ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KERKÜK İL MERKEZİNDE BULUNAN ÇEVRE YOLU GÜVENLİĞİ VE GEOMETRİK STANDARTLARININ İNCELENMESİ

Mohammed Fadhil Tawfeeq TAWFEEQ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇANKIRI
2022

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Mohammed Fadhıl Tawfeeq TAWFEEQ tarafından hazırlanan **"Kerkük İl Merkezinde Bulunan Çevre Yolu Güvenliği ve Geometrik Standartlarının İncelenmesi"** adlı tez çalışması 06/07/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman **:** Doç. Dr. Cihan DOĞRUÖZ

Jüri Üyeleri **:**

Başkan **:** Doç. Dr. Cihan DOĞRUÖZ
İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye **:** Doç. Dr. Murat YAYLACI
İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi

Üye **:** Dr. Öğr. Üyesi Başak Varli BİNGÖL
İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'ne göre hazırlamış olduğum "**Kerkük İl Merkezinde Bulunan Çevre Yolu Güvenliği ve Geometrik Standartlarının İncelenmesi**" konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan "Bilimsel İntihal Tespit Programı'' ile tarandığını, "intihal içermediğini" beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim (06/07/2022).

Mohammed Fadhil Tawfeeq TAWFEEQ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KERKÜK İL MERKEZİNDE BULUNAN ÇEVRE YOLU GÜVENLİĞİ VE GEOMETRİK STANDARTLARININ İNCELENMESİ

Mohammed Fadhil Tawfeeq TAWFEEQ

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Cihan DOĞRUÖZ

Karayolları ülkemizde en popüler ulaşım şeklidir. Karayolu tercihinin yüksek olması araç sayısının artmasına ve dolayısıyla trafik yoğunluğunda artışa neden olmaktadır. Trafik yoğunluğundaki artış trafik kazalarının yaşanmasına neden olmaktadır. Yol güvenliğinde iyileştirilme, trafik kazalarını ve kazalardan kaynaklanan kayıpları azaltacaktır. Irak İstatistik Bürosu'na göre trafik kazalarına yol açan faktörler arasında yol faktörü neredeyse yok denebilecek kadar düşüktür. Fakat gelişmiş ülkelere baktığımızda yol faktörlerine bağlı kaza oranlarının yüksek olduğunu görüyoruz. Meydana gelen kazalarda yol kaynaklı kusurların tespiti, istatistiklere yansıyan diğer faktörleri de azaltacaktır. Bu çalışma, Kerkük'ün merkezindeki yol geometri standartlarını ve yol güvenliğini araştırarak, incelenen ve ters yatay kavislere sahip olan yollarda en düşük geometrik standartlara sahip iki bölümü tanımlamaktadır. Materyaller yol kesiminin ilgili kurumlarından temin edilmiştir. Proje tarafından belirlenmiş yol kesit verileri (mühendislik hızı, yatay kurp yarıçapı, geçiş eğrisi, yatay kurp uzunluğu, çıkma, eğim, düşey kurp uzunluğu elde edilir. Projedeki değerlerin uygulamadaki değerlerden farklılık gösterip göstermediğini belirlemek için saha çalışmaları da yapılmıştır. Saha gezisi sırasında belirlenen bölümlerde güncel bir yol haritası temin edilmiştir. Elimizde bulunan bu harita ile projede yer alan değerler karşılaştırılmıştır. Veriler farklı ise, mevcut değer kabul edilmiştir. Ulaşılan değerler geometrik standart tablo ile karşılaştırılmıştır. Geometrik standart tabloda düz kesitler dikkate alınmıştır. Yol bölümlerinin belirlenmesi için geometrik kriterler tespit edildikten sonra, ilgili kurumlardan bu yol bölümlerine ilişkin dört yıllık trafik kazası verileri elde edilmiştir. Trafik kazası oluşum kalıpları ile geometrik kriterler arasındaki ilişki incelenmiş ve sonuçlar ortaya konmuştur.

2022, 68 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Geometrik standartlar, Trafik kazaları, Kaza oluş şekli, Kerkük

ABSTRACT

Master of Science Thesis

INVESTIGATION OF RING ROAD SAFETY AND GEOMETRIC STANDARDS IN KIRKUK PROVINCIAL CENTER

Mohammed Fadhil Tawfeeq TAWFEEQ

Çankırı Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Cihan DOĞRUÖZ

Highways are the most popular mode of transportation in our country. High road preference causes an increase in the number of vehicles and thus an increase in traffic density. The increase in traffic density causes traffic accidents. Improvement in road safety will reduce traffic accidents and casualties. According to the Iraqi Bureau of Statistics, the road factor is almost non-existent among the factors that cause traffic accidents. However, when we look at developed countries, we see that accident rates due to road factors are high. Detection of road-related defects in the accidents that occur will also reduce other factors reflected in the statistics. This study investigates the road geometry standards and road safety in the center of Kirkuk and identifies the two sections with the lowest geometric standards on the roads with opposite horizontal curves. The materials were obtained from the relevant institutions of the road section. Road section data (engineering speed, horizontal curve radius, transition curve, horizontal curve length, bulge, slope, vertical curve length) determined by the project are obtained. Field studies were also carried out to determine whether the values in the project differ from the values in practice. In the sections determined during the field trip an up-to-date road map was provided. The current map and the values in the project were compared. If the data were different, the current value was accepted. The obtained values were compared with the geometric standard table. Straight sections were taken into account in the geometric standard table. After the geometric criteria were determined for the determination of road sections Four-year traffic accident data related to these road sections were obtained from the relevant institutions.The relationship between traffic accident formation patterns and geometric criteria was examined and the results were presented.

2022, 68 pages

Keywords: Geometric standards, Traffic accidents, Form of accident, Kirkuk

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

"Kerkük İl Merkezinde Bulunan Çevre Yolu Güvenliği ve Geometrik Standartlarının İncelenmesi" adlı bu çalışma Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Lisansüstü Programı kapsamında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans tez çalışmamın her aşamasında beni yönlendiren, değerli görüş ve katkılarını esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Cihan DOĞRUÖZ'na teşekkür ederim.

Bu aşamaya gelinceye kadar emeği geçen tüm hocalarıma, hakkını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim anneme ve babama, kardeşlerime, adını burada sayamadığım ve katkısı olan herkese ayrıca şükranlarımı sunarım

Ayrıca bu çalışmayı hazırlarken başından sonuna kadar geçirdiğim süreçte benden maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen her zaman yanımda hissettiğim sevgili aileme, bu çalışma için zaman zaman ihmal ettiğim manevi desteği ile her zaman yanımda olan eşim Rüya kamal 'ye teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Mohammed Fadhil Tawfeeq TAWFEEQ
Çankırı, Temmuz 2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **ii**
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR ..... **iii**
İÇİNDEKİLER ..... **iv**
SİMGELER DİZİNİ ..... **vi**
KISALTMALAR DİZİNİ ..... **vii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **viii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **ix**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Araştırma Problemi ve Tezin Amacı **3**
1.2 Tez Çalışmasının Bölümleri **4**
2. LİTERATÜR ÖZETİ **5**
3. MATERYAL VE METOT **9**
3.1 Karayolu Ulaşım Sisteminin Sınıflandırılması **10**
3.2 Geometrik Standartlar ve Seçimi **11**
3.3 Geometrik Tasarım Tutarlılığı **14**
3.3.1 Tasarım hızı **15**
3.3.2 İşletme hızı **16**
3.4 Görüş Mesafesi **17**
3.4.1 Geçiş görüş mesafesi (GGM) **18**
3.4.2 Duruş görüş mesafesi (DGM) **18**
3.5 Yatay Eksen Analizi **19**
3.5.1 Aliyman **20**
3.5.2 Yatay kurp **21**
3.5.3 Yatay kurplarda dever **26**
3.5.4 Yatay kurplarda görüş mesafesi **26**
3.6 Düşey Eksen Analizi **27**
3.6.1 Arazinin topografyası **28**
3.6.2 Boyuna eğimin trafik kazalarına etkisi **28**
3.6.3 Düşey kurplar **29**

4. BULGULAR VE TARTIŞMA 35
4.1 Yol Güvenliği İçin Risk Oluşturan Faktörler 37
4.2 Kerkük Çevre Karayolu Üzerinde Belirlenen İki Bölgenin Geometrik Standartlarının Değerlendirilmesi 38
4.2.1 İki bölgenin tasarım hızının ve işletme hızının (%85'lik dilim içinde kalan hız) hesaplanması 38
4.2.2 Birinci bölgenin yatay eksen analizi 39
4.2.3 İkinci bölgenin yatay eksen analizi 42
4.3 İki Bölgenin Düşey Eksen Analizi 44
4.4 İki Bölgenin Yatay Eksen Analizi 45
4.5 İncelenen İki bölgenin Enkesi Elemanlarının Tasarımı 46
4.5.1 Şerit ve platform genişliğinin karayolu güvenliğine etkisi 47
4.5.2 Banket genişliğinin trafik kazalarına etkisi 47
4.6 İncelenen iki Bölgenin Geometrik Standartlarının Trafik Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi 48
4.6.1 İncelenen birinci bölgenin trafik güvenliğine etkisi 51
4.6.2 İncelenen ikinci bölgenin trafik güvenliğine etkisi 56
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 59
KAYNAKLAR 63
EKLER 66
ÖZGEÇMİŞ 68

SİMGELER DİZİNİ

A	Eğimlerin cebrik farkı, %
a	Frenleme ivmesi, 3,4 m/san^2
C	Yanal ivmenin maksimum değişim oranı olup, 1,2 m/san^3 olarak kabul edilecektir.
d	Taşıt ile yukarıda tanımlanmış olan ışık hattının yol yüzeyi
DGM	Minimum duruş görüş mesafesi, m
e_{max}	Maksimum dever oranı, %
f_{max}	Maksimum yanal sürtünme faktörü
h_1	Sürücü göz yüksekliği, m
h_2	Yol üzerindeki obje yüksekliği
K	Düşey kurp katsayısı
L	Parabolik düşey kurp uzunluğu, m
m	Yanal görüş açıklığı, m
Min L_s	Minimum geçiş eğrisi uzunluğu, m
P_{min}	Aliyman ile kurp arasındaki minimum yanal öteleme miktarı olup, 0,2 m olarak kabul edilecektir.
R_{min}	Minimum kurp yarıçapı, m
S	Duruş görüş mesafesi, m
t	Reaksiyon süresi, 2 san
V_t	Tasarım hızı, km/ sa

KISALTMALAR DİZİNİ

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
DGM	Duruş görüş mesafesi
GGM	Geçiş görüş mesafesi
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 İnceleme alanı yer bulduru haritası 9
Şekil 3.2 Irak otoyol haritası 11
Şekil 3.3 Basit yatay kurp elemanları 23
Şekil 3.4 Bileşik yatay kurp elemanları 24
Şekil 3.5 Ters yatay kurp elemanları 24
Şekil 3.6 Geçiş yatay eğri elemanları 25
Şekil 3.7 Yatay kurpta yanal görüş mesafesi 27
Şekil 3.8 Açık ve tepe düşey kurplar 30
Şekil 3.9 Tepe Düşey Kurpta Görüş Mesafesi 31
Şekil 3.10 Dere düşey kurpta görüş mesafesi 33
Şekil 4.1 Güzergâhın Google Earth görüntüsü 35
Şekil 4.2 Tasarımı değiştirmeden önce çalışılan alanlara genel bakış 36
Şekil 4.3 İncelenen bölgelerdeki güzergâh planı 37
Şekil 4.4 Birinci bölgenin yatay ters kurplar planı 40
Şekil 4.5 İkinci bölgenin yatay ters kurplar planı 42
Şekil 4.6 İkinci bölge düşey kurp tasarımı 44
Şekil 4.7 İkinci bölge yatay kurp tasarımı 46
Şekil 4.8 Tipik enkesit ve elemanları 48
Şekil 4.9 Trafik kazalarının meydana gelmesinde sürücü, yol ve taşıt unsurlarının payları 49
Şekil 4.10 Trafik kaza zamanı 55
Şekil 4.11 Kaydedilen trafik kazalarının kazanın niteliğine ve yolun özelliklerine göre dağılımı (2018- 2021) 58

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Minimum tasarım hızları 16
Çizelge 3.2 Minimum duruş görüş mesafesi 19
Çizelge 3.3 Yatay kurplarda kaza oranı (Umar ve Yayla 1994) 21
Çizelge 3.4 Minimum kurp yarıçapı (AASHTO 2001) 22
Çizelge 3.5 Maksimum boyuna eğim (KGM 2005) 29
Çizelge 3.6 Düşey kurp kat sayısı (AASHTO, 2001) 30
Çizelge 4.1 İki bölgenin elde edilen verilerin tasarım hızının ve işletme hızı açısından karşılaştırılması 39
Çizelge 4.2 İki çalışma alanının kesit tasarımlarının S1 tablosuna göre karşılaştırılması ..... **Error! Bookmark not defined.**
Çizelge 4.3 Trafik kazalarını etkileyen parametreler 49
Çizelge 4.4 Trafik kazalarına neden olan faktörler (Yetis ve Capar 2018) 50
Çizelge 4.5 Birinci bölgeden elde edilen verilerin kabul edilen standartlara göre karşılaştırılması 53
Çizelge 4.6 2018'den 2021'e birinci bölgede trafik kazası kayıtları (Kerkük İl Emniyet Trafik Şube Müdürlüğü, 2022) 54
Çizelge 4.7 İkinci bölgeden elde edilen verilerin kabul edilen standartlara göre karşılaştırılması 57

1. GİRİŞ

İnsanların ve nesnelerin belirli bir amaç için yer değiştirmesine ulaşım adı verilmektedir. Faydalı olduğu düşünülen bu yer değiştirme işlemlerinin tamamlanması ise transfer olarak tanımlanmaktadır. Taşıma türü; karayolu taşımacılığı, demiryolu taşımacılığı, deniz taşımacılığı, hava taşımacılığı, boru hatları vb. ilgili altyapı türüne göre sınıflandırılabilir (Yumak 2019).

Nüfusun artmaya devam etmesi ve şehrin hızlı gelişimine çeşitli gelişmeler eşlik etmektedir. Özellikle ekonominin gelişmesi, yolcu ve kargo taşımacılığının hızla artması, zaman kavramının öneminin artması ve hızlı ulaşıma olan talebin artması, güvenli ve konforlu ulaşım sistemi, günümüz dünyasının en önemli gereksinimleridir (Kılınç 2017).

Günümüzde bilim ve teknolojinin hızla gelişmesi ve nüfusun artması insan ihtiyaçlarını artırmış ve çeşitlendirmiştir. Bu ihtiyaçlar arasında en önemlisi ulaşım talebidir. Çünkü ulaşım ekonomik, sosyal ve kültürel faaliyetlerin kilit unsurudur. Bu konum nedeniyle, sistemin sürekli kendini geliştirmesi, buna karşılık gelen sosyal ihtiyaçların oluşmasını sağlar. Trafik faaliyetlerinin ana unsuru trafiktir. Ülkede trafik güvenliğini etkileyen faktörlerden biri de otoyollardır (Kılınç 2017).

Karayolları her türlü hava koşulunda trafiğe açık olmalı ve doğal afetler nedeniyle geçilmez olmalıdır. Yol güzergâhı, çevresel ihtiyaç ve kapasiteyi dikkate almalı, güvenli trafik için yol geometrisi ve fiziksel kriterler uygun olmalıdır. İnşaat ve bakım maliyetleri mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır.

Ulaşım altyapısının beklenti ve gereksinimlerinin yeterli düzeyde ve standartlarda karşılanamaması durumunda ortaya çıkan sorunlar ulaşım sorunları olarak tanımlanabilir. Ulaştırma mühendisliği, bu uzun vadeli sorunlara hızlı, ekonomik ve makul çözümler bulmak ve uygulamak amacıyla ortaya çıkmıştır. Günümüzde ulaşım; ekonomik, sosyal ve kültürel alanların gelişmesinin anahtarlarından biri haline gelmiştir. Ayrıca günümüz

dünyasındaki mevcut yerleşim ve yaşam koşulları göz önüne alındığında yeterli, verimli, sürekli gelişen ve duyarlı ulaşım bir zorunluluk haline gelmiştir (Kirimli 2019).

Yol geometrik tasarımı, yolun fiziksel öğelerini standartlara ve kısıtlamalara göre yerleştirmeyi içeren bir yol mühendisliği dalıdır. Geometrik tasarımın temel amacı, verimliliği ve güvenliği optimize ederken maliyetleri ve çevreye verilen zararı en aza indirmektir. Geometrik kriterler ve buna bağlı olarak güzergâh seçiminde arazinin kullanımı tasarımda önemli faktörlerdir. Geometrik standardın belirlenmesi ile yolun geçeceği arazinin fiziksel özellikleri, bulunduğu yerin iklimi, arazi zeminin yapısı, yatay - düşey eksenleri ile kesit özellikleri arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır. Ayrıca geometrik kriterlerin tasarımını arazinin düz, dağlık veya dalgalı olması etkilemektedir (Yumak 2019).

Bilim ve teknolojinin hızla gelişmesi, özellikle kent nüfusunun ve ekonomik refahın hızla artmasıyla birlikte kara taşımacılığında motorlu taşıt sayısının artmasına neden olmuştur. Bu durum çeşitli sebeplerden dolayı trafik kazaları, trafik sıkışıklıkları, gürültü ve çevre kirliliği başta olmak üzere birçok soruna neden olmuştur (Yumak 2019).

Bir ülkede trafik güvenliğini bir bütün olarak geliştirmek; ülkenin karayolu tasarım aşamasından başlayarak, işletme, bakım, gözlem gibi farklı alanlardaki kuruluşlar arasında işbirliği ve karayolu güvenliği kavramının ülke tarafından içselleştirilmesi kurumlar/kişiler olmak üzere pek çok etkeni kapsamaktadır. Bu sorunu çözmenin en etkili yolu, her ülkenin kendi halkının sosyal ve psikolojik yapısına göre kendi trafik güvenliği stratejisini oluşturmasıdır (Yurdakul 2006).

Ülkemizde hem kent içi hem de kent dışı yollarda trafik güvenliği istenilen seviyede değildir. Bu nedenle mevcut araç sayısı diğer ülkelere göre az olmasına rağmen meydana gelen kazalarda ölüm oranı ilk sıralarda yer almaktadır. Diğer ülkelerde meydana gelen trafik kazaları ve ölü sayılarında olduğu gibi ülkemizde de trafiğe açık olan karayollarından ve bilinçsiz olarak hareket eden insanlardan kaynaklanmaktadır. Çünkü insanın hem sürücü hem yaya ve hem de yolcu olarak trafiğin içerisinde yer alması bakımından kazaya sebebiyet vermede ana unsurdur. İnsan kusurlarına örnek olarak; aşırı

hız yapmak, alkollü araç kullanmak, kendine aşırı güven duymak, yorgun yola çıkmak, sorumsuzca hareketlerde bulunmak vb. gösterilebilir. Kazaların oluşmasında her ne kadar insan ana unsur olarak kabul edilse de her türlü denetim eksikliklerinin ve karayolu alt yapı yetersizliğinin de kazaların oluşumunda önemli bir etken olduğu kabul edilmektedir (Kılınç 2017).

1.1 Araştırma Problemi ve Tezin Amacı

Yolun ister köy yolu olsun ister otoyol olsun, hizmet ömrü boyunca güvenli, hızlı, konforlu ve kullanışlı olması umulmaktadır. Bu özelliklere sahip yollar; planlama, tasarım, yapım ve bakım-onarım-iyileştirme-güncelleme aşamalarında temel mühendislik standartlarının uygulanmasıyla elde edilir. Karayolu tasarımından bahsedebilmek için tasarımın amacını, tasarımı kısıtlayan faktörleri ve tasarım öğelerini anlamak gerekir.

Çalışılacak olan bir karayolu projesinde esas amaç, tüm proje unsurlarının birbirini tamamlayacak biçimde tasarlamaktır. Yol geometrisi standartlarının seçimini etkileyen en önemli faktörler ise yolun hızı, proje seviyesi ve seviyesidir. Yolun kalitesi, yolu kullanacak trafik hacmi, trafik türü ve arazinin topografik özelliklerine göre belirlenir. Ayrıca saha koşulları, iklim koşulları, arazi kullanımı, şehir içi yollara yaya trafiği, estetik ve özellikle ekonomik imkânlar standart seçiminde etkilidir.

