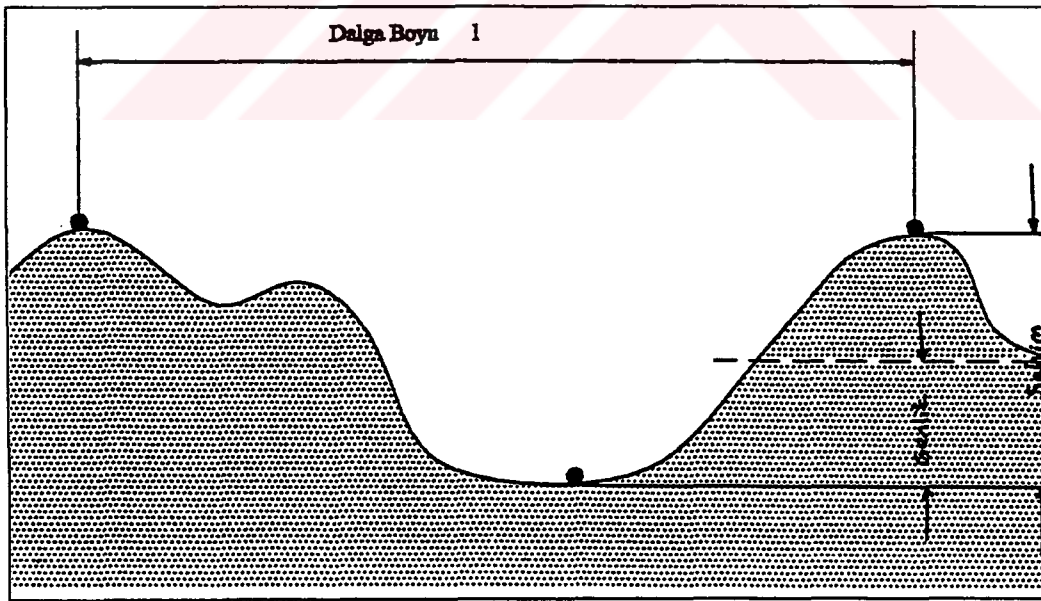
İki Şeritli Yolda Kaplama genişliği (m)	KAZA ORANI (milyon taşıt-km başına)
4,5	2,20
5,0	1,70
5,5	1,40
6,0	1,30
6,5	1,10
7,0	1,05
7,5	1,00

Eğer trafikte ağır taşıt oranı fazlaysa, kaplama genişliği daha fazla önem taşımaktadır. Ağır taşıt sayısının fazla olduğu durumda yolda güvenlik azalmaktadır. Aşağıdaki tabloda farklı yol genişliği için kazaya karışan araçların, kazaya karışan toplam araç sayısına göre oransal fazlalığı görülmektedir. (Tablo 4.3.)

Tablo 4.3. Ağır taşıtların kazaya karışmalarındaki oransal fazlalık [19]

Yol Genişliği (m)	Oransal Fazlalık (%)
6,2	12
6,8	7,4
7,1	2,4
7,3	2,5
8,0	0,1

Karayolu güvenliğinde etkili diğer bir faktör, yol yüzey özellikleridir. Yol yüzey özellikleri yol yüzeyindeki çıkıntıların dalga boylarına bağlı olarak belirtilebilir. (Şekil 4.1.)



Şekil 4.1. Yol yüzeyinde dalgalanma ve parametreleri

Yol yüzey özellikleri, ölçülen dalga boylarına göre iki ana grupta tanımlanabilir. Yol yüzeyindeki dalga boyları 0,50 ile 40 metre arasında değişen girinti ve çıkıntılar geometrik düzgünlük adını alır. Yol yüzeyinde dalga boyları 0,50 metrenin altında

olan girinti ve çıkıntılar pürüzlülük diye adlandırılır. Hem geometrik düzgünlük hem de pürüzlülük yolun güvenli, gürültülü ve taşıt işletme giderleri üzerinde farklı etkilere sahiptir. [5]

Geometrik düzgünlük, kaplama tabakasında kullanılacak malzemenin bileşiminden etkilenmez. Ama kaplamanın yapımı ve bakımı sırasında gösterilecek özen,düzgünlük niteliğini artırır. Yol yüzeyindeki geometrik düzgünlüğün bozulması ise taşıtların durma uzunluğunun uzamasına ve taşıt dengesinin bozulmasına ve dolayısıyla güvenliğin ve konforun azalmasına ,yakıt tüketiminin artmasına neden olur.

Geometrik düzgünlükteki bozulmanın bir etkisi de araç sürücüsünün çabuk yorulmasına ve dikkatinin dağılmasına neden olur. Dolayısıyla kaza olasılığını artırır.

Pürüzlülük, dalga boylarına göre üç gruba ayrılır. Geometrik düzgünlük ile makropürüzlülük arasında geçiş bölgesi oluşturan megapürüzlülüktür. Megapürüzlülüğün dalga boyları 5 cm ile 50 cm arasında kalan girinti ve çıkıntılardır. Yolu kullanan trafik üzerinde sürüş konforunu bozucu bir etki yaratırlar. Dalga boyları 0,5 mm ile 5 cm arasında bulunan girinti ve çıkıntılar makropürüzlülük adını alır. Makropürüzlülük kaplama tabakasında kullanılan agreganın boyutlarına bağlıdır ve yüzeyin su drenaj yeteneğini belirler. Makropürüzlülük arttıkça,yol yüzeyi üzerinde oluşan su filminin drenajı daha hızlı olur. Yolun makropürüzlülüğü ne kadar üst sınırına yakın dalga boyuna sahipse,ıslak yol ve yüksek hızlarda,yolda seyreden kayma ve savrulma riski o derece azalır. Fakat yakıt tüketiminin ,gürültünün ve lastik eskimesinin artmasına sebep olur. Dalga boyu 0,50 mm'nin altında bulunan yüzey girinti ve çıkıntıları mikropürüzlülük adını alır. Mikropürüzlülük yol kaplaması ile tekerlek lastiği arasındaki suyun parçalanmasında, aderansta etkili olur. Cilalanmaya karşı dirençli olan keskin kenarlı agregaların kaplamaya kazandırdığı bir özelliktir.

Tablo 4.4. Yolların yüzey özelliklerinin etki alanları

YÜZEY GEOMETRİSİ	DALGA BOYU ARALIĞI	YOL YÜZEYİNİ İYİLEŞTİRME İMKANI	KULLANICIYA ETKİSİ
BOYUNA PROFİL	40 m'nin üzerinde	Yol üstyapısı altyapı ile beraber yenilenmeli veya onarılmalı	Hız Yakıt tüketimi Optik konfor
GEOMETRİK DÜZGÜNLÜK	0,50-40 m	Yüzey yenileme Kaplama uygulama Kalitesi iyileştirilmeli	Konfor Yakıt tüketimi Taşıt dengesi
MEGA PÜRÜZLÜLÜK	5-50 cm	Kaplama uygulama Kalitesi iyileştirilmeli	Su tutulması Yakıt tüketimi Gürültü Konfor
MAKRO PÜRÜZLÜLÜK	0,5-5 cm	Kaplama bileşimi İyileştirilmeli Sıkıştırma çizerek Pürüzlendirme	Kayganlık Su drenajı Gürültü Yakıt tüketimi Lastik aşınma
MİKRO PÜRÜZLÜLÜK	0,50 mm'den az	Cilalanma Direnci yüksek Agrega seçimi	Kayganlık Lastik aşınması

Geometrik özelliklerinin yanında platformun fiziksel özellikleri de karayolu güvenliği üzerine etkilidir. Sürtünme katsayısı bu etkilerin başında gelir. İri dokulu kaplamalarda taşıt hızı arttıkça kayma sürtünme katsayısındaki azalma, ince dokulu kaplamalara göre daha az olduğundan, yüksek taşıt hızlarına sahip yollarda iri dokulu kaplamaların kullanılması tercih edilir. Kaplamanın kayganlık derecesinde, sahip olduğu normal doku özelliklerinden başka, yol yüzeyinin ıslak veya kuru olması, kar ve buzlanma durumu, temizliği, bitümlü bağlayıcının cins ve miktarı da etkilidir. Belirtilen durumlarda kayma sürtünme katsayısında görülen düşüş, kaza olasılığının artmasına neden olur. Kaplama yüzeyinin kayganlığı, yolun her kesimi için güvenlik bakımından etkili bir faktör olmakla birlikte, kavşaklar, yaya geçitleri, yatay kurbalar ve yüksek iniş eğimli kesimlerde bu özellik daha da önemli olmaktadır.

b) Yatay Geometri Özellikleri

Karayolu yatay geometrisi deyince akla yatay kurba ve alinyiman gelir.

Kurbalar yol geçkisi üzerinde alinyimanları birbirine bağlayan daire yaylarından veya birleştirme eğrilerinden oluşmaktadır. Trafik kazaları düz yollara oranla kurbalarda daha fazla meydana gelmektedir. Bu açıdan karayolu tasarımında işletme hızı bakımından kurbaların geometrik elamanlarının doğru bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Geometrik standartların seçiminde ve uygulamasında bir yanlışlık yapılırsa hem işletme hızı olumsuz yönde etkilenir (düşer) hem de yol kapasitesinde azalma meydana gelir. Karayolu güvenliği açısından kurbaların geometrik standartları mümkün olduğunca yüksek tutulmalıdır.

Yatay kurbalar eğrilik yarıçaplarıyla tanımlanırlar. Kurba yarıçapları proje hızına göre belirlenirler. Araçların, alinyiman üzerindeki hızlarını kurbada da koruyabilmelerini sağlamak için hıza göre yarıçap hesabı yapılır. Yarıçap, kurba üzerinde meydana gelen trafik kazalarının neden olduğu en büyük etkindir. Yarıçap küçülmesi, yatay kurbalardaki kazaların artışına neden olur. Yarıçapı 200 m olan bir yatay kurbadaki kaza oranı 1,0 olarak düşünülürse, farklı yarıçaptaki göreceli kaza oranları aşağıdaki Tablo 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.5. Yatay Kurba Yarıçaplarının Kazalara Etkisi [19]

YATAY KURBA YARIÇAPI (M)	GÖRECELİ KAZA ORANI
2000	1,00
1000-2000	1,25
600-1000	1,40
400-600	1,60
200-300	2,25
100-150	5,40-4,60
<50	10,00

Yatay kurba yarıçapı ile göreceli kaza oranı arasındaki ilişkide kurba yarıçapının 600-700 m’lik değerleri kritik bir değerdir. Bu değerlerin altındaki yarıçapa bağlı olarak karayolu güvenliği hızlı bir şekilde düşmektedir.

Yukarıdaki karşılaştırmaya şerit sayısını da eklersek ve yarıçapı 600 m olan bir yatay kurbadaki kaza oranı 1,0 kabul edersek Tablo 4.6.'daki veriler elde edilir.