Yol geometri standartları; yatay ve düşey kurp yarıçapı, genişlik, dever, enine ve boyuna eğim gibi plan ve boykesit ile ilgili değerlerdir. İdeal olarak, yüksek geometrik standartlar, hızlı, güvenli ve konforlu trafik sağlayan yollar, yol kullanıcıları için idealdir. Ancak standartların iyileştirilmesinin getirdiği yüksek maliyetler nedeniyle yol mühendisliğinin temel prensibi, tüm hizmet ömrü boyunca en ekonomik yolu inşa etmek ve talebe en uygun şekilde cevap vermektir (Yurdakul 2006).

Tezin amacı, Kerkük ili sınırındaki karayolunun geometrik parametreleri düşük olan üç alanda geometrik parametrelerin kaza modelini incelemektir. Bu tür çalışmaların literatüre eklenmesi, mevcut yol kusurlarının kontrol edilip düzeltilmesini aynı zamanda

yeni yolların geometrik standartlarının yüksek tutulmasını sağlayacaktır. Trafik kazalarının nedeni sürekli olarak sürücü hatasına işaret edilmekte ve yol geometrisi standartları göz ardı edilmektedir. Trafik kazalarının yol hatalarının yanı sıra araç sürücülerinin hatasından da kaynaklandığı açıkça belirtilmelidir. Kalitesiz yollarda meydana gelen kazaların çoğu araç sürücülerinin hatası olarak kaydedildiği için gerekli düzenlemeler yapılmamıştır. Geometri standartları, mevcut hattın bir kopyası olarak yeni oluşturulan bölücü ile aynı kalır.

Bu çalışmada, seçilen alanlarda trafik kazaları ile geometrik parametreler arasındaki etkileşim ele alınacaktır. Kaza raporunda, yolun geometrisi açısından kazanın seyri dikkate alınmıştır. Bu amaçla 2018-2021 yıllarında meydana gelen kazalarda denetimler yapılmıştır ve bu çalışmada denetimlerin yol güvenliğine ne tür bir etkisi olduğu ortaya konmuştur.

1.2 Tez Çalışmasının Bölümleri

Tez çalışmasının giriş kısmında tezin araştırma amacı ve metodolojisi tanıtılmakta, bir sonraki bölümde de genel literatürü incelenmektedir. Bu alanda daha önce yapılmış çalışmalarda, geometrik standartların yol güvenliği üzerindeki etkisi incelenmiştir. Üçüncü kısım ise materyal kısmı ve yöntem kısmından oluşmaktadır. Yöntem bölümünde yol sınıflandırması genel olarak kontrol edilmekte, yol geometrisi standartlarının seçimini etkileyen faktörler tartışılmaktadır. Aynı zamanda mühendislik hızı belirlenerek, yatay ve dikey eksenler analiz edilmiştir. Dördüncü bölümde ise, Kerkük Otoyolu'nun seçilen iki bölgesinin geometrik standartları ve yol güvenliği incelenmekte ve trafik güvenliği açısından her iki alanın geometrik standartları incelenerek değerlendirilmektedir. Her iki alanın, trafik güvenliği üzerindeki etkisi incelenmiştir. Mevcut yol geometrisindeki iyileştirmeler tartışılmıştır. Beşinci bölüm tezin sonuç ve öneriler bölümüdür. Sonuç bölümü, mevcut yol geometrisi standardının trafik güvenliği üzerindeki etkisini açıklamakta ve çözümler önermektedir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Literatürde ilgili alanda daha önce yapılmış çalışmalar gözden geçirilirken geometrik standartların yol güvenliği üzerindeki etkisi dikkate alınmıştır. Ülkemizde yol hatalarının trafik kazalarına etkisi hafife alınan bir durumdur. Ancak araştırmalar, yol hatalarının trafik kazaları üzerinde etkisi olduğunu göstermektedir.

"Kerkük İl Merkezinde Bulunan Çevre Yolu Güvenliği ve Geometrik Standartlarının İncelenmesi" adlı bu çalışma ile ilgili ulusal ve uluslararası literatür ve tezler araştırılmıştır. İncelenen öncel çalışmalar, kısa ve öz olarak aşağıda sunulmuştur:

Yumak (2019), Güvenli bir karayolu ulaşımı için; geometrik standartların, yol güvenliğine olan etkisinin belirlenmesi gerektiğini ifade etmiştir. Yol güvenliği oluşturmak için ilk adım, karayolunda iyi bir alt yapı oluşturulmalıdır. Daha sonraki adımda karayolunun geometrik standartlarının yüksek tutulması gerekmektedir. Tasarımda yapılan eksikliklerin, sürücü hatalarına sebebiyet vereceği için minimuma indirilmesi önemlidir. Bununla birlikte aliyman ile kurptaki hız farkının maksimum olması durumunda, yol güvenliğinde olan olumsuz etki oluşturmakta ve kaza meydana geliş biçimlerinden fark edilebilmektedir. Küçük yarı çarplı kurpların uzun aliymanların sonuna konulduğunda trafik kazalarının oluşmasına neden olduğu tespit edilmiştir. Önemli olan, yolun bir bütün olarak ele alınıp dengeli bir şekilde tasarlanmasıdır ve kesinlikle aktif güvenlik sistemleri (düşey-yatay işaretlemeler) kullanılmadır. Hızın aşamalı olarak, uzun aliymanın bitimine doğru kesilmesi uyarı işaretleri aracılığıyla sağlanmalıdır.

Aliyev (2003), yol güvenliği sistemlerinin ve mühendislik standartlarının iyileştirilmesinin Türkiye ile Azerbaycan arasında ulaşımı sağlayan karayollarındaki trafik kazalarına etkisini belirlemeye çalışmıştır. Araştırma sonuçları trafik kazalarının azaltılmasında ve trafik güvenliğinin sağlanmasında insan faktörlerinin önemini vurgulamaktadır. Ayrıca trafik kazalarında oluşan kara noktaların durumu da iyileştirilmiştir. İyileştirilmiş siyah noktalarda iyileştirme öncesi durum ile iyileştirme sonrası durum karşılaştırılmıştır. Araştırmanın bir diğer sonucu olarak trafik kazası

raporları ve güvenlik sistemi eki açısından kara noktaların tespiti için yeni bir formül eklenmiştir.

Şekerler (2008), tarafından yapılan araştırmada 2005-2006 yılları arasında Denizli il merkezinde meydana gelen trafik kazalarının koordinatları ve kazaları etkileyen faktörler bilgisayar programları yardımıyla ayrı parametreler olarak kümelenmiştir. Kümeleme analizi sonucunda, küme 10'un merkezine yakın ve sık trafik kazaları meydana gelen bir alan, kara trafik kazası noktası olarak tanımlandığı bildirilmektedir. Araştırmada beklenmedik noktalar olarak tanımlanan yerler için çözüm önerileri getirilmiştir.

Pesen (2018), tarafından yapılan araştırmada, Çorum İlinde üç döneme ait kaza verilerinin Minitab yazılımı kullanılarak ve ArcGIS Coğrafi Bilgi Sisteminden (CBS) elde edilen veriler deneysel tasarım yöntemleriyle analiz edilmiştir. Bu aşamada, karayoluyla ilgili çevresel etkiler, kaza üzerindeki etki derecesinin doğrulanması ve kazayı etkileyen yol faktörlerinin değerlendirilmesi üzerinde durulmaktadır. Özellikle kentleşmenin yoğunlaşması, plansız kentleşme, kusurlu trafik projeleri trafik kazalarına neden olmuştur. Sorunu çözmek için ne gibi önlemler alınabilir. Tüm bu uygulamalar ve olumsuz sonuçlar göz önüne alındığında, trafik kazalarını etkileyen faktörler, düzeyi ve yönü ile alınabilecek önlemlere yönelik araştırmalarda gerek uygulamada gerekse akademik alanda ilgi odağı haline gelen bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.

Akkaya (2002), tarafından yapılan çalışmada karayolu trafik güvenliğinde insan faktörleri ile ilgili literatür incelenmiştir. İnsan faktörleri çoklu ölümlere yol açan trafik kazalarında yolcuların, yayaların ve sürücülerin rolü olarak hizmet etmektedir. İnsan faktörü olabileceği düşünüldüğünde trafik güvenliğinin sağlanmasında en önemli faktör olarak gösterilmektedir. Bu çalışmada, her yıl önemli ölçüde can ve mal kaybına neden olan trafik kazalarının azaltılmasının, yani trafik güvenliğinin sağlanmasının ancak sürücü, yaya, yolcu gibi insan faktörlerinin olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılmasıyla sağlanabileceği belirlenmiştir. Trafik ortamında kazaları etkileyen insan faktörlerinden en önemlisi sürücülerdir. Deneyimsiz genç sürücüler, yeni sürücülerin tutum ve davranışları, eski sürücülerin güvenliği, trafik kazalarını önlemede psikolojik becerilerin tanımlanması ve kullanılması, sürücünün kişisel özelliklerinin etkisi altında araç

kullanacak şekilde tasarlamak, alkol ve uyuşturucu kullanımı, yorgunluk, araç kullanma ve sinirlilik sorunları, ardından trafik ortamında yolcular ve yayalar sürücülerden kaynaklanan etkenler olarak bildirilmiştir. Sürücü eğitimi, trafik kazalarında insan faktörünün olumsuz etkisini azaltabilecek ana faktör olarak belirlenmiştir.

Lin (1990), iki şeritli otoyollarda yatay kurpların düzleşmesi üzerine çalışmış ve otoyollardaki yatay kurpların ortalama olarak teğet kısımlardan daha tehlikeli olduğunu tespit etmiştir. Çalışmada elde edilen bulgulara göre eğrilikleri arttıkça, yatay eğriler daha yüksek kaza oranlarına sahip olma eğilimindedir. Yüzde 85'lik hızlar ile güvenli hızlar arasındaki farkların kaza oranlarıyla istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkisi olmadığı belirlenmiştir. Buna karşılık, araç teğet bir bölümden bir viraja hareket ettiğinde hız azalmasının büyüklükleri trafik güvenliği üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu ortaya konmuştur. Yumuşak eğimli yatay eğrideki bu tür hız düşüşleri, eğrilerin eğrilikleri ile güçlü bir şekilde ilişkilidir. Bu nedenle eğrilikler, eğrilerin güvenlik göstergesi olarak kullanılabileceği bildirilmiştir.

Başaran (1997), tarafından yapılan çalışmada, trafik kazalarının hava koşullarına ve iklim bölgelerine göre dağılımı incelenmiş, hava koşullarının trafik kazaları üzerindeki etkileri görsel grafikler, korelasyon ve regresyon yöntemleri kullanılarak hesaplanmıştır. Trafik kazalarının nedenleri, yol bozulmaları ve kaplama türleri, iklim türleri ve hava koşullarının bu bozulmalara etkisi hakkında çeşitli kaynaklardan toplanan bilgiler değerlendirilmiştir. Ancak, tahmin edilebileceği gibi, kötü hava koşulları, kazaların doğrudan bir nedeni olmadığı; kazaların ana nedenleri olan çevre, araç ve hava faktörleri üzerindeki etkisi ile kazaların meydana gelmesinde katalizör olarak görülmektedir.

Yılmaz (2000), yürüttüğü çalışmada "yol geometri standartları ile yol güvenliği ve kapasitesi arasındaki ilişki" araştırılmıştır ve araştırmada yol tasarımında en önemli hususun insan, yol ve araçlar arasındaki uyum olduğuna dikkat çekilmiştir. Yolla ilgili faktörler kazalarda insan faktörleri tarafından maskelense de yol faktörlerini kontrol etmenin insan davranışından daha kolay olduğu, bu nedenle iyi geometrik standartların yol güvenliğini sağlayabileceği sonucuna varılmıştır. Ulaşım sisteminde karayolu tercihinin yüksek olmasının trafik yoğunluğu arttıkça kaza sayısını artırarak olumsuz

sonuçlar doğurabileceğine dikkat çekilmiştir. Bu durumun hem maddi hem de manevi olarak daha fazla zarara yol açtığı, bu nedenle otoyollara yapılan vurguya öncelik verilmesi gerektiği bildirilmiştir. En faydalı olanın, yol güvenliğinin yanı sıra yol yapılarını ve çevrelerini sistematik bir çerçeve içinde sistematik olarak değerlendirmek olduğu vurgulanmıştır.

Kılınç (2017), tarafından yapılan çalışmada, tasarım kriteri olarak kullanılan minimum yatay eğri yarıçapı, düzlük kriteri dikkate alınarak hesaplanmıştır. Eğrilik kriteri ile hesaplanan kurp yarıçapı, diğer kriterlere göre hesaplanan kurp yarıçapı ile karşılaştırılmış, konforlu ve güvenli trafiğin sağlanması için yol-araç dinamiklerine göre en uygun yarıçap önerilmiştir. Kesişen yatay geometrinin tasarım aşamasında, belirtilen minimum eğri yarıçapından daha küçük bir yarıçap kullanılamaz. Bu nedenle minimum eğri yarıçapının tasarım yaparken dikkate alınması gereken en önemli sınırlardan biri olduğu bildirilmiştir.

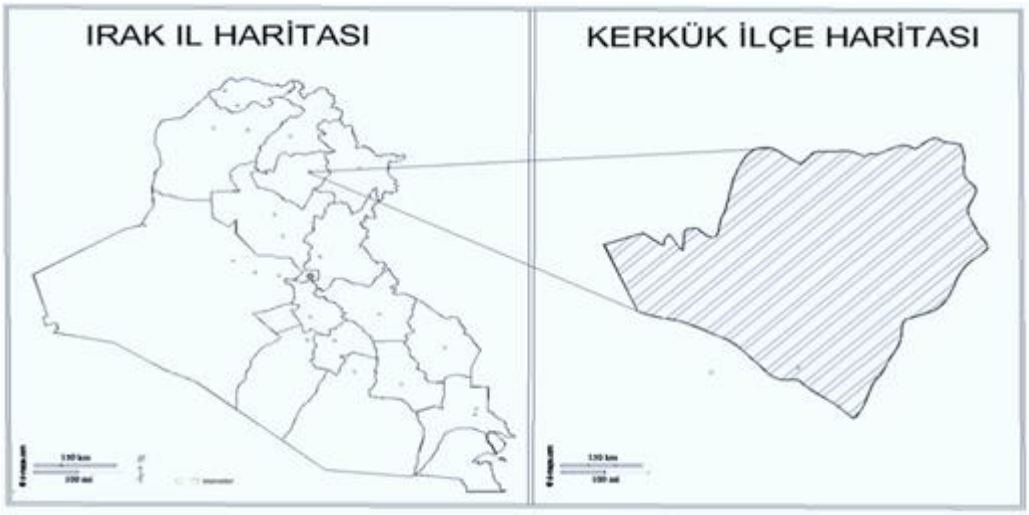
Mohammed (2019), tarafından yapılan araştırmada, Batı Şeria'da geometrik tasarım tutarlılığının yol güvenliği üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışmanın sonucu çalışma hızının, araç stabilitesinin, hizalama endekslerinin ve sürücünün iş yükünün güvenliği etkileyebilecek yaygın tutarlılık önlemleri olduğunu göstermiştir. Çalışmanın bulguları çeşitli geometrik tasarım tutarlılık önlemlerinin karayolu güvenliğine katkıda bulunduğuna dair kanıtlara katkı sağlamaktadır. Batı Şeria'daki iki şeritli kırsal otoyollar için önemli ölçüler, segment uzunluğu, trafik hacmi, işletme ve tasarım hızları arasındaki fark, ardışık tasarım öğeleri arasındaki yüzde 85'lik hızlardaki mutlak fark ve bireysel eğri yarıçapının ortalamaya oranı olarak belirlenmiştir. Bu çalışmanın pratik sonucu, önerilen önlemlere dayalı olarak kazaları tahmin edebilmenin yanı sıra, karayolu tasarımcıları, çarpışma sıklıklarını azaltmak için iki şeritli kırsal otoyolların tutarsız tasarımlarına dikkat etmelidir.

3. MATERYAL VE METOT

Kerkük şehri (Eski Adı: Tamim Şehri), Kuzey Irak'ta, başkent Bağdat'ın 236 km kuzeyinde, Erbil'in 83 km güneyinde, Musul'un 149 km güneydoğusunda, Süleymaniye'nin 97 km batısında, 116 km kuzeydoğusunda yer alan bir Irak şehridir (Şekil 3.1). Tikrit. 9,679 km² (3737 sq mi) alana sahiptir. Nüfus 2017 yılında 1.259.561'dir. Şehir dört bölgeye ayrılmıştır: Kerkük Bölgesi, Dibs Bölgesi, Hawija Bölgesi ve Daquq Bölgesi.

Kerkük, en büyüğü Kerkük şehrinde bulunan ve yaklaşık 13 milyar varil petrol rezervine sahip altı petrol sahası bulunduğundan petrol üretimi ile ünlüdür. Kuzey petrolü, Kuzey Petrol Boru Hattı aracılığıyla Türkiye'nin Ceyhan limanına ihraç edilmektedir.

2008 yılına kadar şehir, yirminci yüzyılın yetmişli yıllarının başında Irak petrolünün millileştirilmesi kararına istinaden, Irak Bakanlar Kurulu tarafından Kerkük'e iade kararı verilene kadar Ulusallaştırma Valiliği olarak adlandırıldı. (Şekil 3.1)'de İnceleme (Proje) alanı; Karayolları Genel Müdürlüğü yol ağında, Bölge Müdürlüğü (Kerkük) sınırları içerisinde yer almaktadır.



Şekil 3.1 İnceleme alanı yer bulduru haritası

3.1 Karayolu Ulaşım Sisteminin Sınıflandırılması

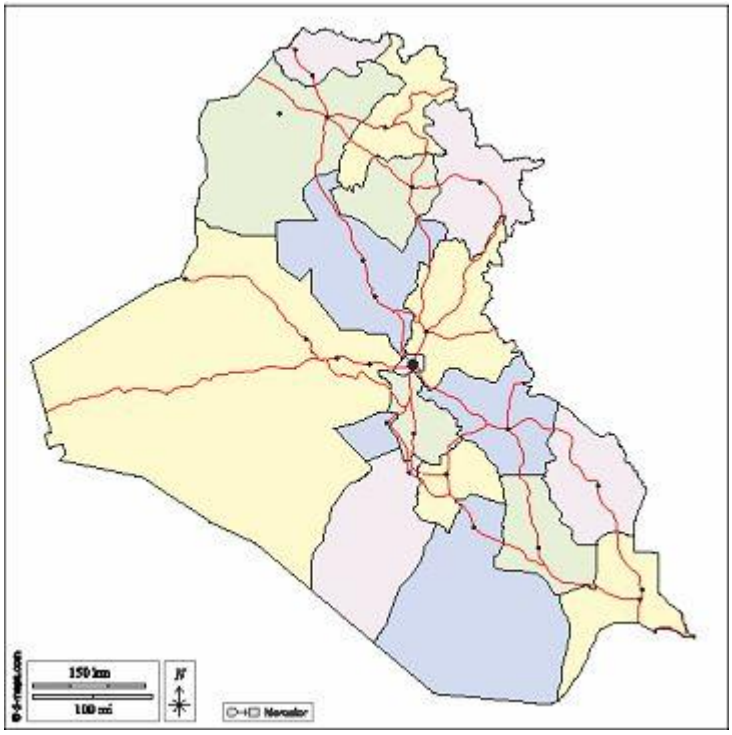
Karayollarının sınıflandırılması farklı ölçütlere göre yapılmaktadır. Her yol sınıfına özel kendi geometrik özellikleri belirlenmiştir. Dünyadaki yol sınıflandırmaları genellikle birbirine benzerdir. Ancak, bazı ülkelerde kendi özel koşullarına göre farklı sınıflandırmalar kullanılmaktadır (Yumak 2019).

Devlet İstatistik Enstitüsü'ne göre karayolu; "Özellikle kendi tekerlekleri üzerinde giden karayolu motorlu araçlarının kullanımı için, kamu trafiğine açık demiryolları veya havayolu meydanları hariç stabilize temeli kullanılan iletişim hatlarıdır". Bir yol ağı, belirli bir alandaki tüm yolları kapsamaktadır. Karayolları Trafik Yönetmeliği, karayolunu, yol, otoyol, köprü ve benzeri yapı ve halka açık alanlar olarak tanımlamaktadır.

Teknisyenler, yöneticiler ve halk arasındaki iletişim için karayollarını fonksiyonel sınıflara veya geometrik tiplere ayırmak gerekmektedir. Farklı kırsal ve kentsel alanlar için farklı amaçlar için çeşitli sınıflandırma şemaları kullanılmaktadır. Tasarım türlerinin ana geometrik özelliklere (otoyollar, geleneksel yollar ve otoyollar) dayalı olarak sınıflandırılması, yol düzeni ve tasarım süreci için en uygun yol sınıflandırmasıdır. Trafik kurallarının en uygun sınıflandırması, rota numarasına göre yapılmaktadır (Amerika Birleşik Devletleri, Eyalet, Bölge, vb.). İdari sınıflandırma (karayollarından sorumlu yollar, belediye yolları vb.) idari sorumluluk düzeyine göre yapılmaktadır.

Yol işlevsel sınıflandırması, yol ağındaki tüm yolların sağladıkları hizmet özelliklerine göre gruplandırılmasıdır. İlgili sınıflandırma sistemine bağlı olarak, yol standartları ve hizmet seviyeleri, incelenen yolun işlevine veya trafik hacmine bağlı olarak değişecektir. İşlevsel sınıflandırma, yol tasarımına ve trafik planlamasına sistematik bir yaklaşım sağlayacaktır. Pratikte ekonomik hayatın başlangıcındaki ve sonundaki trafik hacmi yol sınıfı seçiminde en belirleyici faktör olarak görülse de yolun yol ağındaki konumu da oldukça önemli bir etkendir. İşlevsel sınıflandırma, otoyolları hareketlilik ve erişilebilirlik standartlarına göre ana yollar, toplama yolları ve bölgesel yollar olarak ayırır. Bu durumda arter olarak belirlenen yolların hareketliliği arttıkça, daha yüksek

trafik hacimleri ve daha yüksek standartlar elde edilecek ve trafik hacmi düşük olan bölgesel yollarda erişilebilirliği düşük toplum standardına ihtiyaç duyulacaktır. (Şekil 3.2) ülke genelinde tamamlanmış ve yapımı devam eden otoyolları göstermektedir.



Şekil 3.2 Irak otoyol haritası

3.2 Geometrik Standartlar ve Seçimi

Yol geometri standartları; platform genişliği, yatay ve düşey kurp yarıçapları, devrilme, eğim gibi düzlem ve uzunluk kesitleriyle ilgili değerlerdir. Geometrik kriterler güzergâh seçimi ve keşfi üzerinde etkili olduğu için proje aşamasından önce belirlenmelidir. Bu kriterlerin başlangıçta doğru belirlenmesi proje aşamasına yardımcı olmaktadır (Baykal 2009).

Hızlı, güvenli ve konforlu ulaşımın sağlanması ve araç işletim maliyetlerinin düşürülmesi söz konusu olduğunda geometrik standartları yüksek olan yollar tercih edilmektedir. Ancak yol tasarımının büyük bir kısmı, kullanım ömrü boyunca gereksinimlere en makul şekilde cevap veren en ekonomik yolu tasarlamak olduğundan, standardın olması

gerekenin üzerinde tutulması istenmemektedir. Yol geometrisi standartlarının seçimini etkileyen faktörler:

- Proje hızı.
- Yolun hangi sınıfta yer aldığı.
- Trafik hacmi.
- Trafiğin bileşimi.
- Arazi topografik durumu.
- Mali olanaklar.
- Trafik güvenliği.
- Diğer unsurlar.

olarak sıralanabilir (Yayla 2002).

Bir karayolu planlanırken, geometrik tasarımın temeli olarak sürücü tarafından güvenli bir şekilde sağlanabilecek maksimum hız değeri, proje hızı veya tasarım hızı şeklinde tanımlanmaktadır. Mühendislik hızı geometrik tasarıma başlamadan önce belirlenmelidir. Çünkü minimum görüş uzunluğu, eğrinin minimum yarıçapı, eğri üzerindeki uygulama, bağlantı eğrisinin uzunluğu, maksimum boyuna eğim, genişleme temel alınarak hesaplanmaktadır (Kılınç 2017).

Yolun sınıfı, geometrik standardın seçiminde önemli bir faktördür. Otoyol olarak sınıflandırılan yollar hız, konfor ve güvenlik gerektirmektedir. Bu standartları karşılamak için yüksek standartlar korunmalıdır (Yumak 2019).

Hızlı, güvenli ve konforlu trafiğin sağlanması için trafik hacmi yüksek olan ana yolların yüksek tutulması beklense de trafik hacmi yüksek olan yerlerin yol tasarımında düşük bir geometrik standardın korunmasında bariz bir kusur yoktur. Hacim çok düşük olacaktır. Geometrik standart belirlenirken, yolun hizmet ömrü boyunca verimliliğinin sağlanması için önümüzdeki birkaç yıldaki trafik hacmi öngörülerek işlem yapılmalıdır (Kılınç 2017).

Belirlenen geometrik standartların uygulanmasının maliyeti ile sitenin topografik koşullarının arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır. Düz arazide yüksek standartların uygulanması daha kolay ve daha uygun maliyetli olsa da dağlık arazide geniş yarıçaplı eğriler veya sığ boyuna eğimler gibi yüksek standartların seçilmesi zordur, toprak dökümü ve yüksek kesimler gerektirdiği için oldukça pahalıdır. Finansal imkanlar elveriyorsa, yüksek geometrik standartların korunması ve kritik olan durumlarda yüksek standart odaklı önceliklerin kullanılması, hızlı, güvenli ve verimli ulaşım sistemlerinin tasarlanmasında etkili olacaktır (Kılınç 2017).

Yolun alanın içinden geçeceği zemin koşulları, iklim koşulları, ana arazi kullanım şekilleri, kentsel tarihi doku ve şehir içi yollardaki yerleşim yoğunluğu ve diğer faktörler yol geometrisi kriterlerinin seçimini etkileyebilecek diğer faktörler olarak sıralanabilir.

Yol geometri standartlarının olmaması veya uygulanmaması yol güvenliğini tehlikeye atabilir ve trafik kazalarına neden olabilir. Bundan dolayı geometrik standartlar seçilirken yol güvenliğini artıran değerlere öncelik verilmelidir. Trafik kazalarına neden olan en önemli faktörler arasında, yanlış seçim veya geometrik standartların uygulanmaması nedeniyle yol kusurları ön plana çıkabilir. Aşağıda, yol kusurlarına neden olan ve geometrik standartların seçimi ile ilgili bazı durumlar verilmiştir (Kılınç 2017).

- Yol güzergâhındaki kritik kesimlerini oluşturan eğri kesimlerinde (kurp) yanlış enine eğimin (dever) uygulanmasının olması veya kesimlerde hiç dever olmaması.

- Güvenli, hızlı ve konforlu ulaşımı sağlayabilecek olan en küçük kurp yarıçapının hatalı seçilmesi.

- Yol güzergâhındaki doğru kesimleri meydana getiren aliymanlardaki boyuna ve enine eğimlerin hatalı seçilmesi.

- Boyuna olan eğimin fazla olduğu yerlerde tırmanma şeritlerinin olmaması.

- Kötü yol yüzeyi özelliklerinin bulunması.

- Yeterli düzeyde görüş mesafelerinin olmaması.

- Yeterli banket genişliklerinin olmaması ya da hiç banketin bulunmaması.

- Geçki yatay ve düşey geometrilerindeki uyumsuzluk.

3.3 Geometrik Tasarım Tutarlılığı

Tasarım tutarsızlığının ana kaynaklarından biri, tasarım hızı kavramına dayalı olarak geliştirilen geometrik tasarım standartlarında yatmaktadır. Konsept 1930'lardan beri kullanılmaktadır ve bugün hala kullanılmaktadır.

Tasarım hızı konsepti, sürücünün tasarım hızına eşit veya daha düşük bir işletim hızı seçeceğini varsayar. Bu varsayım gerçeğe uygun olmayabilir. Ampirik veriler, sürücülerin hızlarını, istenen hız, yayınlanan hız, trafik hacmi ve algılanan uyum riskleri dahil olmak üzere bir dizi faktöre göre ayarladıklarını göstermiştir. Ek olarak, ampirik veriler, İşletme hızının, tasarım hızının 110 km/s'e eşit veya daha az olması durumunda tasarım hızını aşabileceğini göstermiştir. Bu nedenle, tasarım hızına bağlılık garanti edilemeyebilir (Ng 2002).

Tasarım hızı daha uzun yol bölümleri boyunca sabit olmalıdır. Araştırmalar, kavisli yol kesitlerinde sürüş davranışının, özellikle daha düşük tasarım hızı seviyelerinde, yol kesitinin özgün tasarımının dayandığı tasarım hızını önemli ölçüde aştığını göstermiştir. Bu nedenle tasarım hızının ve çalışma hızının uyumlu hale getirilmesi, tasarımda, yeniden tasarımda dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli güvenlik kriteridir (Colonna *et al.* 2018).

Yolun her bir bileşeni için işletim hızı tasarım hızından büyükse, bu bir güvenlik sorununa yol açabilir. Bu, özellikle yüksek hızların trafik güvenliğindeki denge koşullarını karşılamayabileceği yatay virajlar için önemlidir. Bu nedenle bu çalışmada kurpun işletim hızı ile tasarım hızları arasındaki fark incelenmiştir (Lamm et al. 1999).

3.3.1 Tasarım hızı

Tasarım hızı kavramı, yol tasarımı sırasında araçların güvenli ve konforlu şekilde hareketlerini sağlayacak (eğim, dever ve kurp yarıçapı gibi) olan karakteristiklerin belirlenmesi için önceden belirlenmiş olan teorik hız değerini ifade etmektedir.

Design Velocity, 1930'lardan beri çoğunlukla Amerika Birleşik Devletleri'nde kullanılmaktadır. Almanya gibi yatay ve dikey geçiş elemanları için etkin bir kontrol elemanıdır. Ancak daha önce de belirtildiği üzere eğim miktarı yatay ve dikey eğriler gibi tasarım parametrelerinin tespit edilmesinde belirleyicidir.

Tasarım hızı, genel olarak normal hava koşulları altında güvenle yapılabilecek olan en yüksek hız olarak ifade edilebilir. Proje hızının seçiminde, yolun kırsal yol veya kent içi yol olması, arazinin topografik durumu, sınıfı ile trafik karakteristikleri gibi etkenler dikkate alınır. Tasarım hızı denklem (3.1) göre hesaplanabilir.

$$V_t = \sqrt{127(e+f)R_{min}} \tag{3.1}$$

Tasarım hızı, genel olarak karayolunda birtakım geometrik elemanlarının belirlenmesinde ve boyutlandırılmasında rol oynamakta, yatay kurp, görüş mesafesi, dever gibi enkesit elemanlarının tasarımları ile doğrudan bağlantılıdır. Şerit ve banket genişliği ile yanal açıklıklar benzeri diğer elemanların tasarımında ise doğrudan tasarım hızı ile bağlantılı olmasa da araç hızlarına etki etmektedir. Yol sınıfları dikkate alınarak tasarım hızları (Çizelge 3.1) de yer almaktadır. Karayolu standardı, düşey ve yatay ekseni, arazinin ve trafiğin sürücü tarafından fark edilmesi ise doğrudan tasarım hızı ile bağlantılıdır. Topografik ve jeolojik yapı, var olan kamulaştırma- imar durumu ve çevre koşulları buna örnek olarak gösterilebilir (Ng 2002).

Çizelge 3.1 Minimum tasarım hızları

Yol Türü	Arazi Türü	Kırsal Kesimde Geçerli Minimum Tasarım Hızı (km/sa)	Kentsel Kesimde Geçerli Minimum Tasarım Hızı (km/sa)
Otoyollar-Çevre yolları (Freeway)	Düz	110	80
	Engebeli	110	80
	Dağlık	100-80	80
Ana yol (Arterial)	Düz	120-100	100-50
	Engebeli	100-80	100-50
	Dağlık	80-60	100-50
Toplayıcı yol (Collector)	Düz	100-60	50
	Engebeli	80-50	50
	Dağlık	60-30	50
Yerel yol (Local)	Düz	80-50	50-30
	Engebeli	60-30	50-30
	Dağlık	50-30	50-30

3.3.2 İşletme hızı

İşletme hızı kavramı; seyir sırasında söz konusu olan aktüel hız miktarı olarak tanımlanabilir. A.B.D. standartlarında yapılmış olan işletme hızı tanımlamasına göre, "sürücülerin araçlarını, serbest akım koşullarında iken kullandıkları hız" şeklinde yapılmıştır. Söz konusu bu hız dağılımındaki %85'lik kısım, genelde istatistiksel olarak, yolun belli bir bölümüne ve/veya geometrik özelliklerine bağlı olarak tespit edilen işletme hızı şeklinde kullanılmaktadır (Morrall and Robinson 2003).

Bu bağlamda çalışma hızının, genellikle %85 aralığında hız olarak ifade edilen sürücü, çevre, araç ve yol ile ilgili faktörlerden etkilenir ve görüş, tepe dikey eğri ve ilgili tasarım

parametreleri üzerinde etkisi vardır. Tasarım hızı, özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) herhangi bir yol segmenti tasarımının tanımlayıcı bir özelliği olmasına rağmen, bazı tasarımcılar tarafından son zamanlarda yapılan çalışmalarda göz ardı edilmiştir. Bunun temel nedenlerinden biri, gerçek hız ile teorik hız arasındaki uyumsuzluktur.

Kurplarda verilmiş olan dever eğimi, geçiş görüş uzunluğu ve duruş görüş uzunluğu gibi tasarım parametrelerinin üzerinde etkili olan %85'lik dilim içerisindeki hız (V85), yolun geometrisine bağlı olarak değişim göstermektedir. Güvenlik değerlendirmesi kapsamında ise güvenlik kriteri I ve güvenlik kriteri III açısından esas alınmaktadır (İyinam 1997).

Genel kabul görür düşünceye göre, sürücü seyir halinde olduğunda yolun koşullarına da bağlı olarak, uygun olan işletme hızını belirleyebilecek, diğer bir ifade ile uygun işletme hızına karar verebilecek durumdadır. Buna dayanarak birçok çalışma, %85 dilim içindeki hız ile bağlantı eğrisinin tek bir dairesel kurbanının eğrilik değişim oranı arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermiştir. Aslında %85 dilimindeki hız olarak bilinen bu koşu hızı parametresi formül olarak doğrudan eğrilik değişim hızına bağlı olmaktadır (Ng and Sayed 2004).

3.4 Görüş Mesafesi

Görüş mesafesi, sürücünün hem yatay hem de düşey düzlemde görebildiği anayol uzunluğu olarak tanımlanmakta ve trafik kazası için önem arz etmektedir. Görüş mesafesi yeterli değilse ve bu küçük yatay eğri yarıçapı, küçük tepe düşey eğri yarıçapı, kavşak ve bazı yollarda sollama görüş mesafesinin olmaması gibi kötü görsel mesafeye sahip yerlerde görünürse, açıkça yüksek kaza oranını getirecektir. Aracın yolda güvenli bir şekilde seyahat edebilmesi için sürücünün önünü görebilmesi önemlidir. Otoyoldaki motorlu araçların yörüngesi ve hızı, farklı beceri, eğitim ve deneyime sahip sürücüler tarafından kontrol edilir. Görüş mesafesi, durma görüş mesafesini (AGM) ve çapraz görüş mesafesini (GGM) içerir (Mohammed 2013).

3.4.1 Geçiş görüş mesafesi (GGM)

Geçiş görüş mesafesi, bir aracın sürücüsünün diğer bir aracı güvenli ve rahat bir şekilde geçmesi için gereken minimum görüş mesafesidir. Geçiş manevrası başladıktan sonra, karşıdan gelen aracın görüş alanına girdiği ve tasarım hızını azalmadan koruduğu varsayılarak geçiş yapılmalıdır. Geçiş görüş mesafesi, karayolunun belirli bir bölümünün verimli çalışması için merkezi öneme sahiptir. Geçiş görüş mesafesi sadece tekli yollar için geçerlidir. Tam geçme görüş mesafeleri, durma görüş mesafelerinden çok daha değerlidir. Bu nedenle ekonomik gerçekler, yalnızca hem düşey hem de yatay hizalamaların nispeten düz ve düz bir otoyol tasarımına izin verdiği nispeten düz arazide uyulabileceğini belirtir (Lamm et al. 2001).

3.4.2 Duruş görüş mesafesi (DGM)

Duruş görüş mesafesi (DGM), sürücünün aracı karayolu üzerinde bir cisme çarpmadan önce durdurabilmesi için gerekli olan mesafedir. Bu, sağlanan minimum görüş mesafesidir ve diğer birçok tasarım öğesinin boyutunu etkilediğinden, yol tasarımının maliyetini ve çevresel etkisini kontrol eden ana faktörlerden biridir

Yol güvenliğinin sağlanabilmesi için sürücünün tehlikeyi fark ederek durabilmesi için hıza bağlı olarak belirli bir süre ve mesafe kat etmesi gerekmektedir. Minimum (veya güvenli) park görüş mesafesi, fren süresi ile reaksiyon süresinin toplamıdır. Hesaplamak için Denklemi (3.2)'i kullanın. Durarak görme mesafesi hesaplanırken göz yüksekliği 1,08 m, nesne yüksekliği 0,20 m'dir (KGM 2005).

$$\text{DGM} = 0{,}278Vt + 0{,}0039\frac{V}{a} \qquad (3.2)$$

Eğimli olan yollarda düz yollara nazaran frenleme mesafesi artış göstereceğinden veya azalacağından DGM Denklem (3.2)'den daha farklı şekilde eğimi de göz önünde bulunduran Denklem (3.3) ile hesaplanmaktadır.

$$\text{DGM} = 0{,}278t + \frac{v2}{254\left[\left(\frac{a}{9.81 \pm g}\right)\right]} \quad (3.3)$$

g yolun eğimidir, yükselen eğim için ondalık nokta (+) ve inen eğim için ondalık nokta (-) kullanılır. Kaplamanın yaşına göre hesaplanan DGM'ler (Çizelge 3.2)'de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Minimum duruş görüş mesafesi

Tasarım Hızı (km/sa)	Eğimsiz		Aşağı Eğim (m)			Yukarı Eğim (m)		
	Hesaplanan (m)	Yuvarlatılan (m)	%3	%6	%9	%3	%6	%9
20	15,70	20	17	17	18	16	15	15
30	27,00	30	28	30	31	27	26	25
40	40,59	45	42	45	47	39	38	37
50	56,48	60	59	63	67	54	52	51
60	74,65	75	79	83	89	71	69	66
70	95,13	100	100	107	115	91	87	84
80	117,89	120	125	133	143	112	107	103
90	142,95	145	151	162	175	135	129	124
100	170,31	175	180	193	210	161	153	146
110	199,95	200	212	288	247	188	179	171
120	231,30	235	246	265	288	218	207	197
130	266,13	270	283	305	332	249	236	255

3.5 Yatay Eksen Analizi

Yatay Eksen; dairesel eğrilerin, aliymanlarının ve geçiş eğrilerinin birleşimidir. Proje standardı olarak kullanılan minimum kurp yarıçapının tespiti, görüş mesafesi ve sürtünme faktörü de dikkate alınarak sürücü, taşıt ve yol boyu karakteristiklerine bağlı olarak planlanmalıdır. Aliymanları birbirine bağlayan dairesel eğrinin iki tarafı uygun eğrilerle aliymanlara bağlanmalıdır. Doğru hizalamadan sonra ani değişiklikler ve beklenmedik nitelikte keskin eğriler kullanılmamalıdır (Konyalıoğlu 2004).

Geometrik elemanların seçimi, beklenen proje hızında ekonomi, güvenlik ve sürekliliği sağlayabilmelidir. Eğri tasarlanırken hız ve bunun dönüşümle ilişkisi belirtilmelidir (Yaman ve Kaman 1979).

3.5.1 Aliyman

Aliyman, karayolunun lineer bir bölümünü oluşturan yatay bir eksen elemanıdır. Aliyman uzunluğunun fazla olması durumunda aşağıda sıralanan olumsuzluklar ortaya çıkabilmektedir:

- Sürücülerin trafikte aşırı hız yapmasına imkân tanımaktadır.
- Karşıdan gelen araçların veya takipte olan araçların hızlarının ve mesafelerinin belirlenmesi daha güç olmaktadır.
- Gece yolculuklarında karşıdan gelen araçların farları sürüş güvenliğini ve konforunu olumsuz şekilde etkilemektedir.
- Doğu-Batı aksında sabahları güneş doğarken ve akşamları güneş batarken sürücüler olumsuz şekilde güneş ışığından etkilenmektedir.
- Monoton sürüş koşulları sürücülerde dikkatin dağılmasına ve yorgunluğa neden olabilmektedir.
- Kısa derz uzunlukları durumunda yeterli geçiş görüş mesafesini sağlanmak zor olmaktadır.
- Bağımsız aliyman uzunluğu, aliyman – kurp – aliyman ilişkisinde sağlanamamaktadır.
- Hız azaldığından dolayı yolculuk süresi artmaktadır.
- Kapasite düzeyi azalmaktadır.