Tablo 4.6. Yatay Kurba Ve Yol Genişliğinin Kazanç Eğrisi [19]

YATAY KURBA YARIÇAPI (m)	Göreceli Kaza Oranı				
	İKİ ŞERİTLİ	ÜÇ ŞERİTLİ	Dört Şeritli		
			Bölünmemiş Yol	Bölünmüş Yol	Tırmanma Şeritli Yol
>600	1,00	1,01	1,18	1,12	1,00
600-300	1,52	1,72	1,60	1,50	1,43
300-200	1,72	2,15	2,04	1,93	2,80
<200	2,15	4,50	0,75	4,16	---

Kurba yarıçapı seçiminde geçkinin üzerinde bulunduğu arazinin topoğrafik yapısının etkisi büyüktür. Düz arazilerde alinyimanlar büyük yarıçaplı kurbalarla birleştirilebilirler. Bu bölgelerde görüş uzunluğu yüksek olduğu için hız açısından bir problem olmaz. Dalgalı ve dağlık arazide araç sürmek zordur. Kurbaların yarıçaplarının seçimi zorlaşır ve uygulamasında güçlükler çıkar. Doğal olarak bu problemler yolun maliyetini yakından etkiler. Bu gibi zorluklar karayolcuları, alinyimanları birbirine bağlamak için farklı yöntemlere itmiştir. Mesela büyük yarıçaplı bir kurba yerine farklı yarıçaplara sahip kurba çifti kullanılması gibi. Ama bu yöntem, standardı düşük yollar için geçerli olup, günümüz yolları için güncelliğini yitirmiştir.

Yapılan araştırmalar, karayollarındaki tüm kazaların yaklaşık %12'sinin kurbalarda olduğunu göstermektedir. Kurbalarda meydana gelen kazaların yarısı geniş ve basit doğrultulara sahip kurbalarda, %37'lik bir kısmı bozuk topoğrafya üzerindeki kurbada ve %12'lik bir kısmı da kurbalardaki banket özelliklerinden kaynaklanmaktadır.

Kurbalardaki kazaların oluşumunda merkezkaç kuvvetin etkisi fazladır. Merkezkaç kuvvetin büyüklüğü, taşıtın hızına ve kurbanın yarıçapına bağlıdır. Şayet kurbaya giriş hızı proje hızından çok yüksekse ya da kurba yarıçapı proje hızına göre küçükse merkezkaç kuvvet aracın dengesini bozar ve savrulma veya devrilme söz

konusudur. Özellikle yatay geometride alinyiman ile yatay kurba arasına birleştirme eğrisi konmamışsa, merkezkaç kuvvetin ani etkisinden de söz etmek gerekir. Merkezkaç kuvvetin ani etkisinin şiddetine sademe denir. Sadece konforu düşürür. Birleştirme eğrilerinin görevi ise merkezkaç kuvvetinin etkisini minimuma indirir.

Karayolu üzerinde trafik kazalarına neden olan etkenlerden bir tanesi de yoldaki monotonluktur. Sürücüler alinyimanı fazla olan bir yolda uzun süre seyrettiklerinde, dikkatlerinde dağılma söz konusu olmaktadır. Bu durumda önlerine çıkan ani bir yatay kurbayla karşılaştıklarında gerekli tepkiyi vermekte gecikebilirler. Bunun için belirli bir uzunluktaki yol kısmında, yer alan yatay kurba sayısının artırılması düşünülmektedir. Bu düşüncenin sonucu olarak yol tasarımlarında çok az alinyiman kullanılması hatta hiç kullanılmaması gündeme gelmiştir. Yani yol eksenine yatay kurbalardan ve birleştirme eğrilerinden oluşacaktır. Böylece sürücü monoton bir geçkiden kurtulup sürekli değişen yolla ilgilenmek zorunda kalacaktır. Fakat trafik kazalarının büyük bir kısmı yatay kurbalarda gerçekleşmektedir ve eğriliği fazla olan yol, sürücülerde erken yorgunluğa da neden olabilir.

Güvenlik bakımından karayollarındaki görüş uzunluğu, önemli bir ölçüdür. Bozuk ve dalgalı arazide yeterli görüş uzunluğu sağlanamayabilir. Eğer yol bölünmemiş ise ve yeterli görüş uzunluğu mevcut değilse, kaza kaçınılmaz olmaktadır. Görüş uzunluğu ile proje hızı paralellik göstermek zorundadır.

c) Düşey Geometri Özellikleri

Düşey geometri deyince akla düşey kurba, yolun boyuna eğimi ve görüş uzunluğu akla gelir.

Bir karayolunda farklı boyuna eğimleri birleştiren düşey kurbalardaki görüş uzunluğu karayolu güvenliği açısından çok önemlidir. Özellikle yatay kurba ile düşey kurbaların çakıştıkları kesimlerde görüş uzunluğu yetersiz ise kazalar bu kesimde fazlalaşır. Kazaların çeşidi ise daha çok önden çarpışma ve arkadan çarpma şeklinde olmaktadır. Bir yolda görüş uzunluğunun yetersiz olduğu kesim sayısı arttıkça sürücüler bu duruma daha kolay uyum sağlarlar ve hızlarını azaltma eğilimlerine giderler. Dolayısıyla kaza yapma oranı da düşer.(Tablo 4.7.)

Tablo 4.7. Yetersiz görüş uzunluğu sıklığının kazalara etkisi

Yetersiz görüş uzunluğu Sayısı (km başına)	KAZA ORANI (milyon taşıt km başına)
<0,5	2,19
1,0	2,56
1,5	2,37
2-2,95	2,00
3	1,75

Kısacası bir karayolunda güvenliği sağlamak için olması gereken şartların başında yeterli görüş uzunluğu gelir. Yani yatay ve düşey kurbaların yarıçapları uygun olacak, görüşü sınırlandıran engeller olmayacak. Örneğin dere düşey kurbaların bulunduğu kesime bir üst geçit yapmak görüşü olumsuz etkiler.

Karayolu güvenliğini etkileyen bir başka özellik ise boyuna eğimdir. Boyuna eğimin yüksek olduğu yerlerdeki kazalar, iniş eğimli yolda eğim uzunluğu fazla ise taşıt hızındaki artma ile yoldan çıkma, çıkış eğimli yolda ise duran veya yavaş seyreden bir araç sollarken karşı yönde gelen bir araçla çarpışma şeklindedir.

Yapılan istatistikler sonucunda iniş eğimli yolda meydana gelen kazaların oranının çıkış eğimli yolda meydana gelen kazaların oranından daha fazla olduğu görülmüştür. Sonuç olarak boyuna eğim değeri arttıkça kaza oranı da artıyor diyebiliriz.

d) Banket Özellikleri

Banket, karayolu üzerindeki kaplamaya bitişik ve her iki tarafta kaplama kenarı ve dolgu sevi ya da yarma hendeği arasında kalan bölümdür. Banket tasarımında bu iki değer göz önüne alınır. Banket genişliği, kullanılan yolun geometrik standardına göre farklı değerler alırlar. Özellikle bozulan araçların kolaylıkla sığınabilecek bir yer bulabilmesi bakımından önemlidir. Dolayısıyla, bozulan araç mevcut trafik akışını engellemez ve kaza olasılığı olmaz.

Banket genişliği, özellikle geçkisi zor ve görüş uzunluğu kısıtlı olan yollarda yeterli boyutta olmalıdır. Bu kesimlerde banketler emniyet şeridi görevi görüp, trafik akışının güvenli ve kesiksiz olmasını sağlar. Ayrıca yatay kurbalarda uzun ve büyük araçların ön arka tekerleklerinin şerit dışına taşmasından doğacak tehlikeleri de giderirler. Yine yatay kurbalarda merkezkaç kuvvetinin tam karşılanamadığı

durumlarda araçların, savruldukları zaman yol dışına çıkmaları ve herhangi bir engele çarpmaları veya devrilmeleri, banketler tarafından önlenir.

Banket genişliğinin yeterli olmadığı durumlarda, karayolu güvenliğinde azalma olmaktadır. Hızla seyreden bir aracın bu hızla genişliği az bankete girdiğinde, yol üzerinde kalması güçleşir. Ayrıca yol kenarında durdurulan araçlar, banket genişliğinin yetersiz olması durumunda, trafiğin aktığı şeridin daralmasına sebep olur.

3,0m'lik banket genişliği için göreceli kaza oranı 1,0 olarak kabul edilirse, genişlik azalmasının kazalara etkisi aşağıdaki Tablo 4.8'de gösterilmektedir.

Tablo 4.8. Banket Genişliğinin Kazalara Etkisi [19]

BANKET GENİŞLİĞİ	GÖRECELİ KAZA ORANI
3,0	1,0
2,5	1,1
2,0	1,2
1,5	1,4
1,0	1,7
0,5	2,2

Banketler yol kaplamasında kullanılan malzeme açısından da farklıdırlar. Kullanılan farklı malzeme nedeniyle kaplamadan ayrı bir renge ve ayrı bir sürtünme katsayısına sahiptir. Dolayısıyla farkı renge sahip banketler yoldan ayırt edilerek sürücülerin yolu daha iyi takip etmeleri sağlanır. Kaplamadan daha büyük bir sürtünme katsayısına sahip olması ise tehlike anında aracın güvenli durmasını sağlar. Ayrıca sürtünme katsayısı farkından dolayı pürüzlülüğü farklıdır ve banket yüzeyinin tekerleklerle temasından dolayı vereceği ses farklı olacaktır. Bu sayede sürücüler renk ayrımı olmayan veya görülemeyen banketlerde ses farkından dolayı yolun dışına çıktıklarını farkedebilirler.

Banketlerin enine eğimi kaplamanın enine eğiminden daha fazladır. Bunun nedeni ise; banket yapımında kullanılan malzeme kaplama malzemesinden daha geçirimlidir. Dolayısıyla yağışlı havalarda kaplamaya göre daha çok su geçişi

olmaması için hem de kaplamadan ayırt edilmesi için enine eğimi daha çoktur. Banketler aynı zamanda kaplama tabakasına destek olup kaplamanın dağılıp bozulmasını engeller.

Yukarıda anlatılan faktörler dışında güvenlik üzerine etkili olan diğer faktörler de vardır. Bunlar orta refüj özelliği, yol kenarı özelliği ve trafik kontrol özelliğidir.

Bir yolda orta refüj yapılması karayolu güvenliği üzerine olumlu etki yapmaktadır. Orta refüj sayesinde karşı yönden gelen araçların far ışıkları engellenir ve karşı yöne araç geçişi önlenmiş olur. Refüj genişliği, güvenliği etkileyen ana faktördür. Trafik akışının çok olduğu yollarda en düşük genişlik 5,0m olarak kabul edilmektedir. ABD'de 6,0m, Kanada'da 7,2m olarak belirlenmiştir. Refüj genişliğinin 5,0m'den daha büyük olması durumunda trafik kazalarında bir azalma gerçekleştiği yapılan araştırmalar sonucu görülmüştür. Orta refüj genişletme imkanı yoksa refüj üzerine bariyer konularak güvenliği artırıcı önlem alınabilir. Dolayısıyla araç orta refüjü aşip karşı yöne geçemez.

Karayolu güvenliğini etkileyen yol kenarı elemanları şev, hendek, korkuluk, yol boyu yerleşim, bisiklet yolu, eşdüzey kavşakları sayabiliriz. Normal seyreden bir araç herhangi bir nedenle yol dışına çıkarsa sürücü tarafından kontrolün tekrar sağlanmasında şev ve hendek özelliklerinin önemi büyüktür. Şevin eğimi azaldıkça ve hendek taban genişliği arttıkça güvenlik de artmaktadır.