Hızlanan araç ve viraj arasındaki hız farkı 20 km/s'den büyük olduğunda, bağımsız bir hız aracı olarak kabul edilebilir (virajın varlığı hız yapan arabanın hızını etkilemez). Ahriman'ın koşu hızı (KGM 2005).

3.5.2 Yatay kurp

Bir yol güzergâhı, düz kısımlardan (aliyman) ve eğri kısımlardan (yatay kurba) oluşur. Eğri kısımlar, düz kısımları birbirine bağlar. Projenin uygulanacağı arazinin topografik koşulları ve güzergâhın 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 sınırlayarak bu standartlardan fedakârlık edebiliriz. Hız kısıtı, görüş uzaklığı ve yolu kullanan araçların teknik düzeyleri göz önüne alınarak belirlenir (Yılmaz 2000).

Yatay kurpların doğru tasarımı, karayolu güvenliğini ve konforunu etkileyen önemli özelliklerden biridir. Aksi takdirde karayolunun trafik kapasitesi ve mühendislik hızı düşecek ve kaza olma olasılığı artacaktır. Yatay eğri tasarımının kaza oranı için önemi (Çizelge 3.3)'te gösterilmektedir (Umar ve Yayla 1994).

Çizelge 3.3 Yatay kurplarda kaza oranı (Umar ve Yayla 1994)

Kurp Yarıçapı (m)	**Toplam Kaza Oranı (%)**	
	Kırsal	**Kentsel**
2000	2,7	1,47
2000-1000	3,42	2,46
1000-500	4,20	4,01
500-200	7,20	6,72
200	20,00	16,70

Denklem (3.4)'te belirtildiği gibi minimum eğri yarıçapı (R_{min}), maksimum devir sayısı (e), proje hızı (V_t), ve maksimum yanal sürtünme katsayısı (f) ile hesaplanır (Yumak 2019).

$$R_{min} = \frac{v_t^2}{127(e+f)} \tag{3.4}$$

(Çizelge 3.4)'de minimum kurp yarıçapının hesaplanması tasarım hızına, maksimum dever sayısına (e_{max}) ve maksimum yanal sürtünmeye bağlıdır. Şehir içi yollarda, güvenlikten dolayı maksimum dever %4 ile sınırlıdır.

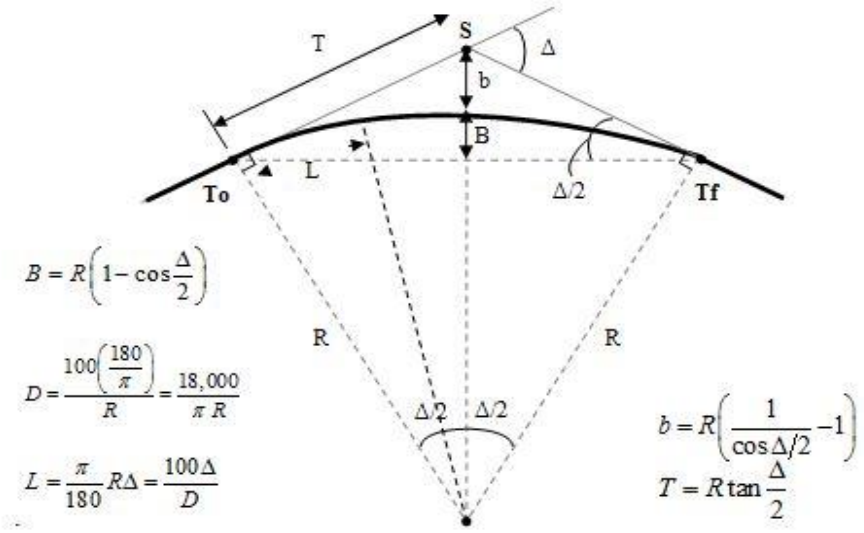
Çizelge 3.4 Minimum kurp yarıçapı

TasarımHızı (km/saat)	**e_{max}%**	**F_{max}**	**Hesaplanan Yarıçapı (m)**	**Yuvarlatılan Yarıçapı (m)**
Tek Şerit Rotasyonu				
20	4	0,18	14,3	15
30	4	0,17	33,7	35
40	4	0,17	60,0	60
50	4	0,16	98,4	100
60	4	0,15	149,1	150
70	4	0,14	214,2	215
80	4	0,14	279,2	280
90	4	0,13	375,0	375
100	4	0,12	491,9	490
Çift Şerit Rotasyonu				
20	6	0,18	13,1	15
30	6	0,17	30,8	30
40	6	0,17	54,7	55
50	6	0,16	89,4	90
60	6	0,15	134,9	135
70	6	0,14	192,8	195
80	6	0,14	251,8	250
90	6	0,13	355,5	335
100	6	0,12	437,2	435
110	6	0,11	560,2	560
120	6	0,09	755,5	755
130	6	0,08	950,0	950
20	8	0,18	12,1	10
30	8	0,17	28,3	30
40	8	0,17	50,4	50
50	8	0,16	82,0	80
60	8	0,15	123,2	125
70	8	0,14	175,3	175
80	8	0,14	228,9	230
90	8	0,13	303,6	305
100	8	0,12	393,5	395
110	8	0,11	501,2	500
120	8	.0,09	666,6	665
130	8	0,08	831,3	830

Yatay kurplar 4 çeşittir:

3.5.2.1 Basit yatay kurbalar

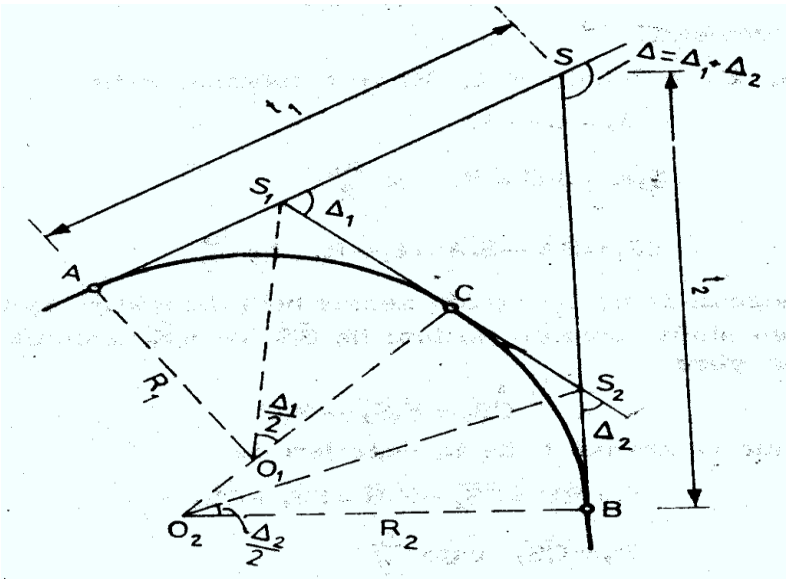
Basit yatay kurbaların kullanımı iki aliymanı birbirine bağlamak içindir. Basit yatay kurbadaki iki teğet uzunluğu geometri gereğince birbirine eşit olmaktadır. Basit yatay kurp elemanları (Şekil 3.3)'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Basit yatay kurp elemanları

3.5.2.2 Birleşik yatay kurbalar

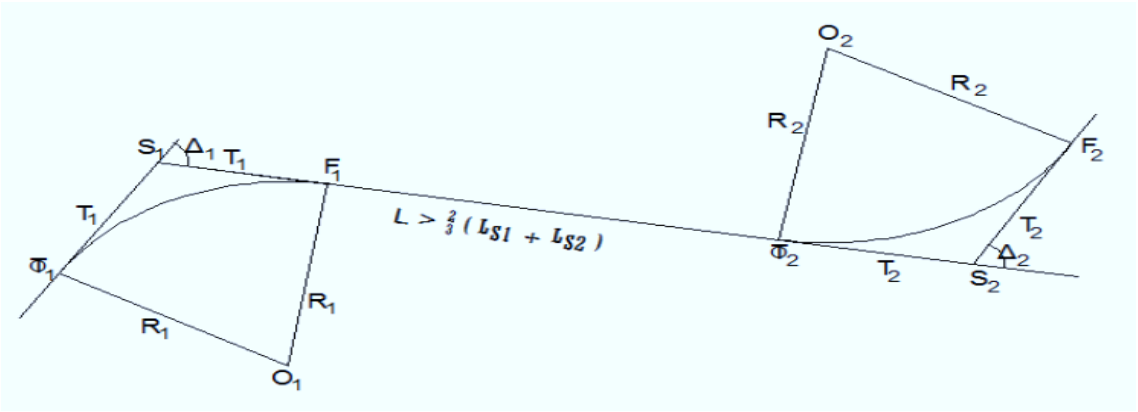
İlk kurbadaki ikinci teğet ile ikinci kurbadaki ilk teğet aynı noktadır. Kırsal yollardaki özellikle topografik olarak geçilmesi daha zor olan arazi kesimleri, maliyeti artıran doğal engeller ve şehir içi yollardaki imar kısıtlarının tümü birleşik yatay kurba kullanımını gerektirebilir. Birleşik yatay kurba kullanılması durumunda büyük kurba yarıçap, küçük kurba yarıçapına göre en fazla 1,5 oranında olması istenir. (Şekil 3.4)'te Birleşik yatay kurp elemanları gösterilmiştir.



Şekil 3.4 Bileşik yatay kurp elemanları

3.5.2.3 Ters yerleştirilmiş yatay kurbalar

Ortak bir teğetin her iki tarafında (sağ ve sol) iki yaydan oluşurlar. Şekil 3.5'te gösterildiği gibi merkezleri zıt yönlerde olduğu için baş aşağı kurbağalar olarak da adlandırılırlar. Parçaları yapmak zordur. Bunun için ilk kurbanın sonu ile ikinci kurbanın başlangıcı arasında en az 60 m'lik bir mesafe bırakılması tavsiye edilir. Kurbağanın yarıçapı, önerilen minimum mesafeyi sağlayacak şekilde seçilmelidir (Şekil 3.5).



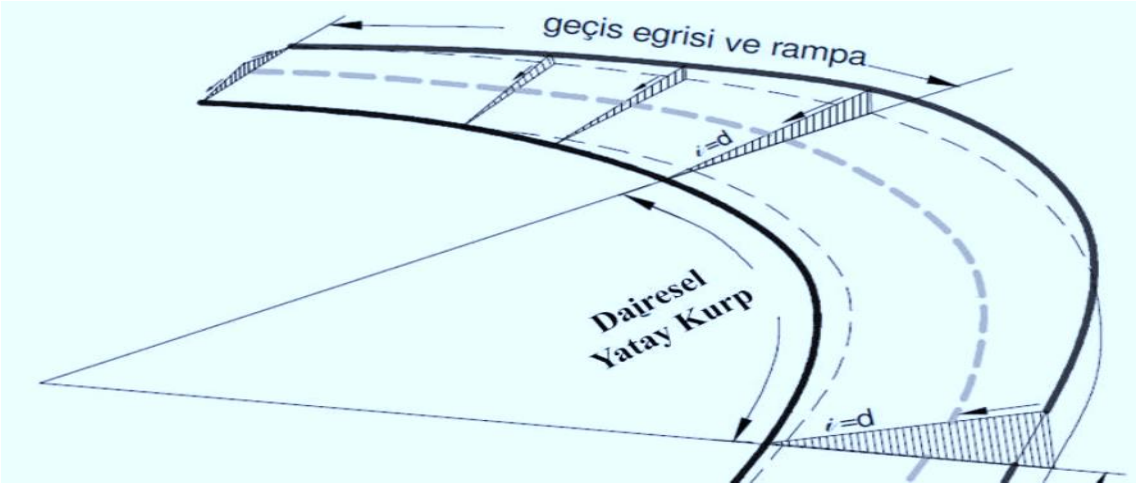
Şekil 3.5 Ters yatay kurp elemanları

Geri virajlarda devrilme uygulaması mümkün olmadığı için çok düşük hızlı yollarda bu tür uygulamalar sadece ekonomik amaçlarla düşünülmelidir. Yüksek hızlı yollarda

sürüşün güvenliği ve konforu hız yapmayı gerektirdiğinden, hız için izin verilen minimum mesafe ve hatta yolun kalitesi dikkate alınarak ardışık iki viraj arasına yerleştirilmelidir. Minimum Türkçe karayolu üzerinde kayıt uzunluğu $L_s = 45\ m$ olduğundan, sürekli bir ters eğrinin "başlangıç" ve "bitiş" noktaları arasındaki minimum mesafe 60 m olmalıdır.

3.5.2.4 Geçiş eğrileri

Aliymandan kurba geçişte merkezkaç kuvvetinin ani etkisini azaltmak ve daha konforlu bir geçiş sağlamak için eğrilik yarıçapının göreceli olarak değiştirilmesine geçiş eğrisi (transition curve) denir.(Şekil 3.6)'da görüldüğü gibi geçiş yatay eğrisinin elemanları hesaplanırken aracın viraja geçiş sırasında maruz kaldığı deformasyon miktarı belirli bir değeri geçmemelidir.



Şekil 3.6 Geçiş yatay eğri elemanları

Viraja geçişte konforu sağlamak, aracı doğal yörüngesinde tutabilmek ve yanal merkezkaç ivmesinde değişiklikleri sınırlamak için minimum geçiş eğrisinin uzunluğu (p_{min}, yolcu ile eğri arasında yanal ötelenme miktarıdır) 0,2 m kabul edilebilirdir. C yanal ivmedeki en yüksek değişim oranıdır (1,2 m/s^3 dikkate alınır). Geçiş Denklem (3.5) ve Denklem (3.6)'ya göre, hangisi daha büyükse hesaplanır (Yumak 2019).

$$\text{Min}L_S=\sqrt{24P_{min}}\text{R} \tag{3.5}$$

$$L_s = 0{,}0214\frac{V^3}{RC} \tag{3.6}$$

Yatay virajların güvenliğini artıran (P_{min}) yolun düz bölümü ile viraj arasındaki 1.0 m alarak maksimum yanal ötelemedir.

3.5.3 Yatay kurplarda dever

Yatay bir kurpta, merkezkaç kuvvetinin neden olduğu sarsıntıyı ve devrilmeyi önlemek için bir yol kesitine verilen eğime devrilme denir. Virajda hareket ederken araca etki eden bir merkezkaç kuvvetine karşı koymak için, genellikle üstyapı travers eğimi, tek eğimden daha alçakken, dıştan daha yüksek olarak tasarlanır. Bu, merkezkaç kuvvetinin tamamına veya bir kısmına karşı koyabilir ve seyahat stabilitesini ve konforunu iyileştirebilir. Çapraz yükselme değeri denklemi, proje hızı (V_t) ve kurp yarıçapı (R) olarak belirtildiği şekilde dever (S) Denklem (3.7)'de belirtildiği üzere hesaplanmaktadır (Mohammed 2013).

$$\text{S}=\frac{0{,}00443\ V_t^2}{R} \tag{3.7}$$

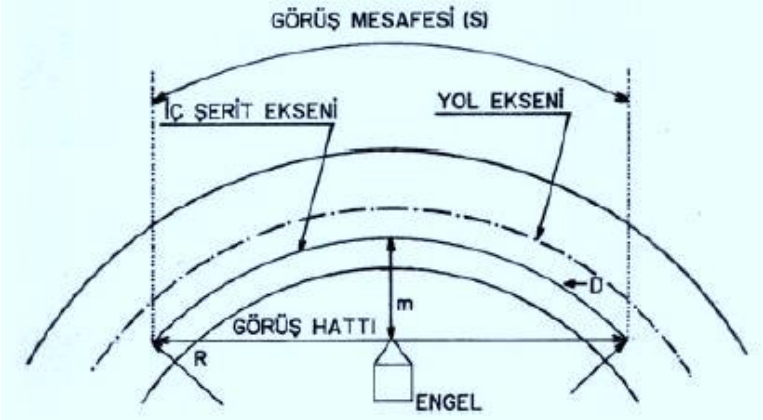
Bu miktar ise %8'dir. Zorunlu olan durumlarda %10'a kadar miktardır. Aracın kurbağada aldığı merkezkaç kuvveti, tamamen yükselme ile değil, yanal sürtünme ile dengelenir. Otoyol geometri standardında proje hızının %75'i devren ve %25'i sürtünme ile karşılanacaktır. Bu değerler ülkeye göre değişiklik gösterebilir (Yumak 2019).

3.5.4 Yatay kurplarda görüş mesafesi

Yatay eksendeki diğer bir unsur, yatay eğri içindeki yanal görüş mesafesidir. Yatay kurp içerisinde görüş hattını engelleyen duvarlar, eğimli şevler, binalar ve engeller gibi

nesneler olduğunda, trafik güvenliğini sağlamak için yol tasarımının değiştirilmesi gerekir.

Dönen aracın sürücüsünün D noktasındaki tehlikeyi görebilmesi ve güvenli bir şekilde durabilmesi için, Şekilde gösterildiği gibi, sürücünün D noktasındaki görüş hattının herhangi bir yan görüş hattı ile engellenmemesi gerekir. (Şekil 3.7)'de iç şeridin ekseninden uzaklığı m'dir. S görüş hattı, yani yan görüş hattı için gereken m mesafesi Denklem (3.8)'e göre hesaplanır.



Şekil 3.7 Yatay kurpta yanal görüş mesafesi

$$M = R\left[1 - cos\ cos\ \frac{28.65s}{R}\right] \quad (3.8)$$

3.6 Düşey Eksen Analizi

Doğal zemin bazı yerlerde düz olabilir ve bazı yerlerde farklı büyüklükteki eğimlere sahip olabilir. Derecenin aşırı değiştiği tüm bu yerlerde aracın düzgün hareket edebilmesi için uygun düşey eğriler kullanılarak zemin profilinin düzleştirilmesi gerekir. Yolun dikey hizalaması, yüksek hızlarda araç hareketlerinde araç hızını, ivmesini, hızlanmasını, durma mesafesini, görüş mesafesini ve konforu etkileyen dereceler ve dikey eğrilerden oluşur.

3.6.1 Arazinin topografyası

Arazinin topografyası, yolların ve caddelerin hizalanması üzerine Uence'de Hasen'den geçti. Topografya yatay hizalamayı etkilemektedir. Fakat düşey hizalamanın üzerinde daha etkili şekilde bir etkiye sahip olmaktadır. Topografyadaki varyasyonların karakterize edilmesi için mühendisler onu genellikle araziye göre düzlük, yuvarlanma ve dağlık olmak üzere üç sınıfa ayırırlar.

Düz arazide hem yatay hem de düşey kısıtlamalar tarafından yönetilen karayolu görüş mesafeleri genellikle uzundur veya inşaat zorluğu veya büyük masraflar olmaksızın böyle yapılabilir (Hearne 1976) .

Yuvarlanma arazide, doğal eğimler sürekli olarak yol veya karayolu eğiminin üstüne çıkar ve altına düşer ve ara sıra dik eğimler normal yatay ve düşey karayolu hizalaması için bazı kısıtlamalar getirir.

Dağlık arazide, zeminin yola göre yüksekliğindeki uzunlamasına ve enine değişiklikler ani olmakta ve kabul edilebilir yatay ve düşey eksen elde etmek için eğme ve yan tepe kazılarına sıklıkla ihtiyaç duyulmaktadır.

Genel olarak, dağlık arazi, düz araziden daha dik dereceler üreterek kamyonların binek araçlarınkinden daha düşük hızlara düşmesine neden olur; dağlık arazinin daha da büyük etkileri vardır ve bazı kamyonların tarama hızlarında çalışmasına neden olur.

3.6.2 Boyuna eğimin trafik kazalarına etkisi

Karayolun boyuna eğimi trafik kazalarının oluşumunu etkileyen faktörlerden biridir. Tek başına değilse de diğer faktörlerle birlikte trafik kazalarının oluşumunu da etkiler. Kademeli yollarda trafik kazası oranı, düz eğimli yollara göre daha yüksektir .

Boyuna eğimi yüksek olan karayollarında, iniş yönünde meydana gelen trafik kazalarının oranı çıkış yönündekilerine göre 1.5 ile 3 kat daha fazladır. İnişli bir yolun trafik kazalarına etkisi incelenirken hız da gözden kaçırılmaması gereken bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır. Boyuna eğimi %6'dan az olan karayollarında meydana gelen trafik kazalarında eğimin etkisi olmamakla beraber, bu değerden yüksek eğimli karayollarında trafik kazalarının arttığı tespit edilmiştir . Yol sınıfına ve arazi yapısına göre maksimum boyuna eğim (Çizelge 3.5) (Choveiri *et al.* 1994).

Çizelge 3.5 Maksimum boyuna eğim (KGM 2005)

Karayollarının Geometrik Sınıfları	**Boyuna Eğim (%)**			
	Sınıf	**Düz**	**Dalgalı**	**Dağlık**
Çok Şeritli Olan Karayolları		4	5	6
İki Şeritli Olan Karayolları	1. Sınıf	4	6	7
	2. Sınıf	5	7	8
	3. Sınıf	6	8	9
	4. Sınıf	10	12	16
Çevre Yolları	Çok Şeritli	4	5	6
	İki Şeritli	4	6	7
Kentsel Yollar	Çok Şeritli	4	5	6
	İki Şeritli	4	6	7

3.6.3 Düşey kurplar

Biri diğerini takip eden ve birbirinden farklı boyuna eğimler bulunan yol kesimlerinin arasındaki, yerçekimi ivmesinin araçların ve sürücülerin üzerindeki etkisini azaltmak, güvenli ve konforlu bir sürüşü sağlamak amacıyla tasarlanan eğrisel geçiş elemanları Düşey Kurp (Vertical Curve) olarak tanımlanır.

Sürüş konforu açısından köşe uzunluğu, virajdaki eğim değişim oranını kabul edilebilir bir aralıkta tutacak kadar uzun olmalıdır. Bu dikey virajlarda iyi görüş sağlamak için de gereklidir. Bunun için Denklem 9 ile elde edilen ve düşey eğri katsayısının büyüklüğünün mutlak değeri olarak tanımlanan dairenin yarıçapına çok benzer bir işlevi vardır. Ayrıca sağladığı konfor, güvenlik, estetik, drenaj ve benzeri özelliklerin yeterli bir göstergesi veya ölçüsüdür. Sorunlu eğri için denklem (3.9)'a göre K, eğimdeki birim yüzde farkı başına eğrinin uzunluğu olarak tanımlanabilir. Dikey bir eğri, görüş mesafesinin

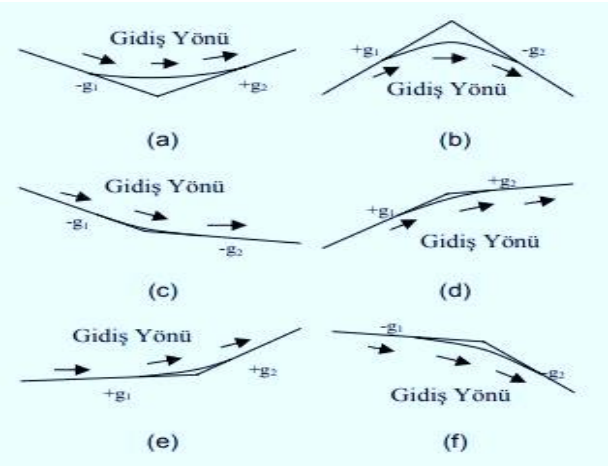
durdurulması ve görüş mesafesinin değiştirilmesi için gereken minimum K değerini sağlar. (Çizelge 3.6) düşey kurp katsayısı (K) değeri gösterimi.

$$K = \frac{L}{A} \tag{3.9}$$

Çizelge 3.6 Düşey kurp kat sayısı

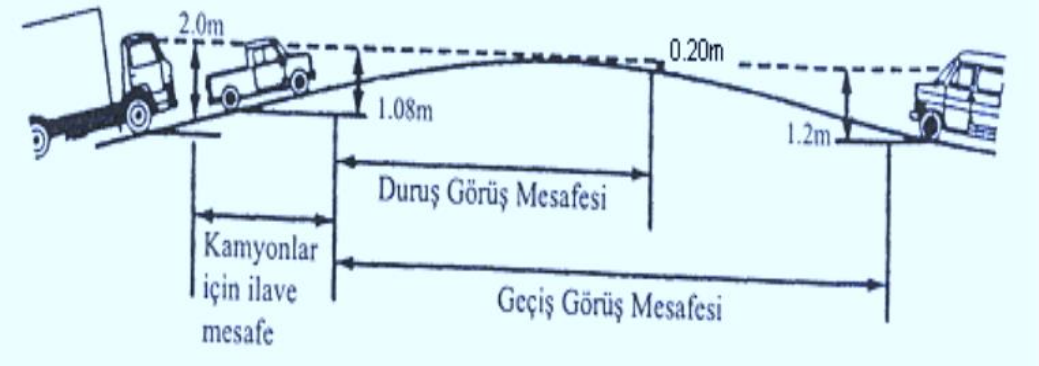
Tasarım Hızı (km/sa)	Duruş Görüş Mesafesinde			Geçiş Görüş Mesafesinde	
	DGM (m)	Tepe Düşey Kurp, K	Dere Düşey Kurp, K	GGM (m)	Tepe Düşey Kurp, K
20	20	1	3		
30	30	2	4	200	46
40	50	6	9	270	84
50	65	10	13	345	138
60	80	14	16	410	195
70	100	23	22	485	272
80	125	35	28	540	338
90	150	51	35	615	438
100	180	73	44	670	520
110	210	100	52	730	617
120	240	130	60	775	695

Düşey kurpların oluşumu arazi koşullarına bağlı olarak tekne (açık, dere) ve tepe (kapalı) olarak iki türde oluşur. Bu kurplardaki eğimler (+) ya da (-) işareti alabilirler. (Şekil 3.8) Açık eğri ve dikey eğri türleri gösterilmiştir (Aliyev 2003) .



Şekil 3.8 Açık ve tepe düşey kurplar

Tepe Düşey Kurp Parabolün üst kısmındaki dikey eğrinin minimum uzunluğu görüş mesafesine göre hesaplanırken güvenlik, konfor ve estetik sağlar. Dikey bir dikey eğride, eğrinin uzunluğu, duruş görsel mesafesinden (DGM) hesaplanmalıdır. Ek olarak, eğrinin uzunluğu tasarlanırken, (Şekil 3.9)'da gösterildiği gibi tepe Düşey Kurpta Görüş Mesafesi (GGM) mümkün olduğunca sağlamak için ekonomik kriterler ve inşaat koşulları dikkate alınmalıdır. Dikey eğri uzunluğuna, eğimdeki cebirsel farka ve görüş mesafesine dayalı olarak en üstteki türü bulmak için aşağıdaki temel denklemleri (3.10) ve (3.11) kullanın (KGM 2005).



Şekil 3.9 Tepe Düşey Kurpta Görüş Mesafesi

$$S < L \text{ ise } L = \frac{A\,S^2}{100(\sqrt{2h1}+\sqrt{2h2})^2} \quad (3.10)$$

$$S > L \text{ ise } L = 2S - \frac{100(\sqrt{2h1}+\sqrt{2h2})^2}{A} \quad (3.11)$$

Duruş görüş mesafesine göre sürücünün göz yüksekliği 1,08 m'dir. Cismin yolun üzerindeki yüksekliği 0,20 m ise, tepe dikey eğri uzunluğunu hesaplamak için denklemi (3.12) ve (3.13) kullanın.

$$S < L \text{ ise } L = \frac{AS^2}{442} \quad (3.12)$$

$$S < L \text{ ise } L = 2S - \frac{442}{A} \quad (3.13)$$

S> L ise, tepe düşey kurp uzunluğu, A'nın küçük değerleri için çok kısa olacaktır. Bu durumda denklem (3.14)'ü kullanılarak minimum eğri uzunluğunun bulunması tasarım için uygun bir kriterdir:

$$\text{MinL} = 0.6 \times V_t \tag{3.14}$$

Gece sürüşünde yolun görünür uzunluğu ancak aracın farlarının sağladığı mesafe kadardır. Ancak, yüksek hızlarda, ister eşit eğimli dikey bir çizgide, isterse eğrisel tepe veya akarsu tipi dikey bir eğride olsun, park görüş mesafesi kısa huzme ile aydınlatılan yol görüş mesafesinden daha uzundur ve bunu sağlamak için her zaman yeterlidir.

Çapraz alan aralığı göz önüne alındığında, sürücünün göz yüksekliği 1.08 m ve nesne yüksekliği 1.08 m'dir. Tepe dikey eğri uzunluğu aşağıda verilen Denklem (3.15) ve (3.16) kullanılarak hesaplanır.

$$\text{S<L ise } L = \frac{AS^2}{864} \tag{3.15}$$

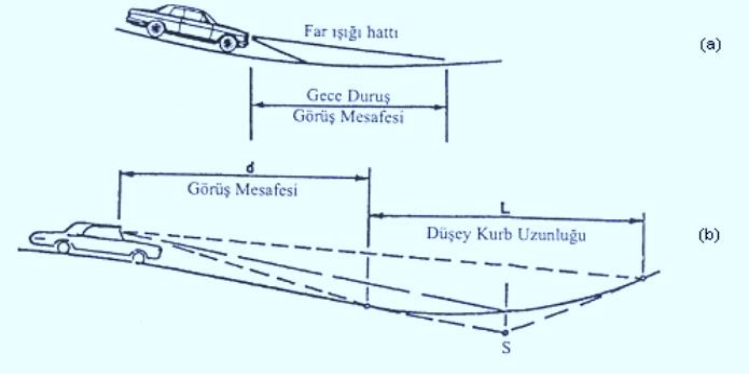
$$\text{S<L ise } L = 2S - \frac{864}{A} \tag{3.16}$$

Denkleme (3.15)'e göre çeşitli tasarım hızlarının geçiş görüş mesafeleri ikame edilerek hesaplanan K_{min} değerleri Çizelge 3.6'da gösterilmiştir. DGM veya GGM, yolun eğimi, güvenliği ve ekonomik kriterleri dikkate alınarak, üst dikey eğrinin tasarımı için temel olarak kullanılmalıdır.

Dere tipi düşey kurp tasarımında aşağıdaki hususlar göz önüne alınmalıdır:

- Far ışığının görüş mesafesi
- Konfor
- Drenaj
- Estetik

Dere düşey kurpin uzunluğunun hesaplanması, (Şekil 3.10)'da gösterildiği gibi, 0,6 m'lik bir far yüksekliği varsayılarak ve far görüş mesafesine bağlı olarak araç ekseninden 1°'lik bir açıyla yukarıya doğru eğilir ve ışık yönü yükselir. (3.17) ve (3.18) Denklemleri nehir şeklindeki dikey bir eğrinin uzunluğunu hesaplamak için kullanılır (KGM 2005).



Şekil 3.10 Dere düşey kurpta görüş mesafesi

S<L ise L = $\frac{Ad^2}{200(o.6+d\ tantan\ 1)} = \frac{A\ d^2}{120+3.5\ d}$ (3.17)

S<L ise L=$2_d - \frac{200(0.6+\ d\ tan\ 1)}{A} = 2_d - \frac{120+3.5\ d}{A}$ (3.18)

Genel sürüş güvenliği için, öncelikle bir dere tipi düşey kurbun, asgari duruş görüş mesafesine eşit olan ön far görüş mesafesini sağlayacak bir şekilde boyutlandırılması gerekir.

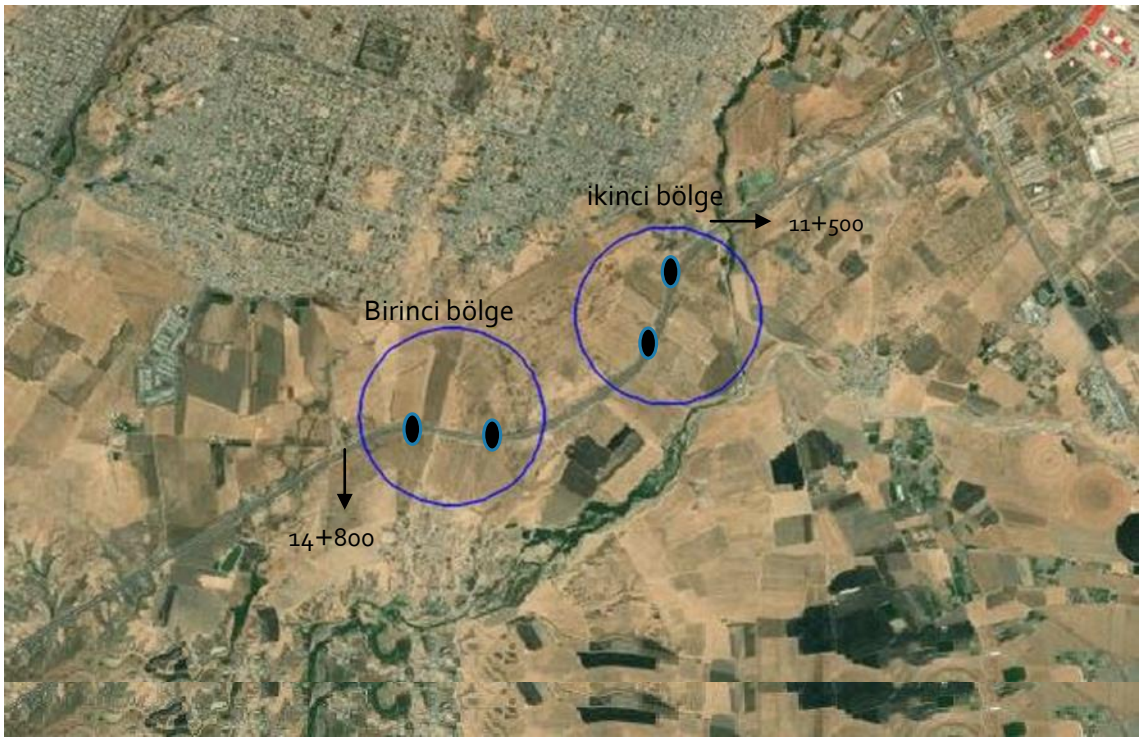
Yerçekimi ve düşey merkezkaç ivmesi zıt yönlerde olduğundan nehrin düşey kurpunda aracın konforu, tepedeki düşey kurptan daha olumsuz etkilenir. Santrifüj kuvvetinin düşey yöndeki değişimi 0,3 m/s^2'yi geçmiyorsa, genellikle konfor açısından bir dezavantaj olmadığı kabul edilir ve bu koşulları sağlayan su akışının düşey eğrisinin uzunluğunu hesaplama formülü Denklem (3.19) dür.

L = $\frac{AV^2}{395}$ (3.19)

Konfor standardına göre hesaplanan akışın dikey dere düşey kurpinin uzunluğu, farların görünür mesafesine göre (uzunluğun yaklaşık yarısı) hesaplanmıştır (KGM 2005).

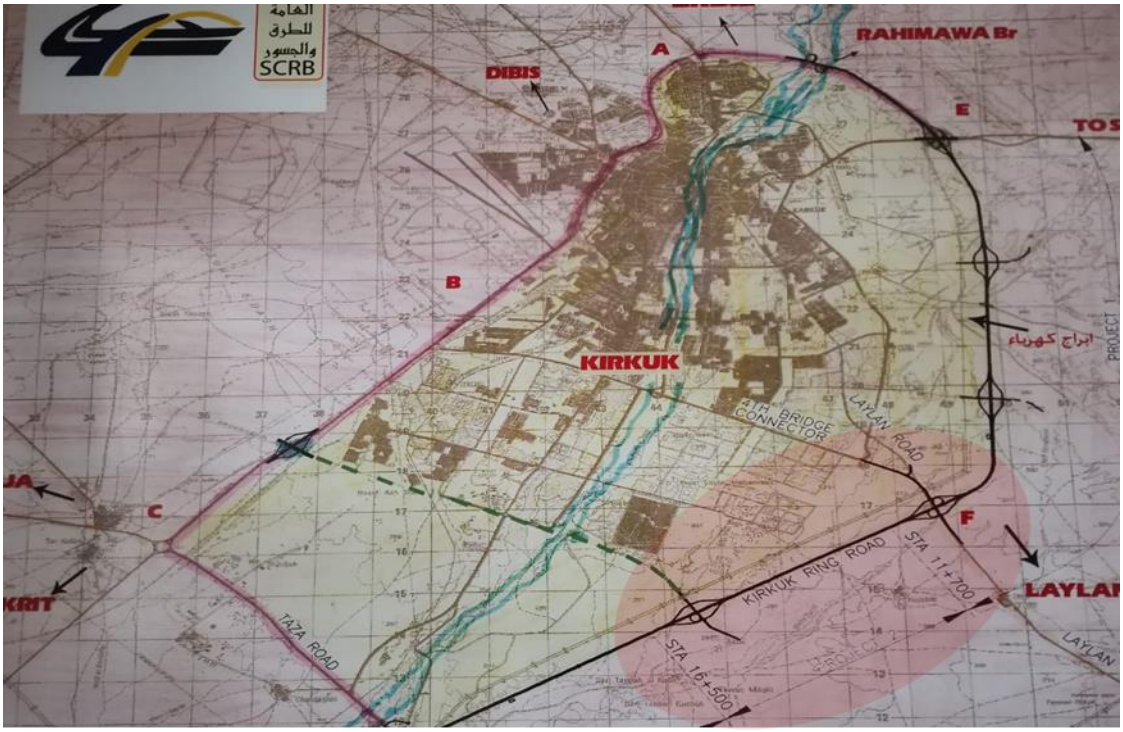
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tez çalışmasında (Şekil 4.1)'de görüldüğü gibi karayolu kesiminin iki bölge arasında 11+500 km ile 14+800 km arasındaki dört noktası belirlenmiş ve bu alanlar geometrik standartlarının ve yol güvenliği açısından değerlendirilmiştir. bu alanların belirlenmesinde; (1) tasarımla tutarsız (2) Bu, yatay ve düşey eksen tasarımı için genel kuralları ihlal eder (3) Yatay geçki elemanlarının birbirleriyle olan ilişkisi aynı zamanda yatay ve düşey eksen ilişkisi tasarımda büyük önem taşımaktadır.



Şekil 4.1 Güzergâhın Google Earth görüntüsü

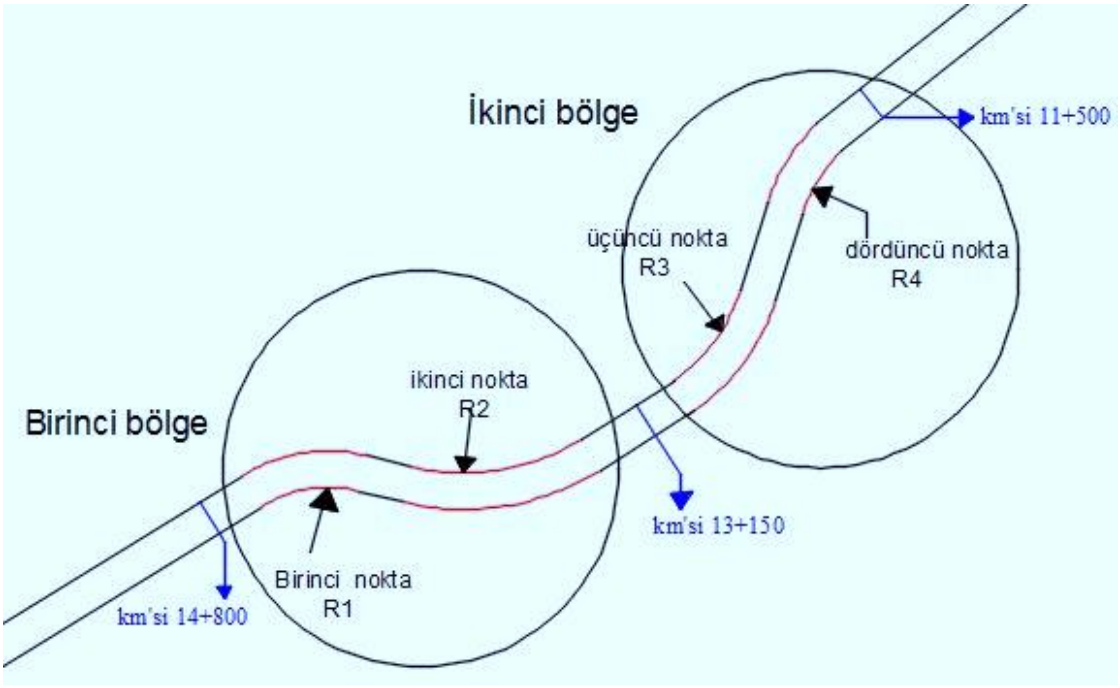
Birinci ve ikinci bölge, gerekli olmadıkça karayolu güvenliği açısından istenmeyen bir uygulama olan ters yatay kurplara sahip oldukları için seçilmiştir. Ayrıca seçilen yol güzergâhı arazi topografisine uygun değildir, böylece estetik açıdan hoş bir görünüm sağlanmamıştır. Aynı alan için hazırlanan tasarımların(Şekil 4.2)'de gibi düz bir yol olduğu ve kurp içermediği unutulmamalıdır. Ancak Karayolları Müdürlüğü'ne yaptığımız ziyarette kamulaştırma ve diğer hususlara ilişkin gerekçelerle uygulama sırasında tasarımlarda değişiklik yapılmıştır.