Araçların yol dışına çıkarak yaptıkları kazalarda etkili ana faktör yol kenarında bulunan sabit cisimlerdir. Yol boyunca banket, şev ve hendek yakınlarında sabit engel bulunmamasına dikkat edilmesi, direk ve diğer cisimlerin ise kendisine çarpan araca zarar vermeyecek malzemeden yapılması güvenlik yönünden önemlidir. Yol kenarında kaldırılması mümkün olmayan engel varsa bu kesimlere korkuluk yerleştirilir. [2]

Yol güvenliğinde yol boyu yerleşimin de büyük etkisi vardır. Yerleşimin olduğu yerde ana yola katılma ve ayrılma noktaları olacaktır. Yerleşim oranı arttıkça ayrılma ve katılma noktaları, kavşak sayısı artacağından kaza yapma olasılığı da artacaktır. Yol boyu yerleşiminin ana yola olan uzaklığı güvenlik açısından önemlidir. (Tablo 4.9.)

Tablo 4.9. Yol boyu yerleşimin kazalara etkisi [19]

Yerleşim bölgesinin Anayola uzaklığı (m)	Göreceli kaza oranı
<200	2,00
200-600	1,50
600-1000	1,20

Ana yollar genellikle yerleşim bölgesinin uzağından geçirilir. Bu mümkün olmuyorsa yerleşim yerinin trafiği için toplama yolları yapılması, yayalar için alt ve üst geçit, yaya kaldırımı yapılması ve iyi bir aydınlatmanın sağlanması gereklidir.

Eşdüzey kavşakların bulunduğu noktalarda yol güvenliğinde bir azalma söz konusudur. Bu noktalarda meydana gelen kazalarda, kavşağa birleşen yol sayısı, görüş koşulları, yolların birleşme şekilleri, kavşaktaki trafik cinsi, miktarı ve trafiğin kontrol edilme yöntemleri etkilidir. [17]

Bisiklet yollarının varlığı da karayolu güvenliği üzerinde olumlu etki yapmıştır. Şöyle ki bu yolların yapılmasıyla motorlu araç ile bisiklet çarpışması ve bisikletin varlığından dolayı iki motorlu aracın kaza yapma olasılığı büyük ölçüde ortadan kalkmıştır.

Trafik kontrolünün iyi bir şekilde yapılması karayolu güvenliğini artırıcı etki yapmaktadır. İyi bir yol aydınlatması, çizgi ve işaretler, levha işaretleri ve sinyaller yeterli derecede olduğu takdirde trafik kazalarının olma olasılığı düşmektedir. Gece yolculuğu, gündüz yolculuğundan daha düşük olmasına rağmen kazaların büyük bir kısmı gece vakti gerçekleşmektedir. Bunun için alınabilecek önlemlerin başında iyi bir aydınlatmanın sağlanması gelmektedir. Aydınlatma yol boyunca düzenli olmalıdır. Özellikle kavşaklarda, yaya geçitlerinde aydınlatma çok daha önemlidir. Aydınlatmanın yanında buralarda trafik sinyalizasyon uygulaması da güvenlik açısından önemlidir. Bunların yanında yoldaki eksen ve kenar çizgileri, levhalar, yol kenarındaki yardımcı direkler gibi faktörler de sürücüleri yönlendirir ve trafik güvenliğini etkilerler.

4.2.2.1.2. Trafik Faktörleri

Karayolu güvenliği üzerinde etkili olan trafik faktörleri trafik yoğunluğu, taşıt kompozisyonu, trafikteki hız gibi özelliklerdir.

a) Trafik Yoğunluğu

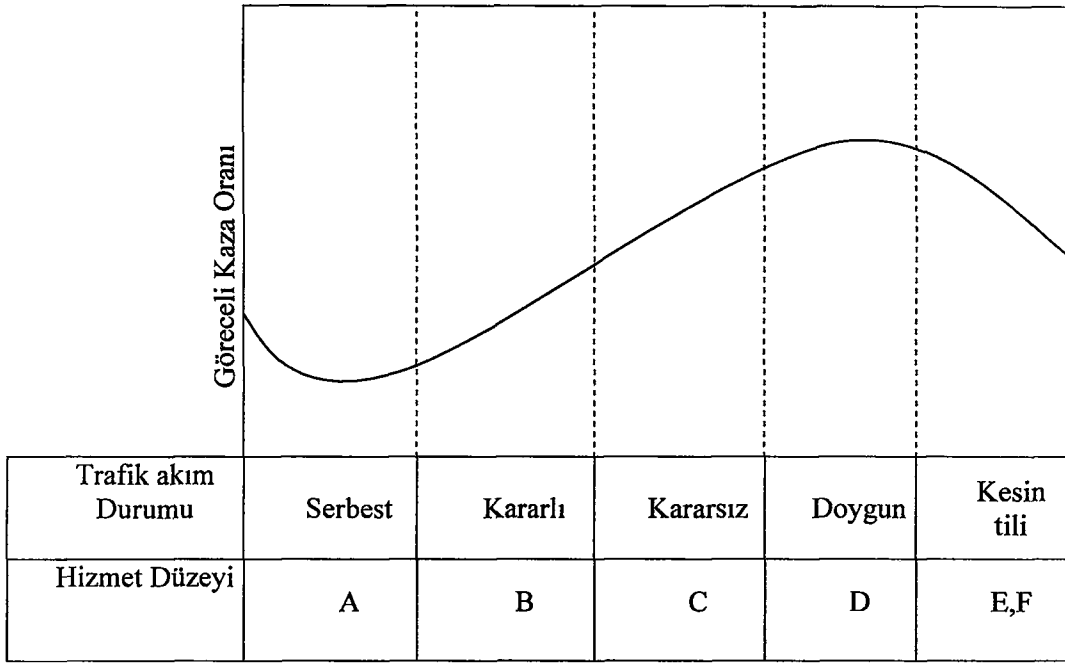
Trafik yoğunluğu, herhangi bir anda yolun birim uzunluğundaki araç sayısı olup, trafikteki akış hızını, akış koşullarını ve sürücülerin davranışlarını etkiler. Yoğunluğun küçük olduğu zamanlarda sürücülerin davranışları serbesttir. Yani her sürücü hızını ve davranışını kişisel olarak belirleyebilir. Diğer taşıtlardan etkilenmez. Yoğunluk miktarı düşük olan bu koşullarda güvenlik görüş uzunluğu az olan kurbalarda, yağışlı havalarda yolun ıslak ve kaygan olduğu durumlarda düşmektedir. Sürücüler yüksek hızla seyrederken kötü yol koşullarını farketmek ve tepki göstermekte gecikmektedirler. Dolayısıyla kaza olasılığı artmaktadır.

Yoğunluk artmaya başlayınca sürücüler diğer taşıtlardan etkilenmeye başlarlar. Daha önce serbest hareket eden sürücüler yoğunluğun artmasıyla birlikte önlerindeki yavaş seyreden araçları geçmek isterler ama karşı yönden de gelen araç sayısının fazlalığından dolayı önündeki aracı geçme olanağı sınırlanır. Öndeki taşıtı geçmek için bekleme süresi artar, hızı da düşer ve gruplaşmalar oluşur. Dolayısıyla güvenlik azalır.

Trafik hacmi biraz daha artınca kararsız akış şartları geçerli olur ve öndeki araçları geçme imkanı daralır. Karayolu güvenliği önceki duruma göre daha azalır.

Yoğunluğun doymuş akış koşullarına ulaşması durumunda trafik hızı daha da azalır ve güvenlik en alt seviyeye gelir. Meydana gelen kazalar daha çok arkadan çarpma şeklindedir.

Trafik hacminde artış devam ettiği takdirde kesikli akım şartları geçerli olur. Trafik akışı sık sık, kısa ve uzun duraklamalara uğrar. Öndeki aracı geçebilme olanağı olmadığından ve hız daha da azaldığından trafik kazasında azalma görülür. Trafik yoğunluğunun değişimine bağlı olarak yol güvenliğindeki değişim aşağıdaki şekilde görülmektedir. (Şekil 4.2.)



Şekil 4.2. Trafik Yoğunluğunun Güvenliğe Etkisi [19]

b) Trafik Hızındaki Değişmeler

Bir karayolu boyunca sürücüler aynı hızla seyrederler. Kurbalarda, kavşaklarda, yerleşim bölgelerinde hızlarını azaltmaları gerekir. Bu hız değişiminin uygun bir ivmeyle yapılması gerekir. Kısa mesafelerde yapılan yavaşlamalar, ani ve sert frenlemeler kazaların gerçekleşme nedenleri içinde yer alır.

Hız azaltımının uygun bir ivmeyle gerçekleşmesini sağlamak için hız sınırlaması olan kesimlere gelmeden önce yeterli uzaklıkta ve yeterli sayıda uyarı işaretlerinin bulunması gereklidir.

c) Taşıt Kompozisyonu

Trafikte seyreden ağır taşıtların, özellikle kamyonların oranı arttıkça karayolundaki güvenlik de azalmaktadır. Bunun sebebi ise ağır taşıtların hızları otomobillere göre daha düşüktür, boyutları ve manevra yetenekleriyle karayolundaki trafik hızındaki sürekliliği bozarlar. Dolayısıyla araçlar arasında hız farkları belirginleşir. Sollama yapma isteği artacağından kaza olasılığı artar.

Ağır taşıt oranı yüksek olan bir karayolunda banket genişliği düşükse, bu taşıtlar herhangi bir nedenle yol kenarında durdurulursa trafik akışını nisbeten azaltırlar ve dolayısıyla güvenlik azalır.

4.2.2.2. Çevre Faktörleri

Yol güvenliği üzerinde en etkili çevre faktörü meteorolojik koşullardır. Hava­ların sisli olduğu zamanlarda görüş uzunluğu kısaldığından karayolu güvenliği azalır. Taşıt hızının yüksek olması durumunda öndeki taşıta çarpma olasılığı artar. Yoldaki işaretlemeler yetersiz ise araç yoldan çıkabilir.

Karlı ve yağmurlu havalarda ise hem görüş uzunluğu azalır hem de kaplama yüzeyinin kayma sürtünme katsayısı küçülür. Dolayısıyla fren mesafesi artar. Bu durum ise kaza yapma olasılığını artırır.

Önemli meteorolojik koşullardan biri de rüzgardır. Yandan alınan rüzgar sürücülerin araç kontrollerini zorlaştırır. Yandan alınan rüzgarlar için en kritik yol kesimleri yüksek dolgular, köprü girişleri, yarmadan dolguya geçiş noktaları ve yatay kurbalardır.

Tablo 4.10. Yan Rüzgar Etkisi

Taşıt hızı (km/st)	Yan Rüzgar Hızı (m/sn)
60-80	15
100	10
120	5

4.2.3. Taşıtsal Etmenler

Bir trafik akımında ne kadar çok eskimiş ve yıpranmış eski model araç varsa karayolu güvenliği o derece olumsuz etkilenir. Alınabilecek en iyi önlemlerden biri, trafikteki araçların yeni olmasının sağlanması ve sürekli bakım altında tutulmasıdır. Böylece araçların teknik arızalarından kaynaklanan kazalar azalmış olur.

Araçların birbirinden farklı özellikleri vardır. Frenleme, savrulma ve kaymaya karşı dayanımı, yol tutma, hız yapma, hızlanma ve yavaşlama yetenekleri her araçta farklıdır. [14]

Araçların fren özellikleri, meydana gelen kazalar arasında önemli bir yere sahiptir. Bir frenlemede araç, insan ve yolun birlikte davranışı sözkonusudur. Frenleme anında aracın kinetik enerjisi fren izine dönüşür, tekerlekler dönmez, kayma hareketi başlar. Bu yavaşlama hareketi (ivmesi) ne kadar çabuk olursa hem araç güvenliği hem de yol güvenliği daha iyi sağlanır.