Şekil 4.2 Tasarımı değiştirmeden önce çalışılan alanlara genel bakış

Öncelikle seçilen bölgelerden başvurular incelendi. Proje verileri belirlenmesinin ardından, uygulama verilerinin elde edilmesi için iki alanda yerinde ölçümler gerçekleştirilmiştir. Proje verileri yanında yerinde yapılan ölçümlerle ulaşılan veriler uygulama aşamasındaki veriler karşılaştırıldı. Yerinde ölçüm yapıldıktan sonra mevcut yol eğimine göre “geometrik standardı" karşılayıp karşılamadığı belirlenmiştir.

(Şekil 4.3)'te yol güzergâhının plan görünüşü çizilmiştir. Plandan da anlaşılacağı gibi, güzergâhı kötü tasarlanmış bir alan seçilmiştir. Yol güzergâhının araziye uyarlanması önemli bir detaydır. Güzergâhların araziye göre hizalanması, yatay eksen tasarımı için genelleşmiş bir kuraldır.



Şekil 4.3 İncelenen bölgelerdeki güzergâh planı

4.1 Yol Güvenliği İçin Risk Oluşturan Faktörler

Karayolu güvenliğini tehdit eden faktörler aşağıda kısaca sıralanabilir.

- Tasarım tutarlılığı (Güvenlik Kriterleri- Kriter I): Makul olarak yola uygun olduğu düşünülen tasarım hızı ile sürücünün seyir halindeki gerçek hızı arasındaki farkı kapsar. "Sürücünün gerçek sürüş hızı", serbest akış koşullarında arabaların %85'inin geçmediği hıza karşılık gelen değer şeklinde tanımlanır.
- Koşu Hızı Uyumluluğu (Tutarlılık) (Güvenlik Kriterleri- Kriter II): Sürekli olarak hat boyunca yer alan her bir tasarım öğesinin (eğriler, teğetler vb.) %85 geçerli aralığı içindeki hız (V85) değerleri arasındaki fark. yol belli bir miktar limittir. Giriş dahildir.
- Sürüş Dinamikleri Uyumluluğu (Tutarlılık) (Güvenlik Kriterleri- Kriter III): %85 dilim orta hızı (V85) için gereken gerçek yüzey sürtünme değeri ve tasarım hızı için varsayılan yüzey sürtünme değeri arasında koordinasyonu kapsar.

Bu üç madde, tasarım mühendislerine, yol güvenliğine dayalı olarak uygulamaları iyi düzey (güvenli), orta düzey (tolere edilebilir) ve kötü düzey (tehlikeli) şeklinde sınıflandırma konusunda rehberlik eder. Ancak bundan önce, konunun daha iyi anlaşılması için eğrilik değişim oranı, tasarım hızı, birleşik eğrilerle tek bir dairesel kurbanın %85'lik dilimindeki hız gibi bazı konular tanımlanmalıdır (Lamm *et al.* 2001).

4.2 Kerkük Çevre Karayolu Üzerinde Belirlenen İki Bölgenin Geometrik Standartlarının Değerlendirilmesi

Çalışmanın bu kısmında araştırılmış ve incelenmiş iki alanda yatay ve dikey eksen analizi değerlendirilmesi yapılacaktır. Ayrıca bu alanlar minimum eğri yarıçapı, proje hızı, maksimum boylamasına eğim, maksimum hız, bant genişliği, güvenli duruş uzunluğu, banket genişliği ve parametreleri açısından kontrol edilecektir. Alanda ivo, total station ve Google Earth cihazları kullanılarak yapılan saha araştırmalarından gerekli sayısal veriler elde edilmiştir.

4.2.1 İki bölgenin tasarım hızının ve işletme hızının (%85'lik dilim içinde kalan hız) hesaplanması

Proje verilerinden elde edilen tasarım hızı, verilen sürtünme katsayıları ve çapraz eğimler altında belirli bir yarıçap için izin verilen maksimum hıza eşittir. Bu nedenle, mevcut yollar için, işletme hızları geometrik özelliklerine dayalı olarak çıkarılan tasarım hızlarından daha yüksekse, bir güvenlik sorunu vurgulanabilir.

İşletim hızı, elde tutulan veya araca monte edilen radar metreler kullanılmaktadır olarak hesaplanabilir. İşletim hız çalışmalarının sonuçları birçok farklı amaç için kullanılabilir; Örneğin:

- Hız bölgeleri, geçişe yasak bölgeler ve hız limitleri gibi trafik işletimi ve kontrolü için parametrelerin belirlenmesi.
- Trafik kontrol cihazlarının etkinliğinin değerlendirilmesi.

- Hızla ilgili şikayetlerin geçerli olup olmadığının belirlenmesi.
- Yatay eğrilerin yarıçapları ve dikey eğrilerin uzunlukları gibi karayolu geometrik özelliklerinin yeterliliğinin değerlendirilmesi.
- Yüksek kaza yerlerinin analizi yoluyla hızın karayolu güvenliğine etkisinin değerlendirilmesi.

İki bölgenin elde edilen verilerin tasarım hızının ve işletme hızı açısından karşılaştırılması (Çizelge 4.1)'de verilmiştir.

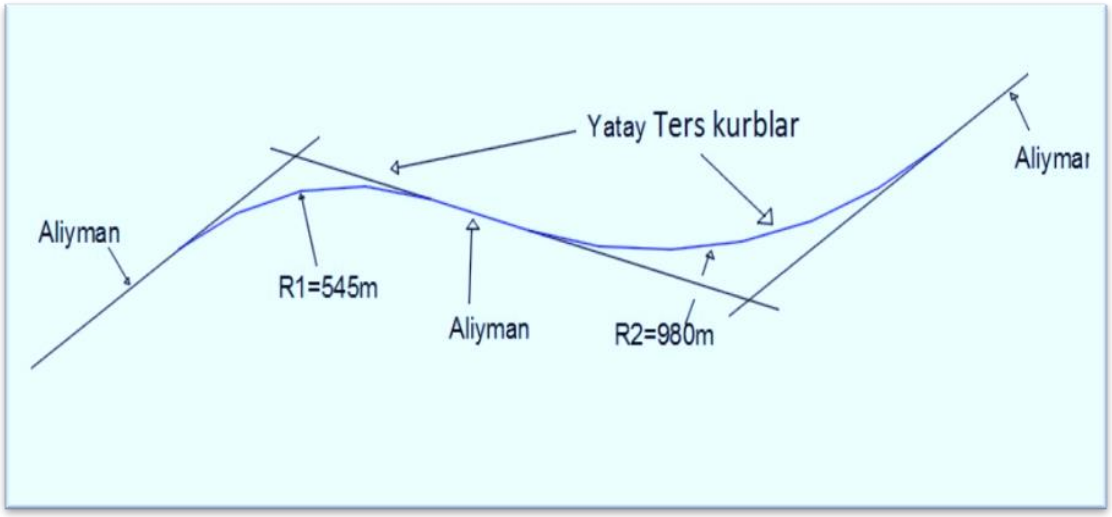
Çizelge 4.1 İki bölgenin elde edilen verilerin tasarım hızının ve işletme hızı açısından karşılaştırılması

Bölgeler	**Noktalar (m)**	**Tasarım hızının (km/saat)**	**İşletme hızının (km/saat)**
Birinci Bölge	R1=545	80	105
	R2=980	100	110
İkinci bölge	R3=790	100	105
	R4=650	80	110

Tasarım hızı ile incelenen işletme hızı arasında(Çizelge 4.1')e göre bir fark olduğu için, sahada hesaplanan işletme hızına göre yatay kurp yarıçap, devar ve diğer geometrik parametrelerin parametrelerini yeniden hesaplayacağız. Yolun her bir bileşeni için işletim hızı tasarım hızından büyükse, bu bir güvenlik sorununa yol açabilir. Bu, özellikle yüksek hızların trafik güvenliğindeki denge koşullarını karşılamayabileceği yatay virajlar için önemlidir.

4.2.2 Birinci bölgenin yatay eksen analizi

İlk bölgede, ilk olarak,(Şekil 4.4)'te gösterildiği gibi, kilometreleri 14+800 kilometrede başlayan ve kilometreleri 13+150 kilometrede biten geçiş eğrisinin ters çevrilmiş yatay eğrisini analiz edin.



Şekil 4.4 Birinci bölgenin yatay ters kurplar planı

4.2.2.1 Minimum kurp yarıçapının hesaplanması

Birinci bölge için Birinci kurp, verilen maksimum dever (e_{max}) %3,5 ve İşletme hızı (V_t) 105 km/sa olduğu için azami yanal sürtünme faktörü ise (f_{max}) 0.115 değerinde alınmıştır. Denklem (3.4)'te saptanan değer değiştirilirken;

- $R_{min1} = \frac{105^2}{127(0,035+0,115)}$ =578,74m

Minimum eğri yarıçapı 578,74 m olarak hesaplanmıştır ve 580 m'ye yuvarlanabilir. Saha ölçümleri sonucunda eğrinin yarıçapı 545 m olarak belirlenmiştir.

Birinci bölgenin ikinci kurpta verilen maksimum dever (e_{max}) %3,9 ve tasarım hızı (V_t) 110 km/sa olduğu için maksimum yanal sürtünme faktörü ise (f_{max}) 0.11olarak kabul edilmiştir. Denklem (3.4)'te belirtilen değer değiştirilirken;

- $R_{min2} = \frac{110^2}{127(0,039+0.11)}$ = 639,433m

Kurp yarıçapı minimum olarak 639.433 m olarak hesaplanmıştır ve hesaplanan değerin 640 m'ye yuvarlanması mümkündür. Saha ölçümleri neticesinde eğrinin yarıçapının 980 m olduğu belirlenmiştir.

Ayrıca Projede uygulanan geçiş kurpunun uzunluğu, sırasıyla 1 No'lu yatay kurp ve 2 No'lu yatay kurp için (3.5) ve (3.6) numaralı denklemlere göre hesaplanacaktır ve en büyük değer alınacaktır.

- $LS_1 = \sqrt{24 \times 0{,}2 \times 580} = 52{,}76\text{m} \approx 53\text{m}$

- $LS_1 = 0.0214 \frac{105^3}{580 \times 1.2} = 32{,}62\text{m}$

- $LS_2 = \sqrt{24 \times 0{,}2 \times 980} = 68{,}58\text{m} \approx 69\text{m}$

- $LS_2 = 0.0214 \frac{110^3}{980 \times 1.2} = 24{,}220\text{m}$

Ayrıca, aşağıdaki denkleme göre, ters yatay kurptaki 1 numaralı yatay kurp ile 2 numaralı yatay kurp arasındaki mesafenin kabul olup olmadığı doğrulandı.

- $L < \frac{2}{3}(LS1 + LS2) \rightarrow 100 < \frac{2}{3}(53 + 69)$

4.2.2.2 Dever hesabı

Dever Denklem 7 kullanılmak suretiyle hesaplanır. Proje verileri Denklem (3.7)'ye yerleştirildiğinde;

- $S_1 = \frac{0{,}00443 \times 105^2}{580} = 8{,}42\%$

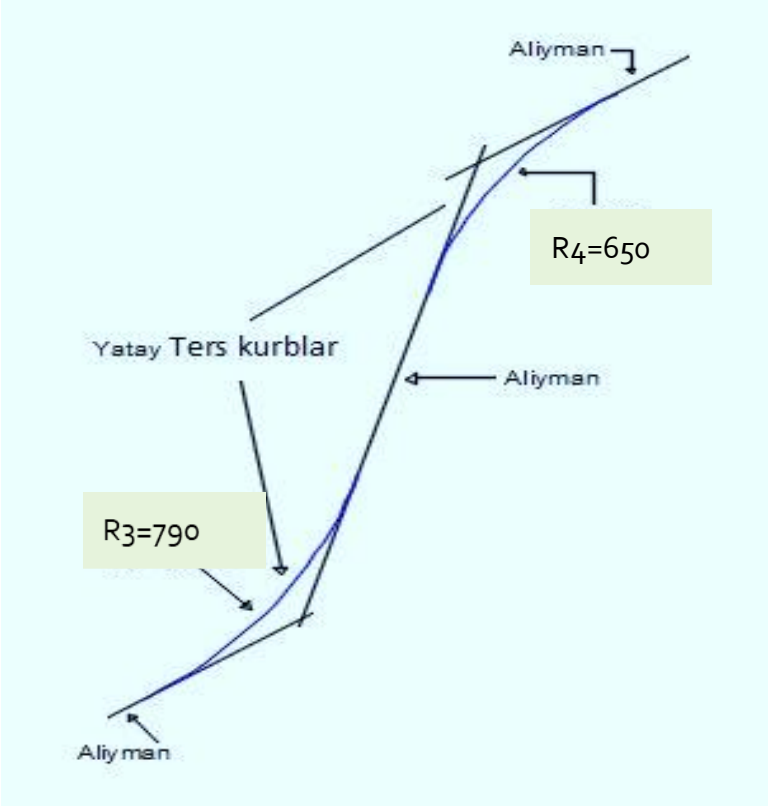
Deverin %8,42'si olarak hesaplanmıştır. Ancak, maksimum dever %8 olabilir. Saha ölçümlerinde %3,5 olarak hesaplanmıştır.

- $S_2 = \frac{0{,}00443 \times 110^2}{980} = 5{,}46\%$

Saha ölçümünde deverin %5,46 olması gerekirken, %3,9 olduğu belirlenmiştir.

4.2.3 İkinci bölgenin yatay eksen analizi

İkinci bölgeda, ilk olarak,(Şekil 4.5)'te gösterildiği gibi, başlangıç kilometresi 13+150 ve bitiş kilometresi 11+500 olan geçiş eğrisinin ters bir yatay eğri analizini gerçekleştirin.



Şekil 4.5 İkinci bölgenin yatay ters kurplar planı

4.2.3.1 Minimum kurp yarıçapının hesaplanması

Tasarım hızı (V) 105 km/h, maksimum dever (e_{max}) 0,04 ve maksimum yanal sürtünme katsayısı (f_{max}) 0,09 olarak alınmıştır. Denklem (3.4)'te elde edilmiş veriler değiştirilirken;

- $R_{min3} = \frac{105^2}{127(0,04+0.115)}$ = 560,07m

Minimum kurp yarıçapı (R_{min}) 560,1 m bulunur. Yerinde ölçümde, eğrinin yarıçapı 790 m olarak belirlenmiştir.

Tasarım hızı (V) 100 km/h, maksimum dever (e_{max}) 0,034 ve maksimum yanal sürtünme katsayısı (f_{max}) 0,09 olarak alınmıştır. Denklem (3.4)'te elde edilen veriler değiştirilirken;

- $R_{min4} = \frac{110^2}{127(0.034+0.11)}$ = 661,63m

Minimum eğri yarıçapı 661,63 olarak hesaplanmıştır ve 662 m'ye yuvarlanabilir. Saha ölçümleri sonucunda eğrinin yarıçapı 652 m olarak belirlenmiştir.

Ayrıca projede uygulanan geçiş kurpunun uzunluğu, sırasıyla 1 No'lu yatay kurp ve 2 No'lu yatay kurp için (3.5) ve (3.6) numaralı denklemlere göre hesaplanacaktır ve en büyük değer alınacaktır.

- $LS_3 = \sqrt{24 \times 0,2 \times 600}$ = 53,66m ≈54m

- $LS_3 = 0.0214 \frac{105^3}{600 \times 1.2}$ = 34,40m

- $LS_{min4} = \sqrt{24 \times 0,2 \times 662}$ = 57,96m ≈58m

- $LS_4 = 0.0214 \frac{110^3}{662 \times 1.2}$ = 44,022m

Ayrıca, aşağıdaki denkleme göre, ters yatay kurptaki 1 numaralı yatay kurp ile 2 numaralı yatay kurp arasındaki mesafenin kabul olup olmadığı doğrulandı.

- $L < \frac{2}{3}$ (LS1 + LS2) → $100 < \frac{2}{3}$ (62+ 58)

4.2.3.2 Dever hesabı

Dever (S_3) hesabı Denklem 7'de gösterildiği şekilde hesaplanır.

- $S_3 = \frac{0{,}00443\ 110^2}{790} = 0{,}067$

Deverin %6,7 olması gerekirken yerinde yapılan ölçümlerde %4 olarak hesaplanmıştır..

Dever (S_4) hesabı Denklem (3.7)'de gösterildiği şekilde hesaplanır.

- $S_4 = \frac{0{,}00443\ 110^2}{661} = 0{,}081$

Dever %8,1 olarak hesaplanmıştır. Otoyol Geometri Kriterleri tablosundaki verilere göre, iki şeritli şehir dışındaki yollar için en fazla Dever %8 olmaktadır. Ancak saha ölçümlerinde kapsama oranı %0,01 olarak tespit edilmiştir.

4.3 İki Bölgenin Düşey Eksen Analizi

(Şekil 4.6)'da gösterildiği gibi, birinci ve ikinci bölgelerde, çalışma alanının dağlık olmaması ve arazinin biraz düz olması nedeniyle herhangi bir mutasyon eğilimi ve olumsuz koşullar bulunmamıştır.



Şekil 4.6 İkinci bölge düşey kurp tasarımı

(Şekil 4.6)'da görüldüğü şekilde yolun 12+650 km'si ile 12+550 km'si arasında yer alan bölümün eğimi %0,16 olarak belirlenmiştir. Elde edilen eğimin değeri oldukça uygundur.

4.4 İki Bölgenin Yatay Eksen Analizi

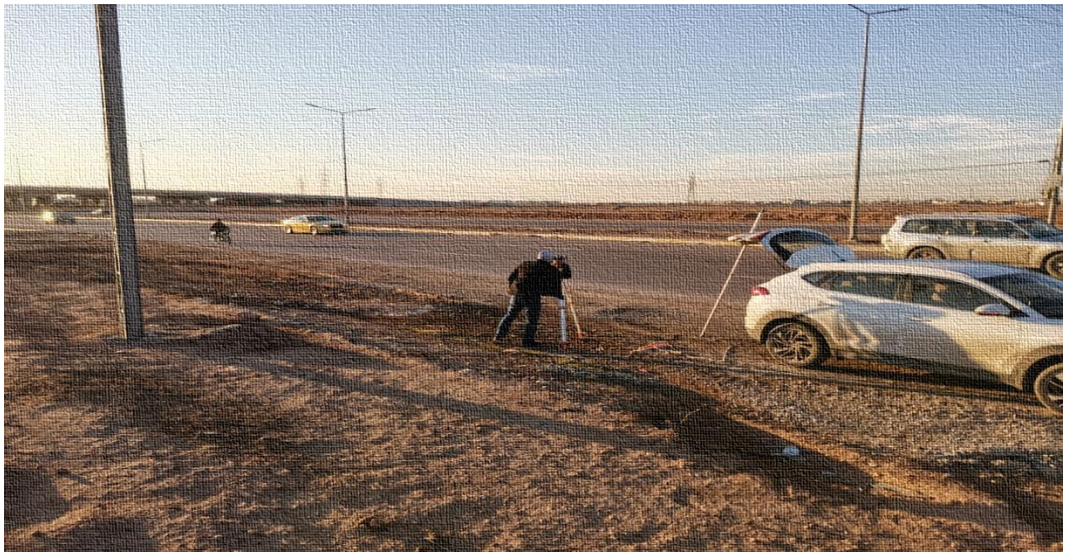
Yatay eksendeki görüş mesafesi, geçiş virajları, maksimum hız, genişleme ve görüş mesafesi yol güvenliğinin ve konforunun üzerinde önemli bir etkiye sahip olmaktadır. İnceleme yapılan iki bölgenin yatay eksen analizi aşağıda gösterilmiştir.

- Birinci ve ikinci bölgelerde, ters kurplar kullanılmıştır. Ters kurplar zorunlu olmadıkça proje mühendisi tarafından rağbet edilmemesi gereken türde kurplardır.

- Birinci alanda yatay eksendeki en küçük eğri yarıçapı tercih edilir. Ancak, koşulların çok zor olduğu durumlarda, son çare olarak minimum eğri yarıçapı kullanılmalıdır. Yatay viraj, kazanın en yaygın ve konforu bozan kısmıdır.

- Birinci bölgede, aşağıdaki denkleme göre birinci ve ikinci yarıçaplar arasındaki mesafenin sağlanmaması koşulu: $L < \frac{2}{3}(LS1 + LS2)$. Dever uygulamasına olanak sağlayan minimum mesafe ve hatta yolun niteliği göz önüne alınarak emniyetli duruş ve görüş veya emniyetli geçiş ve görüş mesafesinin birbirini takip edecek iki kurp arasına yerleştirilmesi gerekmektedir. Türkiye Karayollarındaki minimum rekordman uzunluğu $Ls=45\ m$ olduğu için art arda gelen ters kurpların 'orjin' ve 'final' noktalarının arasındaki asgari mesafe zorunlu olarak 60 m olmalıdır.

- Birinci ve ikinci alanlarda yol kenarı görünürlüğünü sağlayacak şekilde tasarlanmış bariyerler sağlanmalıdır. Yol boyunca ağaç, yokuş, çalı vb. olmadığından, sürücü virajın gidişatını tahmin etmekte zorlanacak ve kendisini mevcut koşullara adapte edemeyecektir. Bu şekilde tasarlanmış bir sette, aracın kontrolden çıkması durumunda kaza olasılığı kaçınılmazdır.



Şekil 4.7 İkinci bölge yatay kurp tasarımı

4.5 İncelenen İki bölgenin Enkesi Elemanlarının Tasarımı

Yol kesiti, yol kapasitesi ve güvenliğini etkileyen önemli faktörlerden biridir. Şeritler, banketler, refüjler, üst yapılar, hendekler, açma ve dolgu şevlerinden meydana gelmektedir. Herhangi bir otoyola uygulanabilecek kesit tipinin seçilmesi yolun eğimine, topografik yapısı, tasarım hızı ve trafik hacmine bağlı olmaktadır. (Çizelge 4.2), S1 tablosuna göre tasarlanan birinci sınıf otoyolların kesit tasarımlarının karşılaştırmasını göstermektedir.

Çizelge 4.2 İki çalışma alanının kesit tasarımlarının S1 tablosuna göre karşılaştırılması

Proje Elemanları	Kabul Edilen Standartlar	S1 (m)	Birinci Bölge (m)	İkinci Bölge (m)
Topografik modeli	Düz		Düz	Düz
Şerit genişliği	L	3,5	3,7	3,7
Banket genişliği	b	2,5	3	3
Platfrom genişliği	PG	12	15	15
Kamulaştırma genişliği	KG	37	40	40

4.5.1 Şerit ve platform genişliğinin karayolu güvenliğine etkisi

Güvenlik bakımından şerit genişliğinin tam olarak hangi genişlikte olması gerektiğini belirlemek oldukça zordur. Pek çok ülkede şerit genişliğinin güvenlik etkilerinin üzerine yapılmış olan birçok çalışmanın karşılaştırılmasında, farklı sonuçlar göze çarpmaktadır. Burada her ülke için farklı koşullar geçerli sayılabilir (Bağırgan 2006).

Çalışmanın sonuçlarına dayanarak genel şerit genişliğinin şu şekilde olduğunu söyleyebiliriz; şerit genişliğinin çok dar olması araç güvenliği açısından kaza oranını artırırken, çok geniş şerit genişliğinin ise sürücü ve sürücü düşünmesi nedeniyle kaza oranını artıracağını söyleyebiliriz. Bunu ek bir şerit genişliği olarak kullanır (Bağırgan 2006).

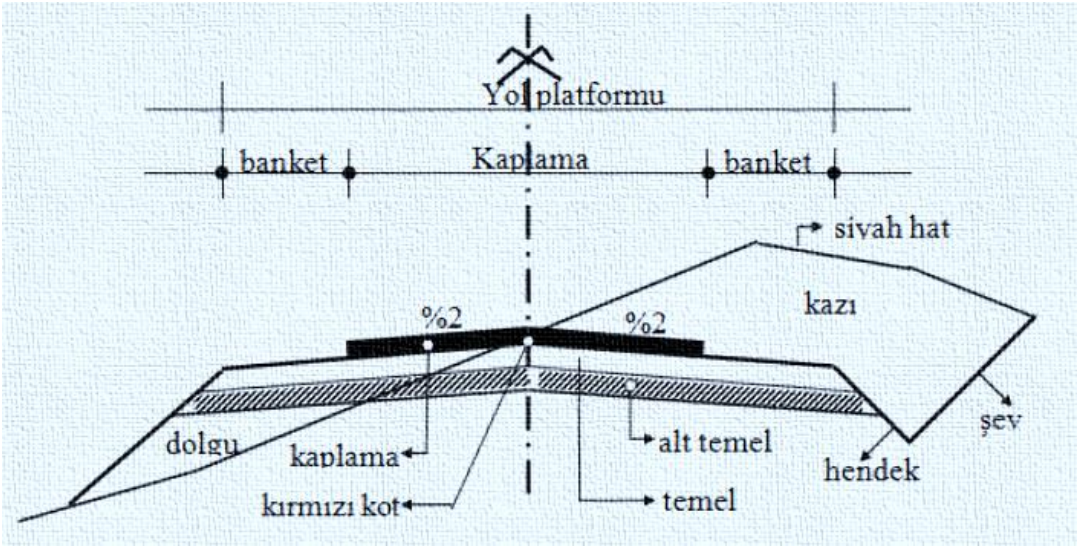
Şehirlerarası otoyollarda yapılan bir çalışmada, araçların en düşük hızda geçebilmesi için şerit genişliğinin 3,3 metre olması şart koşulmuştur (Yager and Van Aerde 1983).

4.5.2 Banket genişliğinin trafik kazalarına etkisi

Omuz genişliği, yoldaki trafik az ise trafik kazalarını etkilemez. Trafik hacminin yoğun olduğu durumlarda omuz genişliği trafik kazalarında etkilidir (Zegeer *et al.* 1986).

Şehirlerarası bölünmüş otoyollar üzerinde yapılan bir çalışmada, asfalt banketler her iki tarafta 0,6 m genişletildiğinde trafik kazalarının %16 oranında azaldığı bildirilmiştir .

Bir başka çalışmada, çok şeritli bölünmüş ve bölünmemiş otoyollarda, yanlış park edilmiş araçlardan dolayı kazalarda artış olduğu bildirildi (Zegeer *et al.* 1986).



Şekil 4.8 Tipik enkesit ve elemanları

4.6 İncelenen iki Bölgenin Geometrik Standartlarının Trafik Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi

Genel bir tanımla trafik kazası; ulaşımın ana unsurları olan insan, araç, yol ve çevre koşulları ve/veya etkileşimden kaynaklanan bir veya daha fazla maddi kayıp, yaralanma, ölümle sonuçlanan olay olarak yorumlanmaktadır. Bu unsurların birbirleri ile işbirliği içindedir. Karayolu güvenliği ile ilgili değerlendirmelerin ana göstergelerinden biri olarak kabul edilir ve teorik olarak, kaza olmadığında güvenliğin bozulmadığı varsayılır (Lay 1998).

Trafik kazalarına yol açan sebepleri; Sürücü (yol kullanıcısı), ardından yol ve çevresi, sırasıyla araç. Bu durum iyi bir geometrik tasarımın önemini ve dolayısıyla yol güvenliğinin sağlanmasında geometrik standartların önemini ortaya koymaktadır (Çanakçı 2001).

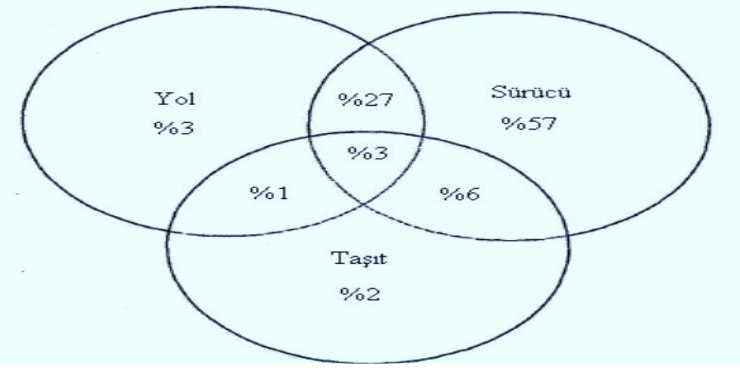
Ülkemizde otoyolların hatalı tasarımı ve yol yapımında yetersiz denetim trafik ve yol güvenliğini etkileyen faktörlerden biri olarak sayılabilir.Özetle, trafik kazalarının oluşum faktörleri çoktur ve belirsizdir. Bu konudaki bulgular yüzde ve yaklaşık rakamlarla açıklanmıştır (Bağırgan 2006).

Sabey,(Çizelge 4.3)'te gösterildiği gibi trafik kazalarını etkileyen parametreler üzerine bir çalışmada sürücü, yol ve araç faktörleri arasındaki ilişkiyi kurmuştur. Sonuç olarak Sabei, %15'i yollar, %20'si araçlar ve %25'i sürücü kaynaklı önlemler olmak üzere bir dizi önlem sayesinde kazalardan kaynaklanan hasarın %60'a kadar azaltılabileceğini söyledi (Lay 1998).

Çizelge 4.3 Trafik kazalarını etkileyen parametreler

Kaza sebepleri	Yüzdelik Dilim (%)	Örnek
Sadece sürücü ile ilgili etkenler	65	Yoldan çıkmak
Sürücü ve yolla ilgili etkenler	25	Yolun kenarında bulunan cisimlerle çarpışmak
Sürücü ve araçla ilgili etkenler	5	Frenleme boyunca aracın kilitlenmesi
Sadece yol etkenleri	2	Kaygan yol yüzeyinin olması
Sadece araç etkenleri	2	Fren arızası
Sürücü, yol ve araç etkenleri	1	Gece yandan çarpışma şeklinde oluşan kazalar (dik açıyla sağlanan temas)
Toplam	100	

1970 ve 1974 yılları arasında ABD'de Indiana Üniversitesi ve Birleşik Krallık'taki Ulaştırma ve Yol Araştırma Laboratuvarı'nda yapılmış olan iki çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar trafik kazalarının sebepleri ve kazaların nedenleri arasındaki ilişkiyi açıklamayı amaçlamaktadır. Çalışmanın sonuçları, sadece yol ve çevresel kusurlardan kaynaklanan trafik kazalarındaki %3'lük oranın, diğer faktörler de dahil edildiğinde %28'e yükseldiğini göstermiştir. Her bir faktörün trafik kazalarına katkısı(Şekil 4.9)'da gösterilmektedir (Schwing and Alberts 1980).



Şekil 4.9 Trafik kazalarının meydana gelmesinde sürücü, yol ve taşıt unsurlarının payları

(Çizelge 4.4)'te 2020 itibariyle ölümlü ve yaralanmalı trafik kazası kusur oranlarını göstermektedir. 2020 raporunun sonuçları, sürücüyle ilgili kazaların yüzdesini (%82,9) kaydettiği için sürücülerin önde gelen ve önde gelen kaza nedeni olduğunu, bunu sırasıyla araçların (%6,1) ve daha yüksek (%4,7) oluşturduğunu göstermektedir. Toplam kaza sayısının %6,3'ü yaya yüzdesi ve kalan yol ve yolcu nedenlerindendir.

Çizelge 4.4 Trafik kazalarına neden olan faktörler (Yetis ve Capar 2018)

Yıllar	Sürücü (%)	Araç (%)	Yaya (%)	Yol (%)	Yolcu (%)
2017	84,1	6,9	3,3	1,5	4,2
2018	86,6	7,9	3,1	1,5	0,9
2019	80,5	8,5	3,25	4,5	3,25
2020	82,9	6,1	4,7	3	3,3

Ülkedeki trafik kazası raporları incelendiğinde, sürücü hatası hata aralığının %80,5-86,6 olduğunu, yol hata aralığının ise %1,3-4,5 gibi çok küçük olduğu görülmektedir. Yolların geometrik standartları ABD ve İngiltere ile kıyaslandığında oldukça düşük olmasına rağmen; bu ülkelerde trafik kazalarının %25'ten fazlasının yol hatalarından kaynaklanmaktadır. Irak makamları ise yol özelliklerini ve özelliklerini incelemeden trafik kazası raporu hazırlarken çoğu zaman sürücüleri suçlamaktadır.

Sürücü-yaya-yolcu olarak en büyük payın insan olduğu, diğer faktörlerin ise daha küçük değerlere sahip olduğu görülmektedir. Ancak bir kazanın meydana gelmesindeki ana faktör insan faktörü olarak kabul edilirken, insanlarda bu duruma yol açmada araçlar, yollar, çevre vb. diğer faktörlerin de etkili olduğu göz ardı edilemez. Bunun nedeni ise bir trafik kazası meydana geldiğinde tutanak tutularak hatanın sürücü ile paylaşılmasıdır. Ancak trafik kazalarının oluşumunda sürücü hatasının yanı sıra hava koşulları, yol geometrisi gibi birçok faktörün etkili olduğu söylenebilir.

4.6.1 İncelenen birinci bölgenin trafik güvenliğine etkisi

İncelenen ilk bölgede, birincisi oldukça rahat olan 545 yarıçaplı ve ikincisi 980 yarıçaplı iki ters kurptan oluşur ve iki kurp birlikte ters kurp kriterini sağlamaz. Çünkü iki yarıçap arasında oldukça büyük bir fark vardır ve bu seçenek sürücü için kafa karışıklığına neden olur. Bunun nedeni sürücünün birden fazla durum için hızı ve manevrayı değiştirmek zorunda kalmasındandır.

Yoldaki geometrik ve en kesit özellikler sürücünün hız seçiminde belirleyici olduğundan, tasarımcı tarafından onaylanmış tasarım hızı ile sürücü tarafından seçilen çalışma hızı arasında ciddi bir fark olmamalıdır. Sonuç olarak, yüksek tasarım hızları ve geometrik tasarım elemanları için parametre değerleri buna bağlı olarak artar, bu da çalışma hızlarının artmasına neden olur (Flannagan 2001).

Rus yolları üzerine yaptığı çalışmada, aliymandan kurpa geçiş sırasında kurp yarıçapının yarattığı hız farkına dayanarak tehlikeli ve güvenli olmak üzere kurp yarıçaplarını sınıflandırmıştır. Virajın güvenli olabilmesi için hız farkının % 20'den az olması gerekmektedir, %20 ve % 40 aralığında "nispeten güvenli" olmakta, hız farkı %40 ve %60 aralığında ise "tehlikeli viraj" olmaktadır. Hız farkı çok güvenli ise tehlikeli viraj. Hız farkı, tehlikeli bir eğri olan %60'tan fazladır.

Aliymandan kurpa geçişteki hız farkı yatay kurpun güvenli olabilmesi için önemli bir değişkendir. Hız 80 km/sa iken birinci bölgede, önceki aliymandaki hız 110 km/sa ve hız farkı 30 km/sa'tir. Bundan dolayı araştırmada ele alınan kurpun nispeten güvenli kurp sınıfında yer aldığını söylemek mümkündür (Yumak 2019).

Ayrıca araç düşük hızda döndüğü için Birinci yatay kurpta ortasında bir erişim kontrolü tespit edildi. Düşük hızlarda trafik akışına giren ve çıkan araçların oluşturduğu tehlikeler nedeniyle geçiş kontrolünün yol güvenliği üzerinde büyük etkisi vardır. Yolda ne kadar çok erişim noktası olursa kaza oranı o kadar yüksek olur.

Diğer bir ifade ile sürücü, yol boyunca kavşaklara, yatay virajlara, dikey virajlara ve yerleşim alanlarına yaklaşırken aracın hızını azaltmalıdır. Ancak, bu ani olmamalı, uygun bir hızlanma ile gerçekleşmelidir. Aksi takdirde ani ve şiddetli frenleme ve kısa mesafeli yavaşlama bir kazaya neden olabilir (İyinam 1997).

Literatürde kabul gören yol geometrisi ölçütlerinin birinci alanda belirlenen proje elemanları ile(Çizelge 4.5)'te yer alan geometrik standatları tablosu (S1) karşılaştırılmış ve genelde kabul edilmekte olan bir kural, kurp uzunluğu tasarım hızının üç katı olmalıdır (Yumak 2019).

Çizelge 4.5 Birinci bölgeden elde edilen verilerin kabul edilen standartlara göre karşılaştırılması

Proje Elemanları	Simgeler	Kabul edilen Standartlar	Birinci Bölge(R1)	Açıklama	Kabul edilen Standartlar	Birinci Bölge(R2)	Açıklama
Topografik model	Düz						
Proje hızı (km/saat)	V_p	80	105	Uygun değil	100	110	Uygun değil
Minimum kurp yarıçapı (m)	R	580	545	Uygun değil	640	980	Uygun
Maksimum boyuna eğim (%)	m	4	0,16	Uygun	4	0,25	Uygun
Maksimum dever (%)	d	8	4	Uygun değil	8	3,9	Uygun değil
Geçiş eğrisi uzunluğu	L_s	53	45	Uygun değil	69	74	Uygun
Şerit genişliği (m)	L	3.5	4	Uygun	3.5	4	Uygun
Banket genişliği (m)	b	3.5	3.5	Uygun	3.5	3.5	Uygun
Platform genişliği (m)	PG	12	42	Uygun	40	34	Uygun
Kamulaştırma genişliği (m)	KG	60	75	Uygun	60	75	Uygun
Kurptan önceki aliymandaki tasarım hızı ile Kurptaki tasarım hızının farkı (km/sa)	T	80	110	Nispeten güvenli	100	105	Nispeten güvenli
Kurp boyu (m)	D	330	420	Uygun	330	510	Uygun

Kazaların bugüne kadar nasıl ve nerede kaydedildiği değerlendirilip geometrik kriterlerin (Dever, geçiş eğrisi, kurp yarıçapı, eğim vb.) kazalar üzerindeki etkisinin ne olduğu araştırılabilir. Kazaların geçmişte nasıl meydana geldiğini ve nerede meydana geldiğini belirlemek önemlidir. Bu durumda aynı geometriye sahip yollardaki kaza örüntüleri karşılaştırılarak, kaza nedenlerinin yol geometrisi ile etkileşimi, bu kazaların hangi alanlarda ve ne tür kazaların meydana geldiği belirlenebilmektedir.

(Çizelge 4.6)'da 2018-2021 yıllarının arasında birinci bölgenin resmi kayıtlarındaki trafik kazaları görülmektedir. Kazanın açıklama kısmı incelendiğinde kazanın meydana gelişinin zamanın düşük geometri standartlarına paralel şekilde gerçekleştiği söylenebilir.

Çizelge 4.6 2018'den 2021'e birinci bölgede trafik kazası kayıtları (Kerkük İl Emniyet Trafik Şube Müdürlüğü, 2022)

No	Yıl	Açıklama
1	2018	Şerit geçişle yan taraftan çarpışma
2		Viraja uygun hızda giremeyip aracın devrilmesi
3	2020	Virajı alamayan aracın devrilmesi
4		Direksiyon kontrolünün kaybedilmesi ve aracın devrilmesi
5	2021	Direksiyon hakimiyetini kaybederek yoldan çıkma
6		Mezbaha kavşağındaki aracı sollamadan kaynaklanan yandan çarpışma
7	2022	Duran araç ile arkadan çarpışmak
8		Hatalı dönüş yapmak

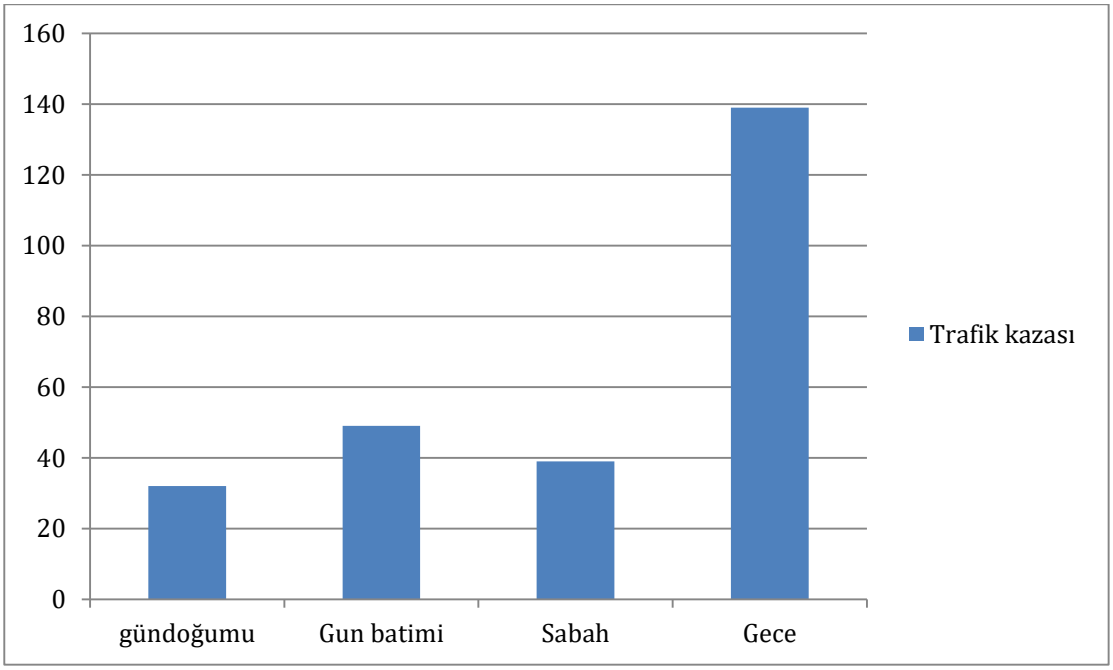
Trafiğin az olduğu değerlerde sürücü, kendisiyle aynı yönden veya karşı yönden gelen diğer araçlardan rahatsız olmaz. Serbest akış koşulları olarak bilinen bu koşullar altında, özellikle yatay virajlarda ve görüşü kısa olan dar köprülerde, ayrıca yolun ıslak ve kaygan bölümlerinde kaza olasılığı artar. Bu nedenle araçların savrulmasına ve devrilmesine neden olan trafik kazaları yaygındır (İyinam 1997).