Araçlar için önemli olan bir faktör de yol tutma özelliğidir. Yüksek hızla giden araçlarda yol tutma zorlaştığından, aracın kontrolden çıkması ve dengesini kaybetmesi daha kolaydır. Aşırı hızdan dolayı kinetik enerji fazlalığı çarpışma anında kazanın şiddetini artırır.

4.3. Kavşaklar

Kavşaklar, farklı yönlerden gelen trafiğin buluştuğu noktalardır. Karayolu güvenliği için kavşakların önemi büyüktür. Çünkü farklı yöndeki trafik akımlarının kesiştiği noktalar olup, sürücülerin hareket serbestliğini daraltırlar. Kavşak planlaması yaparken dikkat edilmesi gereken kurallar vardır. Bir kavşak, farklı yönde gelen araçların kaza yapmalarını önlemeli, trafik engellemelerini minimuma indirerek sürücülerin zamanını almamalı ve her yöndeki trafiğe yeterli akış vermelidir.

Kavşaklar, trafik hacmi ve yapılış şekillerine göre eşdüzey kavşaklar ve katlı kavşaklar diye iki gruba ayrılırlar.

4.3.1. Eşdüzey Kavşaklar

Eşdüzey kavşaklar, farklı yönlerden gelen araçların ortak kullanım alanlarıdır. Trafik kazalarının büyük bir kısmı bu noktalarda olmaktadır. Bu kazaları azaltmak için kavşaklar ve yaklaşma kolları sürücülerin rahatça geçmeleri için uygun geometrik karakterde olmalı. Eşdüzey kavşağa yaklaşan bir sürücü kavşağın geometrik yapısını rahatça çözümleyebilmeli, doğru manevraya kolaylıkla karar verebilmeli ve hareketini sürdürebilmelidir. Ayrıca bir karayolunda sürücü için gerekli algılama, tepki ve durma süresi, bu zaman içerisinde aldığı yolu dikkate almak, kavşakları değerlendirebilmek için önemlidir.

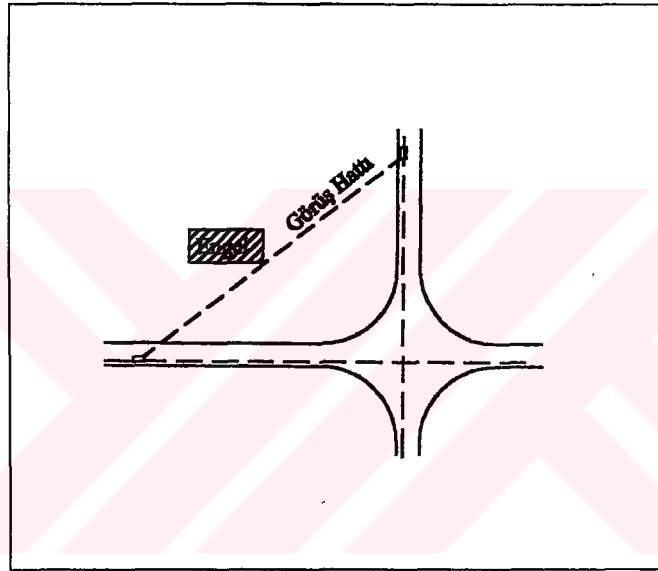
Eşdüzey kavşaklardaki güvenliği sağlamak için diğer yöntem kavşağı kontrol etmektir. Polis ya da ışıklı işaretlerle kavşak alanını kullanmak için uygun zaman ayarlanır. Ayrıca çarpışmaları önleyebilmek için hız sınırlamasına da gidilebilir. Bu daha çok düşük kapasiteli ve denetimsiz eşdüzey kavşaklarda geçerlidir.

Araçların durmalarını sağlamak eşdüzey kavşakların güvenlik probleminin en uygun çözümüdür. Önerilen duruş uzunlukları aşağıdaki Tablo 4.11’de verilmektedir ve kavşaklarda bu görüş uzunluklarına bağlı kalınmalıdır.

Tablo 4.11. Hız ve Duruş Uzunlukları [7]

PROJE HIZI	48	64	96	112	129	Km/s
EMNİYETLİ DURUŞ	61	84	107	145	183	m.
TERCİH EDİLEN DURUŞ	61	92	137	198	259	m.

Eşdüzey kavşaklarda yanyolda duran araçtaki sürücü anayolda da yeterli görüş uzunluğuna sahip olmalıdır. Böylece duran sürücü anayoldan gelen araçları görebilecek ve manevrasını tehlikesiz biçimde yapacağı aralığa karar verecektir. (Şekil 4.3.)



Şekil 4.3. Eşdüzey kavşakta görüş uzunluğu

Dönüş yarıçapları, kavşak tasarımında ayrı bir problemi oluşturmaktadır. Ana yollardaki kavşakların köşe yarıçapları belirlenirken, ağır taşıtların dönme koşulları, yayalar, kavşağa açılan yollardaki şerit genişliği ve hız sınırları dikkate alınmalıdır. Bunlarla ilgili önerilen değerler Tablo 4.12.'de görülmektedir. Fakat özellikle şehir içlerinde büyük yarıçaplı dönüşler yayalar için gereken geçiş uzunluklarında ve bazı durumlarda sinyallerin sonuçlandırılmasında problemler yaratabilmektedir. Bu nedenle kavşağı kullanacak olan trafik akımının sahip olduğu kompozisyon iyi çözümlenmelidir.

Tablo 4.12. Kavşaklarda dönüş yarıçapları [7]

Trafik Yoğunluğu	Dönüş Yarıçapları
Binek Araçlar	4,5 – 7,6m arasında
Yeni İmar Alanları	7,6m'den fazla
Yan Yol Kavşakları	9,1m'den fazla
Kamyon ve Otobüs	12,2m'den fazla

4.3.1.1. Eşdüzey Kavşaklarda Yardımcı Şeritler

Eşdüzey kavşaklarda dikkat edilmesi gereken geometrik standartlardan biri de şerit genişliğidir. Şehir içinde tavsiye edilen şerit genişliği 3,66m olmasına rağmen, anayol-tali yol kavşaklarındaki tali yol şeritlerinin dahi 3,35m'nin altında olmamasına dikkat edilmelidir. Fakat uygulamada bu değerlerin altındaki şeritlere rastlanmaktadır. Ancak bu şeritlerde ağır taşıtların bulunmamasına dikkat edilmelidir.

Kavşaklarda dönüş için yardımcı şerit bulunmaması durumunda, doğru geçecek taşıtların da dönenlerin arkasında aynı oranda yavaşlamaları gerekecektir. Bu nedenle yardımcı dönüş şeridi uygulaması yapılarak özellikle iç şeritlerde meydana gelen gecikmeler ve hız farklarından doğan kazalar önlenabilir. Bu tip problemler aynı akım içerisinde sola dönüş manevrası yapmak için yavaşlayan araçlarla kavşaktan doğru geçen araçlar arasında meydana gelmektedir. Kazaları önlemek için önerilen yavaşlama şeridi uzunlukları aşağıdaki Tablo 4.13'de verilmiştir.

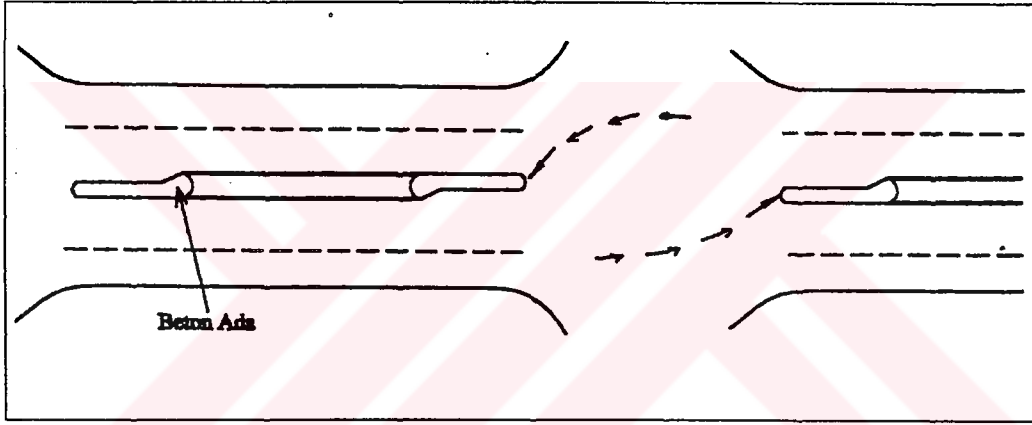
Tablo 4.13. Yavaşlama Şeridi Uzunluğu

Ortalama Akım Hızı	Yavaşlama Şeridi Uzunluğu
30 km/saat	46 m
50 km/saat	80 m
70 km/saat	124 m
90 km/saat	171 m

Şehir içi kavşaklarda yolların geometrik standartlarına bağlı olmaksızın, karşıdan gelen yüksek trafik hacmi nedeniyle dönüş manevrası yapmak isteyen araçlar belirli bir süre beklemek zorunda kalırlar.

Yol üzerindeki trafiği rahatlatmak amacıyla sola dönüş yardımcı şerit uygulamalarının dışında, sağa dönüş yardımcı şerit uygulamaları yapılabilir. Böylece kavşağın güvenliğini büyük ölçüde arttırmış oluruz. Yardımcı sağa dönüş uygulaması sağa dönüşlerden doğabilecek problemleri engellemiş olur. Özellikle yardımcı sağa dönüş şeridi uygulamasında sağa dönmek için bekleyen sürücüler bu sırada, kavşakta büyük bir alanı gözleme olanağını bulurlar ve ona göre trafik akımı içerisindeki boşlukları daha rahat değerlendirebilirler. Yardımcı sağa dönüş şeritleri kavşağın güvenlik ve kapasitesini artırır. Sinyalize kavşaklarda bu artış daha çok olur ve trafik akımının gereksiz yere gecikmesi engellenmiş olur. [10]

Yardımcı sola dönüş şeridi uygulamasında ise araçlar arasındaki kaza oranlarında düşüş olmasına karşın sabit cisime çarpma oranlarında artmalar olmuştur. (Şekil 4.4.)



Şekil 4.4. Yardımcı sola dönüş uygulamasında kaza

4.3.1.2. Eşdüzey Kavşaklarda Yönlendirme (Kanallama)

Kavşaklarda trafik güvenliğinin sağlanması ve kavşağın daha etkin bir şekilde kullanılmasını sağlamak amacıyla araçlar ve yayaların hareketlerinin kontrol edilmesine yönlendirme denir. Yönlendirme yapılırken bordür, korkuluk, kenar işaretleri, kaplama üzerine yazılmış işaretler gibi fiziksel nesnelerden yararlanılır.

Doğru bir yönlendirme yapılarak bir kavşakta aşağıdaki faydalar sağlanır:

- 1- İyi bir yönlendirme problem olan noktaların istenilen yerde düzenlenebilmesini sağlar.
- 2- Taşıtların kesiştiği, katıldığı ve ayrıldığı noktalar rahatça kontrol edilebilir.
- 3- Yayalar için gerekli alanlar oluşturulabilir.
- 4- Trafik kontrol sistemi daha anlaşılır hale getirilebilir.
- 5- Dönüşün yasak olduğu yerler için daha etkin önlemler alınabilir.

- 6- Taşıt hızları, kontrol altında tutulabilir.
- 7- Öncelikli manevralar tercih edilebilir.
- 8- Dönüş yapan taşıtlar için orta şerit dışında ayrı bekleme şeritleri veya alanları düzenlenebilir.
- 9- Trafik işaretlerinin yerleştirilmesi için alanlar sağlanır.

Trafik yönlendirilmesi yapılan kavşaklarda dikkat edilmesi gereken bir nokta da kavşağı kullanan trafik kompozisyonudur. Yönlendirme yapılan kavşaktaki şeritler geniş tutulursa kavşaktaki trafik hızı artar. Bu durumda yüksek bordürlerle yapılan yönlendirmede olası bir çarpışmada tehlike de artmış olur. Bu tip geniş şeritlere sahip yollarda yönlendirme yüksek bordürlerle yapılıyorsa hız kısıtlamasına gidilmelidir. Adım adım şerit daraltılarak kavşaktaki trafik hızını azaltmak gerekir.

4.3.2. Köprülü Kavşaklar

Köprülü kavşaklar, trafik kazalarına ve gecikmelere karşı en etkin bir çözümdür. Bu tür kavşaklar kapasiteyi artırarak, yüksek trafik hızının devamını sağlar. Köprülü kavşakların esas amacı, farklı yönlerdeki trafik akımını kesiştirmeden uygun bir açıyla birleştirerek taşıtlar için hızlı ve güvenli geçişi sağlamaktır.

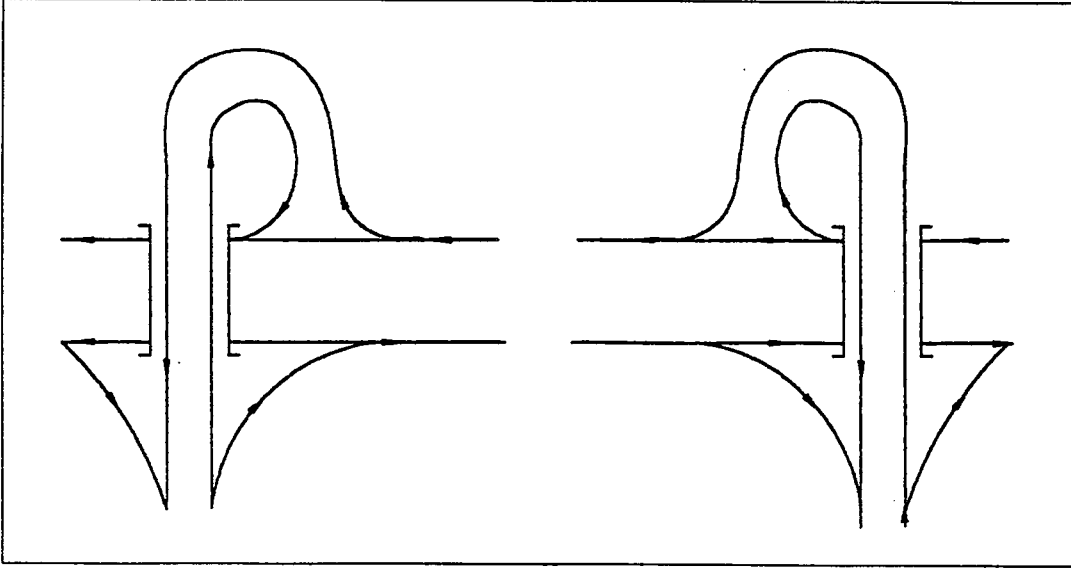
Bunlar, trafik güvenliği açısından iyi olmakla birlikte büyük yatırım gerektiren yapılardır. Ayrıca kent içi yollarda kavşak için ayrılacak alanların kısıtlı olması nedeniyle köprülü kavşakların yapımı zorlaşmaktadır. Kırsal bölgelerde alan bulmak kolay olduğundan bu tür kavşaklar bütün bağlantılarıyla beraber yapılabilirler. Farklı düzeydeki kavşaklar eşdüzey kavşaklarda oluşan tehlikeleri gidermekle beraber yol değiştiren taşıtların problemlerini tam anlamıyla çözemez. Köprüye ek olarak yeni yolların ve kolların yapımı gerekir. [10]

Baklava tipi kavşaklar genellikle iki şeritli yollarla otoyollar arasındaki geçişi sağlamada etkilidirler. (Şekil 4.9.)

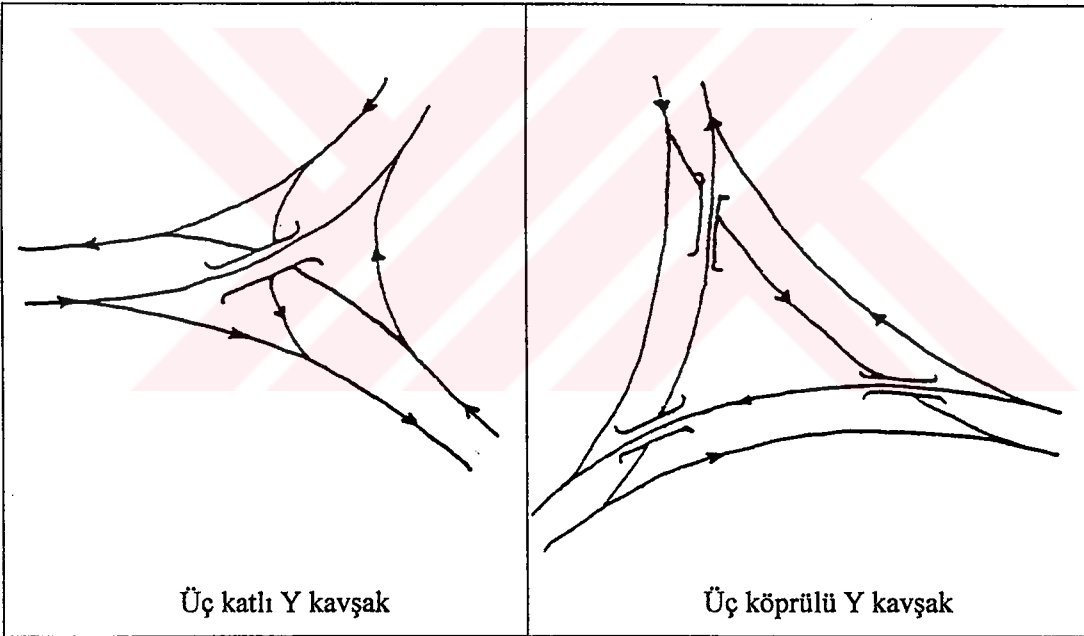
Yonca yaprağı tipi kavşaklar, bölünmüş yollarla otoyolların veya otoyolların birbirleriyle kesişmelerinde yapılır. (Şekil 4.11.)

Trompet biçimli kavşaklar, genellikle T türü yol kesişimlerinde uygulanırlar. (Şekil 4.5.)

Y biçimli kavşaklar ana trafik akımından sağa ve sola çift yönlü dönüşlerin olmadığı durumlarda tek köprülü basit çözümlerdir. Ama üç önemli yolun kesiştiği bir kesim söz konusu ise her yöne de trafik akışını verebilmek için üç katlı tek köprülü veya üç köprülü iki katlı Y tipi kavşak kullanılabilir. (Şekil 4.6. ve 4.7.)



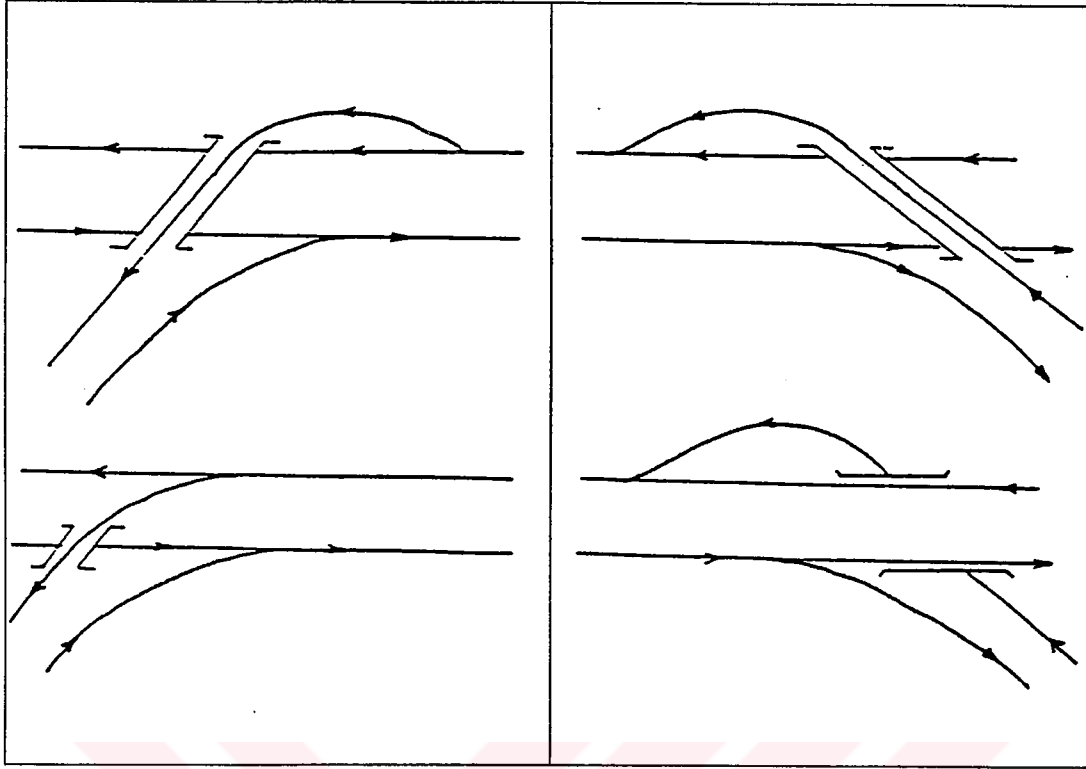
Şekil 4.5. Trompet tipi kavşak



Üç katlı Y kavşak

Üç köprülÜ Y kavşak

Şekil 4.6. İki katlı ve üç katlı Y tipi kavşaklar



Şekil 4.7. Çift yönlü Y tipi kavşak

4.3.2.1. Köprülü Kavşakların Karayolu Güvenliğine Etkisi

Otoyollarda, köprülü kavşaklar en çok kazaya neden olan kesimlerdir. Sürücünün otoyol üzerindeki yoğun trafik akımını kolayca yorumlayabilmesi için kavşağı rahat bir perspektif altında görebilmelidir. Köprülü kavşaklarda oluşan kaza çeşitleri şöyledir:

- 1- Köprülü kavşağın yapısı nedeniyle sahip olduğu sabit objelere çarpmalar.
- 2- Topoğrafik koşullardan kaynaklanan yetersiz görüş uzunluğu nedeniyle köprülü kavşak belirsiz bir görüşe sahip olur. Bu durum sürücülerde tereddütlere ve kontrol kaybına neden olur.
- 3- Köprülü kavşakların karmaşıklığından dolayı sürücülerin dikkatlerinin dağılarak yol dışına çıkmaları.
- 4- Sürücülerin otoyola giriş kesimlerinde otoyolun yoğun hacimli trafiğini takip etmeye çalışırken önündeki araca arkadan çarpması.
- 5- Sürücülerin eğitim seviyelerinden kaynaklanan kurallara uymayıp yasak ve ters manevralar yapılması sonucu meydana gelen kazalar.

Şehir içi bölgelerde kavşaklara yaklaşan sürücüler genellikle paralel ve sık tasarlanmış yavaşlama şeritlerini her zaman kullandıkları söylenemez. Eğer sürücü çıkış yolunun konumunu önceden göremeyip yavaşlama şeridini kullanamazsa, çıkış yolunu atlayabilir ve anayolda kalır veya son anda farkedip çıkışı kullanabilmek için

ani fren yaparak mevcut trafiği tehlikeye sokabilir. Tehlikeli çıkış yolları tasarımı genelde sürücünün beklediğinden daha ani hız değişikliklerine sebep olurlar. Hız farkı arttıkça kaza riski de artar.

Belirsiz görüş alanı, sürücülerin hareket ettikleri ve etmek istedikleri doğrultuyu kavşak üzerinde tam göremeyip yorumlayamamasından dolayı tehlikeli hareketler yapmasına sebep olabilir.

Proje olarak iyi tasarlanmış gözükse, ama uygulamada çok karmaşık olan kavşaklarda sürücüler ikilem içine düşerek yanlış manevralar yapıp kazaya neden olmaktadır. Bazı kavşak türlerinde ise sürücüler trafik akımlarını takip edebilmek için aşırı dikkatli olmalıdırlar. Sürücü katılmak istediği yolun trafik akımında boşluk ararken ilerlediği giriş yolunda eğimin yüksek olması nedeniyle aşırı derecede yorulur. Hareketini planlarken üzerinde gittiği yolun koşullarına uyum sağlayamayabilir.

Aşağıdaki Tabloda kentsel ve kırsal bölgelerdeki köprülü kavşakların kesimlerindeki uzunluklara göre yıllık kaza tekerrür sayısı ve yüz milyon araç-km başına kaza oranları görülmektedir. (Tablo 4.14.)

Tablo 4.14. Kavşak Kaza Oranları [7]

UZAKLIK (m)	ÇIKIŞ		GİRİŞ	
	Kaza* Sayısı	Kaza* Oranı	Kaza Sayısı	Kaza Oranı
	KENTSEL		KENTSEL	
300 m'den az	722	81	426	75
300-600 m	1209	78	1156	77
800-1500 m	786	68	655	65
1600-3000 m	280	46	278	52
3200-6200 m	166	39	151	36
6400-12700 m	19	42	200	46
	KIRSAL		KIRSAL	
300 m'den az	160	47	117	49
300-600 m	459	46	482	50
800-1500 m	559	42	560	44
1600-3000 m	479	42	435	39
3200-6200 m	222	42	169	31
6400-12700 m	46	38	52	24

Kaza Sayısı* : Yıllık Kaza Sayısı

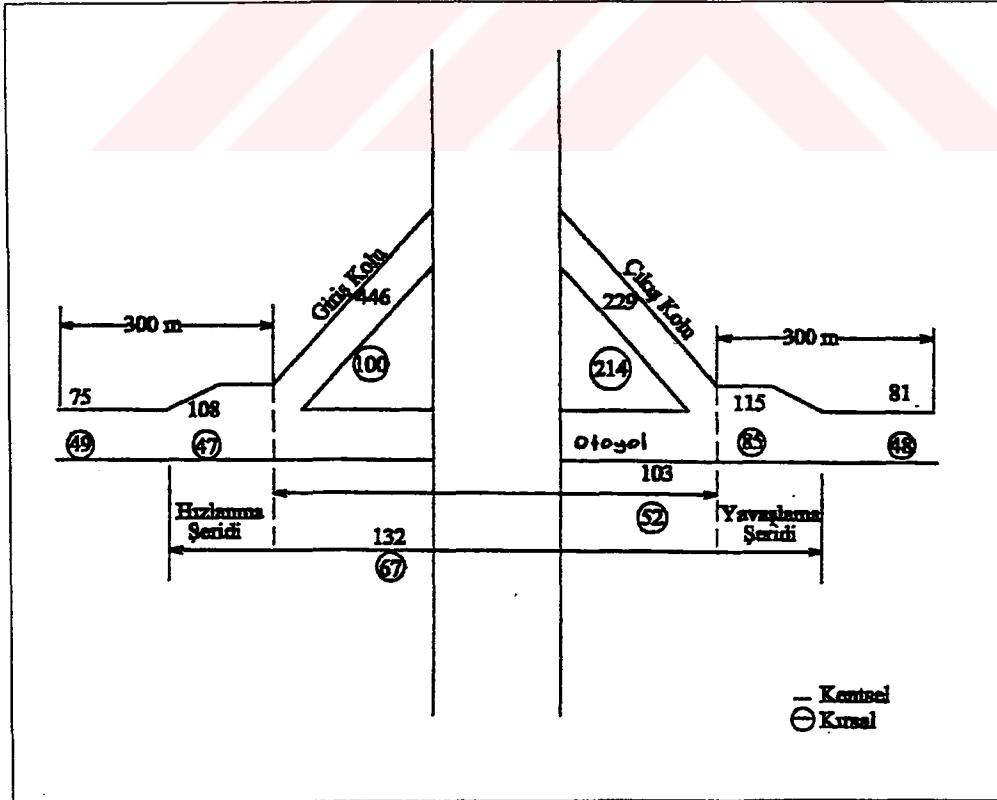
Kaza Oranı* : Yüz milyon taşıt-km başına kaza

Tablodaki kaza oranları incelendiğinde kavşağın 1,5 km uzağına kadar olan alanın çok daha yüksek kaza oranlarına sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca kavşaklardaki kaza oranının diğer otoyol üzerindeki kaza oranından 1,5 kat daha fazla olduğunu göstermiştir.

Kırsal bölgede bulunan kavşakların giriş yollarındaki kaza oranının otoyollara göre iki kat fazla olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ise giriş yollarının tehlikeli geometrik özelliklere sahip olmasıdır.

Kentsel giriş yolları ise kaza oranı olarak en yüksek değere sahiptir. Bu yüksek kaza oranının nedeni aşırı trafik yükünden dolayı arkadan çarpımlardır. Fakat bu tip kesimlerde kaza oranları, sinyalizasyonla büyük ölçüde düşürülebilmektedir. Sinyal kontrolü diğer eşdüzey kavşaklardan farklı olarak sadece bir araca geçiş izni vererek doğabilecek karışıklığı önleyebilir.

Aşağıdaki şekilde kentsel ve kırsal bölgelerde bulunan otoyolların katlı kavşak kesimlerinin sahip olduğu yüz milyon araç kilometre başına kaza oranlarıyla ilgili veriler görülmektedir. (Şekil 4.8.)



Şekil 4.8. Kentsel ve kırsal bölgelerdeki köprülü kavşaklarda kesimlerine göre kaza oranları [7]

Kırsal bölgelerdeki köprülü kavşaklarda yüz milyon araç kilometre başına 214'le en yüksek kaza oranının çıkış yolunda olduğu şekilde görülmektedir. Bunun sebebi otoyol hızında olan ve ona alışmış sürücünün çıkış koluna zamanında uyum gösterememesinden kaynaklanmaktadır.

Kırsal kesimlerde ikinci tehlikeli bölge, yüz milyon araç kilometre başına 100 kaza oranıyla giriş yollarıdır. Bu tip kazalara asıl neden olarak, kavşakların geometrik tasarım hataları gösterilebilir. Kırsal kesimlerdeki bir diğer kaza oranı ise yavaşlama şeridindeki kazalardır.

Kentsel bölgelerdeki köprülü kavşakların sahip oldukları kaza oranlarına göre en riskli bölge 446 kazayla giriş yollarıdır. Bu yüksek oranın nedeni sürücünün aynı anda hem otoyol üzerinde akan yoğun trafikte boş yer araması hem de öndeki-arkadaki aracı takip edememesinden kaynaklanmaktadır.

Kentsel bölgelerde ikinci yüksek kaza oranı yüz milyon araç-km başına 229 kazayla çıkış yolları gelmektedir. Bu kaza kısmen otoyolla kesişen karayolundaki kontrol sisteminin aksaklığından dolayı arkadan çarpma şeklinde meydana gelen kazalardır.

Kentsel alanlardaki köprülü kavşakların hızlanma ve yavaşlama şeritlerindeki kaza oranları arasında bir karşılaştırma yapıldığında kaza oranlarının birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Oysa ki kırsal kesimde bu oranlar arasındaki fark iki kattır.

4.3.2.2. Köprülü Kavşaklarda Bağlantı Kollarının Karayolu Güvenliğine

Etkisi

Köprülü kavşaklardaki giriş ve çıkış kesimleri, kazalar nedeniyle geometrik standartları, tasarımları ve taşıdıkları trafik hacmi konusunda özel olarak incelenmelidir. Kavşak bağlantı kollarının sahip oldukları kaza oranlarını incelerken, bu kesimlerde kazalara neden olan etmenler geometrik ve geometrik olmayan diye iki gruba ayrılırsa daha açık sonuçlar elde edilir.

Bağlantı kollarında meydana gelen trafik kazaları otoyollara nazaran daha az şiddette olmaktadır. Bunun sebebi ise otoyoldaki trafik akımının daha hızlı olmasıdır. Otoyol çıkışlarında sabit cisimlerin kazalara etkisi az olmasına karşın otoyoldan ayrılmak isteyen araçların ani yavaşlamaları nedeniyle otoyoldaki araçlara olan etkisi artmıştır. Yapılan araştırmalar, kuramsal olarak giriş ve çıkış kollarının aynı trafik hacmine sahip olduğu düşünüldüğünde çıkış kollarının tüm bağlantı yollarındaki kazaların %65'ini kapsadığını göstermektedir.

Araştırmalar, otoyollarda yapılan yolculukların kabaca %70'inin gün ışığında ve geri kalan %30'unun karanlık saatlerde yapıldığını göstermektedir. Bağlantı yolunun aydınlatılmasını sağlayan sabit cisimler, toplam bağlantı kolu sabit cisimlerinin %36'lık kısmını oluşturmaktadırlar. Aydınlatma donanımları, bağlantı kolu sabit cisim kazaları içerisinde %10 ile %16'lık bir yüzdeye karşılık gelir.

Tablo 4.15. Gündüz ve gece akıma göre kaza oranları (* kaza/milyon-taşıt)

BAĞLANTI KOLU TİPİ	GÜNDÜZ	GECE	GECE-GÜNDÜZ ARTMA ORANI
Giriş *	0,53	0,76	% 20
Çıkış *	0,63	1,95	% 77
Toplam yol *	0,71	3,30	% 115

Yukarıdaki tablo gece kaza oranlarının gündüz kaza oranlarından daha yüksek olduğunu göstermektedir.

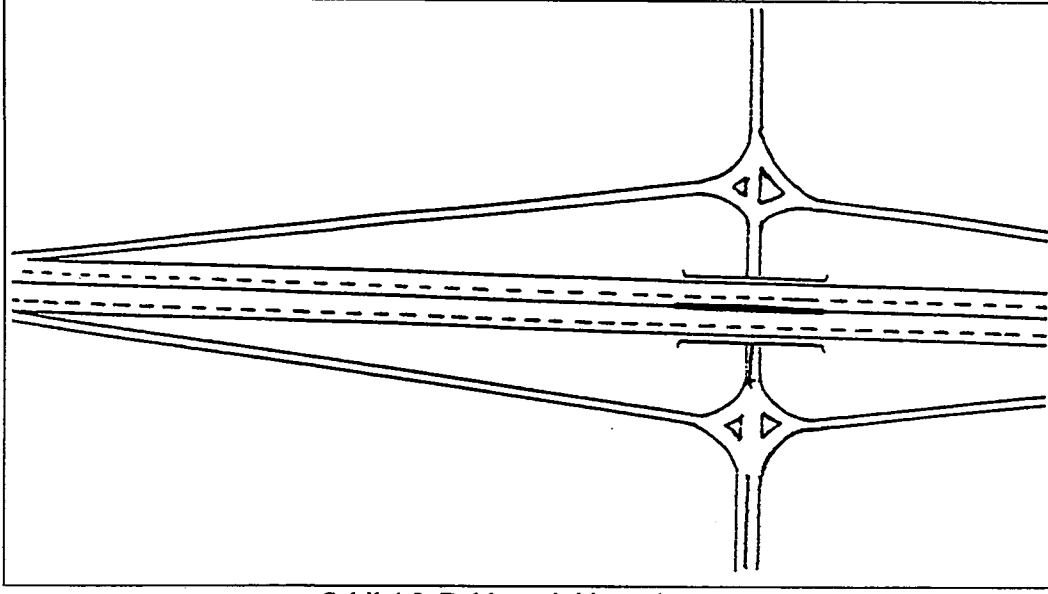
Bağlantı kolları da dahil olmak üzere otoyollardaki kazaların %28'i sabit cisime çarpma şeklindedir. Sabit cisimler giriş kolu kazalarının %22'sinde ve çıkış kolu kazalarının %42'sinde kaza nedenidir.

Yön gösteren işaret levhaları kurbaların dış kenarına ve bağlantı kollarının uç noktasına yerleştirilirler. Kontrol dışına çıkan araçlar kurbalarda yolu dış kenarına doğru terkederler ve bağlantı kollarında uç noktalar yol girişine veya çıkışına karar veremeyen sürücüler için tamamen savunmasızdır. Köprü desteği ve köprü parmaklıkları, çıkış kolunda giriş koluna göre daha savunmasızdır. Bunun nedeni, çıkış kolundaki araçlar giriş kolundaki araçlara göre daha ölü görüşe sahip olmalarıdır. Aynı zamanda hızında azalma olan bir aracı kontrol etmenin, hızı artan bir aracı kontrol etmekten daha zor olduğu unutulmamalıdır.

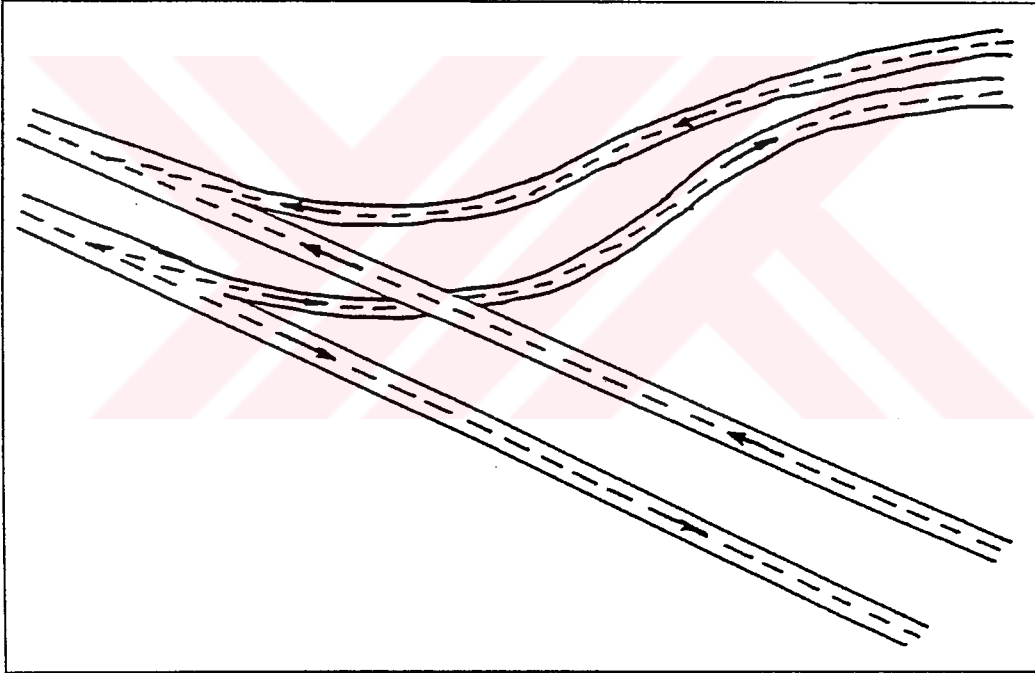
4.3.2.2a Bağlantı Kolu Türlerinin Karayolu Güvenliğine Etkisi

Birçok bağlantı kolu çeşidi vardır. Bunlar arasında baklava tipi bağlantı kolları trafik kazaları bakımından en düşük değere sahiptir. (Şekil 4.9.)

Kesişmeli çıkış bağlantı kolu ve sol ayırım bağlantı kolları tüm tipler arasında en yüksek kaza değerine sahiptir. (Şekil 4.10.)



Şekil 4.9. Baklava tipi kavşak



Şekil 4.10. Sol ayrım bağlantı kolu

4.3.2.2b Giriş Bağlantı Kolu

Giriş bağlantı kolları, anayola bağlantı noktasında tek bir şerit oluşmaktadır. Giriş kolundaki genişliğin değişmesi tehlikeye neden olabilir. Dönüş manevrası için bağlantı kolunun başında iki şeritli bir yol gereklidir, ama bu genişlik anayolla birleştiği yere kadar yavaş yavaş belirgin olarak azaltılması gerekir.

Yanyollardan gelen giriş bağlantı kolları anayol akımına sağdan katılmalıdır.

yol arasında bazen doğrudan bağlantı yolu olduğu durumlarda, soldan giriş gerekli olabilir. Bu tip bağlantı yolları, sürücülerin trafik akımına katılımından gidecekleri yöne sağlıklı karar verebilmeleri için işaret levhaları ve işaretlemelerle çok iyi anlatılmalıdır.

4.3.2.2c Çıkış Bağlantı Kolu

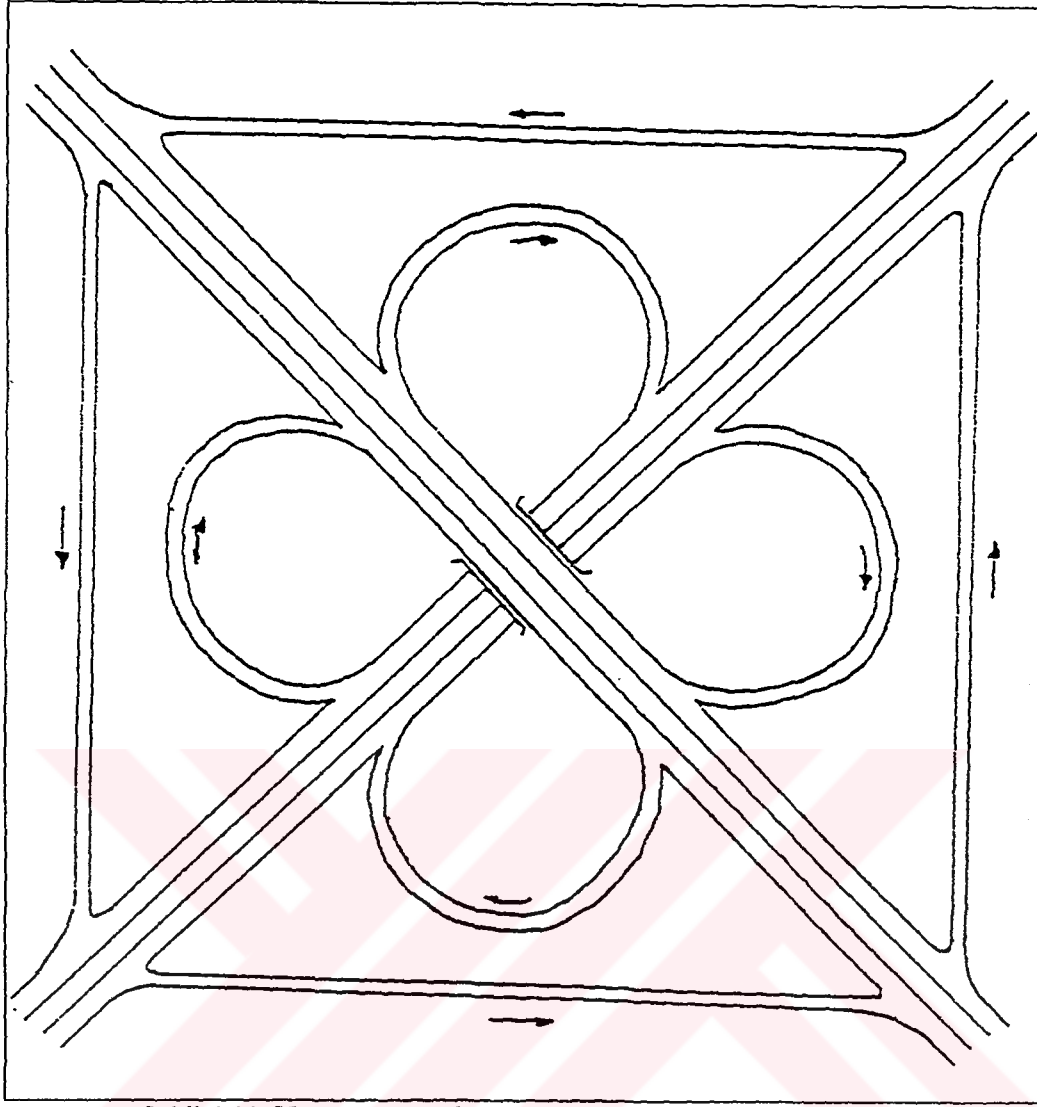
Çıkış bağlantı tasarımında amaç, otoyol üzerinde çıkış koluna yaklaşan motosikletli için yeterli görüş uzunluğunun sağlanmasıdır. Bu uzunluk 300m veya daha üzeridir. Çıkış bağlantı kolu, otoyol üzerinde seyreden bir taşıtın görüş uzunluğu dışında kalıyorsa bu bağlantı kolu potansiyel bir tehlike oluşturmaktadır.

Çıkış bağlantı kolları da giriş kolunda olduğu gibi tek şeritli olmalıdır. Kavşaklarda bağlantı kolları kuyruklanma yapan araçlara yetecek uzunluk, kapasite ve manevra alanına sahip olmalıdır.

Sol çıkış bağlantı kolları, sağ çıkış kollarına göre işletme ve güvenlik açısından daha yetersizdir. Bu nedenle kavşağın şekli ve yönleri, yol kenarı ve üstü işaret levhalarında doğrudan şekillerle gösterilmelidir. İlmekli bağlantı kollarında, kurbalar tek bir yarıçaptan oluşmalıdır. Farklı yarıçaplara sahip ayrı kurbaların birleşiminden ya da aralarında teğet bulunan iki kurbadan oluşmamalıdır. Ayrıca ilmekli bağlantı kollarında eğer ters kurbalar kullanılıyorsa dever geçiş bölgesinin olabileceği teğetlerin bulunmasına dikkat edilmelidir.

Çıkış bağlantı kolları otoyol ana doğrultusuna teğet olmalıdır. Eğer bir kurbayla başlanması gerekirse, otoyolda yavaşlama şeridi yapılmalı ve çıkış noktası eğrilikten önceye yerleştirilmelidir. Sağa dönmeçle çıkış görüş uzunluğu yetersiz bir yarmada kalırsa trafiğe yön verebilmek için çıkışın başlangıcına yardımcı bir şerit eklenmesi ya da yarmanın genişlemesine dikkat edilmelidir.

Yonca yaprağı türü çıkış ilmeği, proje hızını aşan araçların sebep olduğu bankete çıkma kazalarına yol açarlar. Bu nedenle yolun eğri kesiminde kaplama genişletilerek oldukça geniş bir emniyet bölgesi oluşturulmalıdır. (Şekil 4.11.)



Şekil 4.11. Yonca yaprağı kavşak ve ilmekli bağlantı kolları

4.3.3. Kavşaklardaki Trafik Akımının Karayolu Güvenliğine Etkisi

Çoğu ülkede meydana gelen kazaların büyük bir yüzdesi eşdüzey kavşaklarda olmaktadır. Trafik kazalarının oluş nedenleri ve tipleri üzerine birçok araştırma yapılmış ve bu araştırmalar trafik akımı ve kaza oranları arasındaki ilişki üzerine yoğunlaşmıştır.

Trafik kazalarında en önemli faktör kavşakların geometrik yapılarıdır. Kavşağın sahip olduğu geometrik yapı araç sürücüsünü hem psikolojik hem de fiziksel açıdan etkiler. Kavşak geometrik yapısı ne kadar iyi tasarlanırsa kapasite o oranda artacaktır ve olumsuz etkiler minimuma inecektir. [6]

Almanya ve Avusturya'da meydana gelen birkaç kazanın data olarak kullanıldığı bir araştırmada, kaza frekansı ile trafik-yaya akımı, şerit sayısı, kavşak kontrol yöntemleri ve ilgili trafik faktörleri arasında bir bağıntı kuruldu. Trafik ve yaya

akışının trafik kaza frekansının değerini etkileyen temel faktörlerden biri olarak kabul edildi ve aşağıdaki gibi formülize edildi. [6]

$$Y = (0,0012*Q) + (0,0014*P) + 2,3$$

Y: Yıllık hasarlı kaza sayısı

Q: Saatlik trafik hacmi

P: Saatlik yaya hacmi

Yukarıdaki eşitlik kavşaklardaki kaza oranlarından ve bunların analizlerinden çıkarılmıştır. Sinyal kontrollü kavşaklarda denklem sabiti olan değer 1,4'e inmektedir. Buradan sinyal kontrollü kavşaklar yoğun trafik altında kalan kavşaklar için daha güvenli olduğu sonucu çıkarılır. [6]

Kaza oranlarının belirlenmesinde ABD'de yapılan çalışmalarda veri olarak bir milyon araç alınmıştır. Düşük hacimli üç ve dört yönlü kavşakların ortalama milyon araç başına 0,2 kaza ortalamasına sahip olduğu görülmüştür. Eşdüzey kavşaklarda ise kaza oranları değişik şekilde görülmüştür. Çünkü, eşdüzey kavşaklarda kaza oranı milyon araç başına 0,7 değerine kadar çıkar.

Kaza oranları, yıllık milyon araç başına kaza sayısını, sinyalli ve dört yönlü dur işaretleri ile düzenlenmiş anayol, yanyol kavşaklarda kontrolün üç şekli için de ayrı ayrı anayol ve yanyolların trafik hacimlerine bağlı fonksiyon olarak değerlendirilmiştir. Kontrol şekillerinin tamamında kaza oranı, yanyolun trafik akımında artmıştır. Anayol- yanyol kavşaklarda anayol akımının artmasıyla kaza oranı artmıştır. Bu durumda yanyol akımı, anayol akımına göre daha azdır.

Sonuç olarak şu söylenebilir: Kavşaklardaki kaza frekansı trafik akış oranıyla beraber artmaktadır. Şehir içi alanlardaki kavşakların sahip olduğu kaza oranı, kavşağa giren toplam trafiğin akımı ile orantılıdır.

SONUÇ

Bir karayolu tasarımında dikkate alınacak faktörlerin başında insan, yol ve taşıt arasındaki uyum gelmektedir. İnsan faktörü yani sürücü olarak yolu kullananlar trafik kazalarının oluşumunda ilk sırayı alır. Yolla ilgili faktörler kazaların meydana gelmesinde her ne kadar insan faktörünün gölgesinde kalsa da yol faktörünün kontrol edilmesi insan davranışlarının kontrol edilmesinden daha kolaydır. Dolayısıyla iyi bir geometrik tasarımın ve geometrik standartların sonucunda karayolu güvenliğinin sağlanacağı söylenebilir.

Karayolu geometrik standartlarının, yol güvenliği ve kapasiteye etkisi olan bu çalışmada aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

Proje hızı ve görüş uzunluğu karayolu geometrik standartlarının temel parametreleri olup yol güvenliği ile yakından ilgilidirler.

Yatay kurbalarda seyreden araçlara etkileyen merkezkaç kuvvetinin olumsuz etkisini minimuma indirebilmek için geçiş eğrileri kullanılmalıdır. Ayrıca kazaların geometrik standartlarla ilişkisi incelendiğinde, alinyiman yoldaki tek düzeliği ortadan kaldırmak için düşey kurbalar yerleştirilir. Bu durum sürücüyü dikkatli olmaya zorladığı için kazalarda da azalma olmaktadır.

Yatay kurbalarda dever uygulamalarında, merkezci kuvveti ile merkezkaç kuvveti birbirini karşılamalıdır. Ayrıca bir karayolu projesi yapılırken yağışlı havalarda yoldaki yüzeysel su akışını engelleyecek dever uygulaması yapılmamalıdır.

Bir karayolunun yatay ve düşey geometrisi araçların hız yapmasına müsaade ediyorsa karayolu güvenliği olumsuz yönde etkilenir. Düşey kurbalarda oluşan kazaların ana nedeni araçlar arasındaki hız farklarıdır. Bu hız farkları düşey kurbayı oluşturan eksenlerin eğimine ve eğim boyuna göre artar. Bu kesimlerde güvenliği arttırmak için ağır taşıtlara yönelik ek şerit uygulaması yapılmalıdır.

Yol yüzeyinin özellikleri de trafik kazalarını dolaylı olarak etkilemektedir. Kaplama yüzeyindeki kusurlar sürtünme kaybına ve taşıt tekerleklerinin kaplama üzerine tam oturmamasına neden olur. Bu ise, olası bir trafik kazasının şiddetini artırır.

Eşdüzey kavşaklarda öncelikli olarak yardımcı şeritler incelendi. Yardımcı şerit uygulaması hız farklılıklarını engellediği için yol güvenliği açısından önemli olup kapasiteyi de arttırıcı etki yapmaktadır. Özellikle kentsel bölgelerde yönlendirme uygulaması, taşıtı istenilen yöne yönlendirmek suretiyle yol güvenliğini arttırmaktadır. Ayrıca eşdüzey kavşaklarda dönüş yarıçapları belirlenirken o yolu kullanan trafik kompozisyonu da hesaba katılmalıdır.

KöprülÜ kavşaklar tasarlanırken sürücüler tarafından kolay anlaşılmalı, anayola katılma ve ayrılmalar mümkün olduğu kadar doğal olmalıdır. Yeterli görüş uzunluğu ve doğru işaretlemeler, sürücünün hareketini kolaylaştırdığı gibi yol güvenliğini de arttırıcı etki yapmaktadır.

Bağlantı kollarında kazalar, kentsel bölgelerde daha çok giriş kollarında ,kırsal bölgelerde ise çıkış kollarında meydana gelmektedir. Sürücü otoyoldaki yoğun trafiğe girerken boşluk aramakta ve dikkatini dağıtmaktadır. Dolayısıyla kazaya neden olmaktadır. Kırsal kesimlerde ise otoyol şartlarına alışan sürücü ,çıkış koluna ayrılmak için yavaşlamaya çalışırken kazaya neden olmaktadır.

Karayolu geometrik standartlarını belirlerken maliyet açısından en ekonomik şekilde hareket edilmelidir. Bir yolun geometrik standardı neyi gerektiriyorsa o yapılmalıdır. Hem güvenlik açısından hem de kapasite açısından olması gereken; yol boyunca mümkün olduğunca aynı geometrik standartları kullanmaktır.

KAYNAKLAR

- [1] **Ritter, L.J.,JR.- Paquette, R.J.** Highway Engineering, 2. Edition,
NewYork
- [2] **Güçmen, Ö.**, 1998. Otoyolların Geometrik Planlaması, Ders Notları,
İ.T.Ü.
- [3] **Umar, F. - Yayla, N.**, 1994. Yol İnşaatı, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi
Matbaası, İstanbul
- [4] ----- 1965. Highway Capacity Manual, Higway Research Board
Washington, D.C.,
- [5] **Umar, F. – Ağar, E.**, 1991. Yol Üst Yapısı, No: 1451, İ.T.Ü. İstanbul
- [6] ----- Capacity of at Grade Junctions, OECD Research Group,
Paris
- [7] ----- 1965. A Policy of Geometric Design of Rural Highways,
ASSHTO Washington, D.C.
- [8] **Yerpez, J., - Fernandez, F.**, 1986. Road Characteristics And Safety,
Department of Accident Mechanisms.
- [9] **Güçmen, Ö.**, 1975 Karayolu Ulaşımında Güvenlik Sorununun Başlıca
Yönleri İle Genel İncelenmesi, Doçentlik Tezi, İ.T.Ü.
- [10] **Neuman, T.R.**, 1985. Intersection Channelization Design Guide, No:
279 Transport Research Board, Washington D.C.
- [11] **Oglesby, C.H., -Hicks, R.G.**, 1982. Highway Engineering, 4. Edition,
New York
- [12] ----- 1986. Effectiveness of Highway Safety Improvements,
John F. Carney III, Editor, New York.
- [13] ----- 1988. Intersections at Grade, Part 5, Sydney.
- [14] **Kutlu, K.**, 1993. Trafik Tekniği, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul
- [15] ----- 1980. Implementing Highway Safety Improvements,
California.
- [16] **Kantarci, M., -Öztürk, N.**, 1996. Birinci Ulusal Ulaşım Sempozyumu,
İ.T.Ü. Ayazağa, İstanbul.
- [17] **Sonuç, T.**, 1975. Karayolu Tekniği, İstanbul.

- [18] **Normann, O. K., - Walker, W. P., 1951. Yolların Kapasitesi, İ.T.Ü.**
Çeviri: Faruk UMAR, İstanbul
- [19] **İyınam, F., 1997. Karayolu Güvenliği ile Yol Geometrik Standartları**
Arasındaki İlişkilerin Analizi, Doktora Tezi, İ.T.Ü.



ÖZGEÇMİŞ

Ekrem YILMAZ 1973 yılında Malatya’da doğdu. İlk öğrenimini Gölcük Barbaros İlkokulu’nda, orta okulu Gölcük İlköğretim Okulu ve lise öğrenimini Zonguldak Ereğli Lisesi’nde tamamladı. 1992’de girdiği İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği bölümünden 1996 yılında mezun oldu. Aynı yıl İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Anabilim Dalı Ulaştırma Programında Yüksek Lisans öğrenimine başladı.