Kazaların %63'ü direksiyon simidinin üzerinde kontrol kaybı, çarpma veya viraja uygun hızda giremeyip devrilme olarak gerçekleşmiştir. Bu kazanın oluşma şeklinin, örgüdeki hız ve virajda hız farkı, köşe yarıçapı ile dönüş arasında oluşan etkileşimden

kaynaklandığı söylenebilir. Kazanın oluşma şekli, birinci bölgedeki eğiminin yüksek olmasından da kaynaklanmış olabilir. Bundan dolayı birinci bölgedeki kazaların %72'sinin geometrik kriterler ile ilgili olduğu söylenebilir.

2018 yılından bu yana birinci bölgede meydana gelen kaza kayıtlarına bakıldığında genellikle sürücü hatası karşımıza çıkıyor. Fakat sürücü hatası ve yol geometrisi arasında bir etkileşim vardır. Sürücüleri hata yapmaya zorlayan yol kusurları göz ardı edilmemelidir.

(Şekil 4.10)'da gösterildiği gibi, istatistikler, geceleri gündüze göre daha fazla kazanın meydana geldiğini göstermektedir. Kazaların %50-60'ı gece meydana geliyor. Sonuç olarak, geceleri motorlu araç kazası riski, gündüze göre yaklaşık 1,5- 2 kat daha fazladır.



Şekil 4.10 Trafik kaza zamanı

Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan bir araştırmaya göre trafik kazalarının %25'i ve ölümlü kazaların %50'si gece meydana gelmektedir .

Bu kapsamda birçok ülkenin kırsal kesimlerindeki ana yollarda hız sınırı 80-100 km/s aralığında olacak şekilde seçilmiştir. Otoyollar için bu rakam 110 – 130 km/s aralığında belirlenirken, çevre yollarında daha yüksek limitlerin tercih edildiği görülmektedir (Oxley *et al.* 2004).

Bu faktörlere ek olarak, tasarım hızı ile çalışma hızı arasındaki büyük farklılıklar kaza oranlarını olumsuz etkileyebilir. Bu durumda hız değişkenleri dikkate alındığında sürücünün davranışı da önem arz etmektedir. Tasarım hızı daha düşük ise sürücünün hızlanmaya daha yatkın olduğu belirtilebilir (Bağırgan 2006).

Trafik işaretleri ve işaretlemeleri, yol kullanıcılarını uyarmak, kontrol etmek ve yönlendirmek için önemli işlevlere sahiptir. Yol tasarımı ek görsel verimlilik, alt tasarım öğeleri ise yerel özelliklere göre tamamlayıcı ve telafi edici nitelikler katıyor. Ek olarak, yoldaki yerel düzenlemeler hakkında bilgi verirken sürücüleri olası bir tehlike konusunda bilgilendirmek tasarımcıların karşılaştığı en karmaşık sorunlardan biridir.

4.6.2 İncelenen ikinci bölgenin trafik güvenliğine etkisi

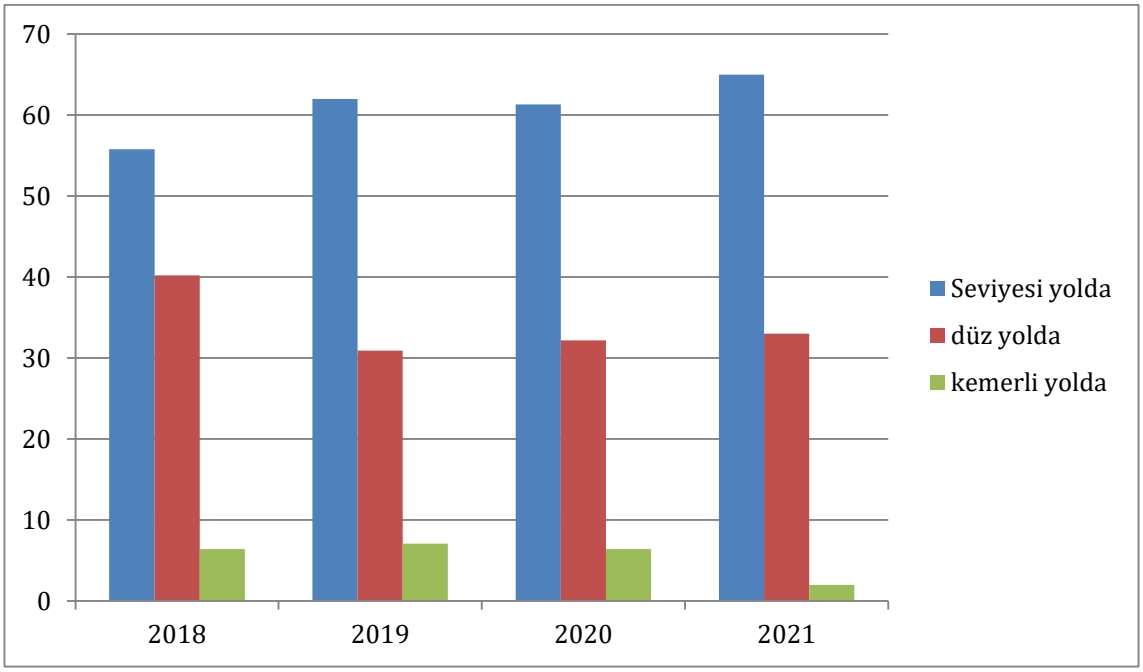
İkinci bölge, birincisi oldukça rahat olan 790 yarıçaplı ve ikincisi 700 yarıçaplı iki ters kurptan oluşur ve iki kurp birlikte ters kurp kriterini sağlamaz, çünkü iki yarıçap arasında oldukça büyük bir fark vardır ve bu seçenek sürücü için kafa karışıklığına neden olur, çünkü sürücü birden fazla durum için hızı ve manevrayı değiştirmek zorunda kalacaktır.

(Çizelge 4.7)'de gösterildiği gibi, ikinci bölge için geometrik kriterler oldukça düşüktür. Ancak, bu alanda birinci bölgeye göre daha az kaza meydana geldi.

Çizelge 4.7 İkinci bölgeden elde edilen verilerin kabul edilen standartlara göre karşılaştırılması

Proje Elemanları	Simgeler	Kabul Edilen Standartlar	İkinci Bölge(R3)	Açıklama	Kabul edilen Standartlar	İkinci Bölge(R4)	Açıklama
Arazi modeli	Düz						
Proje hızı (km/saat)	V_p	100	105	Uygun değil	80	110	Uygun değil
Minimum kurpi yarıçapı (m)	R	560	790	Uygun	662	650	Uygun değil
Maksimum boyuna eğim (%)	m	4	0.16	Uygun	4	0.16	Uygun
Maksimum dever (%)	d	8	4	Uygun değil	8	3,9	Uygun değil
Geçiş eğrisi uzunluğu (m)	Ls	54	45	Uygun değil	54	54	Uygun
Şerit genişliği (m)	L	3,5	4	Uygun	3,5	4	Uygun
Banket genişliği (m)	b	3,5	3,5	Uygun	3,5	3,5	Uygun
Platform genişliği (m)	PG	40	34	Uygun	40	34	Uygun
Kamulaştırma genişliği (m)	KG	60	75	Uygun	60	75	Uygun
Kurptan önceki aliymandaki tasarım hızı ile Kurptaki tasarım hızının farkı (km/sa)	V_p	20	27	Nispeten güvenli	20	27	Nispeten güvenli
Kurp uzunluğu (m)	D	330	557,9	Uygun	330	495,83	Uygun

(2021-2018) yıllarında kaydedilen trafik kazaları, meydana gelişlerine göre yolun özelliklerine göre dağıtılmıştır. Seviyesi yolda meydana gelen kazalar %63,3, daha sonra düz yolda meydana gelen kazalar %32,3 daha sonra sıradan kemerli yolda meydana gelenler %2,5 geri kalan yol özellikleri ise %3,9 (Şekil 4.11)'de gösterildiği gibidir:



Şekil 4.11 Kaydedilen trafik kazalarının kazanın niteliğine ve yolun özelliklerine göre dağılımı (2018- 2021)

Birinci bölge düz bir yol olduğundan ve daha sonra nispeten tehlikeli bir kavise dönüştüğünden, birinci bölgede kazaların ikinci bölgeye göre daha fazla meydana gelmesini açıklayan etkendir.

Ters Yerleştirilmiş Yatay Kurbalar, saha mühendisi için acil durumlar dışında istenmeyen bir mühendislik uygulamasıdır. Fakat birinci bölgede kazaların meydana gelmesini en iyi şekilde açıklayan unsur ikinci bölgede ne olduğudur. Çünkü birinci bölgeden önceki yolun doğası düz bir yoldur ve çizelge de görüldüğü gibi kazalar daha çok bundan kaynaklanır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Karayolu geometrik standartlarının, yol güvenliği etkisi olan bu çalışmada aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

- Denetlenen yollar Birinci sınıf yol standartlarına sahip.

- Yol geometri standartları belirlenirken en maliyet etkin şekilde yapılmalıdır. Yol geometri standardı neyi gerektiriyorsa o yapılmalıdır. Güvenlik ve kapasite açısından ne olmalı; yol boyunca mümkün olduğunca aynı geometrik standartlar.

- Kurp bölgesinde hedef tasarım hızının sağlanamayacağı sonucuna varılabilir. Bunlar, geometrik yönetimin veya hız yönetiminin gerekli olduğu potansiyel tehlikeli bölge olarak sınıflandırılmalıdır. Olası tehlikeli yerleri önceden araştırmak için kullanılabilir ve daha iyi yol güvenliği performansı için tasarım yarıçapı ve dever nasıl olması gerektiğini gözden geçirmek için kullanılabilir.

- V85 hızı, daha iyi tahmin için diğer yüzde 85'lik çalışma denklemi ve yerel sürüş hızı anketi ile revize edilmelidir. Durma görüş mesafesinin kaza oranı üzerindeki etkisini ve eğimlerin hız üzerindeki etkisini bilmek için V85 hızı dikey hizalama dikkate alınarak değerlendirilmelidir.

- İlk bölgedeki yüksek hız nedeniyle, kurbana ulaşmadan önce hızın düşürülmesi için gerekli önlemler alınmalıdır. Çünkü proje hızı, dever ve görüş uzunluğu yol geometrisi standardının temel parametreleridir ve yol güvenliği ile yakından ilişkilidir.

- İnceleme yapılan birinci bölgede, aliyman ve kurp arasındaki hız farkını yüksek olmasının yol güvenliği üzerinde oluşturduğu negatif etkisi kaza meydana gelişi şekilleri üzerinden görülmektedir. Uzun aliymanlar sonundaki, küçük yarıçaplı kurpların trafik kazalarının oluşmasına sebebiyet verdiği belirlenmiştir.

- İki alanda yolun yatay ekseninde dever değerinin yetersiz olduğu ve kurp uzunluğunun kısa olduğu belirlendi.

- Sadelik, güvenlik, konfor, kapasite ve operasyonel verimlilik açısından geçiş tasarımı için önemli bir kriterdir.

- İki bölgede, karayolu güvenliği açısından istenmeyen, ters çevrilmiş yatay kurplar tespit edilmiştir.

- İlk alanda, yatay eğrinin yarıçapı 580 m'ye yükseltilebilir.

- Yol güzergâhında tasarım tutarlılığının sağlanmadığı tespit edilmiştir. Seviye eğrileri üzerinde seyreden araçlarda merkezkaç kuvvetinin olumsuz etkilerini en aza indirmek için geçiş eğrileri kullanılmalıdır. Ayrıca, kazalar ve geometrik kriterler arasındaki ilişki incelenirken, Alman yollarının tekdüzeliğini ortadan kaldırmak için düşey kurbalar yerleştirildi. Durum sürücüleri dikkatli olmaya zorladığı için kazalar azalıyor.

- Önceki çalışmalar, yolun yalnızca boyuna eğiminin yol güvenliği üzerinde çok az etkisi olduğunu göstermiştir. Dikkat çekici bir şekilde, çok dik yokuşlarda çok fazla kaza olmuyor. Aksine, çok dik inişlerde kazalar çok yaygındır. Bu durumda yol eğiminin yol güvenliğine etkisinin olmadığı söylenemez. Burada önemli olan değişken hız ve yatay kurba yarıçapıdır.

- Irak'ın trafik kazası istatistikleri daha ayrıntılı ve düzenli olsaydı, trafik kazası tahmini çalışması daha verimli olurdu. Bu tahminlere dayanarak, karayolu altyapısının düzenlenmesi ve diğer trafik kazası faktörlerine karşı önleyici tedbirler alınarak kazalar en aza indirilebilir.

- Yol kesiminde meydana gelen kazalara bakıldığında yol elemanlarının trafik kazası oranlarının istatistikler kadar düşük olmadığı söylenebilir. Kazalarda yol ile ilgili

faktörler insan faktörleri tarafından maskelense de, yol faktörlerini kontrol etmek insan davranışından daha kolaydır. Dolayısıyla iyi bir geometrik tasarım ve geometrik standartların yol güvenliğini sağlayacağı söylenebilir.

- Gelişmiş ülkelerin yol güvenliği sorunlarını başarıyla çözmesinin en önemli nedeni; yol planlamasına ve trafik mühendisliğine verilen önemdir. Gelişmiş ülkeler gibi, kara noktalar ve kazaya açık yol kesimleri olarak tanımlanan yol ağını kademeli olarak ortadan kaldırın.

- Yol yüzeyinin özellikleri de dolaylı olarak trafik kazalarını etkiler. Yol yüzeyindeki kusurlar sürtünme kayıplarına ve tekerleğin yol yüzeyine düzgün oturmamasına neden olabilir.

Bu çalışma ile elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde uygulamada kullanılabilecek ve mevcut standartları yükseltecek sonuçların elde edildiği görülmektedir. Yukarıda elde edilen sonuçlar ışığında aşağıdaki öneriler yapılmıştır:

- Trafik kazalarını azaltmak için tasarım ve uygulama aşamalarında ekonomik, coğrafi ve politik tercihleri içeren trafik güvenliği çalışmaları yapılmalıdır.

- Ülkemde karayolların geometrik standartları mevcut ulusal koşullara göre belirlenmeli ve otoyol etüt, mühendislik ve yapımına ilişkin yönetmelikler ve teknik şartnameler bu standartlara göre oluşturulmalıdır.

- Karayolu tasarımı için var olan standartların yükseltilebilmesi ve insanlığın ihtiyaç duyduğu güvenli, hızlı ve konforlu ulaştırmanın tasarlanabilmesi amacıyla tasarımda sademe kriteri dikkate alınmalı ve sademe- yol- araç kinematiği arasında var olan ilişki yeni araştırmalar yapılarak irdelenmelidir.

- Trafik kazalarına meyilli kurp segmentinin basitliği sorgulanmakta ve offset kriterine göre belirlenen kurp yarıçapından daha küçük yarıçaplı kurp geliştirilerek kazaların önüne geçilmektedir.

- Sademenin yatay geometri dışında, aynı zamanda düşey geometride de etkili olabileceği öngörüldüğünde, karayolu geçki düşey geometrisi tasarımında düşey kurpların da sademe kriteri göz önüne alınarak tasarlanması amacıyla gereken araştırmaların yapılması önerilir.

- Trafik kazalarının meydana gelmesi birçok faktöre bağlı olduğundan, bu çalışmadakiler dışında birçok parametre dikkate alınarak daha geniş bir çalışma yapılabilir.

- Trafik eğitimi verilmeli ve trafik kurallarının tüm yollarda geçerli olduğu belirtilmelidir.

- Trafik güvenliğinden sorumlu kişi veya kuruluşa önce yetki verilmeli, daha sonra trafik kazasının sorumluluğu azalmamışsa sorumlu tutulmalıdır. Alanda yapılan araştırmalar, otorite ve sonuçlardan sorumlu olmanın yollarını açmadığı sürece, iyi niyetli akademik araştırma olmaktan öteye geçmeyecektir.

- Kaza verileri esas alınarak yapılan araştırma projelerinden, yararlı sonuçların elde edilebilmesi için kaza raporları gerçekleri yansıtmalıdır. Bundan dolayı kaza raporlarının hazırlanmasında polis, inşaat ve makine mühendisi gibi alanında uzman personelin oluşturduğu ekiplerden yararlanılmalıdır.

- Bölgede meydana gelen kazalarda ölüm, yaralanma ve maddi hasarları en aza indirmek için pasif yol güvenliği (otokorkuluk vb.) sistemleri kurularak yol güvenliği artırılmalıdır.

KAYNAKLAR

Aliyev, A. 2003. Türkiye ve Azerbaycan kara yolu güvenlik sistemindeki gelişmelerin trafik kazaları üzerindeki etkilerinin incelenmesi. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 134 sayfa, Ankara.

Bağırgan, N. 2006. Şehirlerarası Karayollarında Trafik Güvenliği Tahmini. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 156 sayfa, Isparta.

Baykal, O. 2009. Mühendislik Ölçmeleri-1, Kara ve Demir Yollarında Geçki Geometrisi Tasarımı ve Aplikasyonu, Birsen Yayınevi, 200 sayfa, İstanbul.

Choveiri, E.M., Lamm, R., Kloeckner, J.H. and Mailoender, T. 1994. Safety Aspects of Individual Design Elements and Their Interactions on Two-Lane Highways: International Perspective, Transportation Research Record 1445, pp. 34-46.

Colonna, P., Intini, P., Berloco, N., and Ranieri, V. 2018. Integrated American-European protocol for safety interventions on existing two-lane rural roads. European transport research review, 10(1): 1-21.

Çanakçı, H. 2001. Yol Altyapısı Çalışmalarındaki Uygulama Hatalarının Yol ve Trafik Güvenliğine Etkisi. Trafik ve Yol Güvenliği Kongresi, 90 sayfa, Ankara.

Flannagan, M.J. 2001. The Safety Potential of Current and Improved Front Fog Lamps. Dr. Thesis, the University of Michigan, Transportation Research Institute, Ann Arbor.

Hearne, R. 1976. Selected Geometric Elements and Accident Densities on the National Network. Environmental Research Unit, 426 p., Dublin.

İyinam, A.F. 1997. Karayolu güvenliği ile yol geometrik standartları arasındaki ilişkilerin analizi. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 156 sayfa, İstanbul.

KGM, 2005. Karayolları Tasarım El Kitabı, Karayolları Genel Müdürlüğü, 297 sayfa, Ankara.

Kılınç, A. S. 2017. Karayolu ve demiryolu geçki tasarımlarında sademe sınır değerlerine göre en küçük yatay kurp yarıçaplarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 78 sayfa, Afyon.

Kirimli, Y. S. 2019. Eşdüzey kavşaklarda kavşaklar arası mesafenin kavşak performansına etkisinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 139 sayfa, Trabzon.

Konyalıoğlu, G. 2004. Yol Bilgisi ve Uygulaması, MEB Devlet Kitapları Müdürlüğü Yayınları, 150 sayfa, İstanbul.

Lamm, R., Wolhuter, K., Beck, A. and Ruscher, T. 2001. Introduction of a New Approach to Geometric Design and Road Safety, 20th South African Transport Conference "Meeting the Transport Challenges in Southern Africa" Conference Papers, 700 p., Pretoria.

Lamm, R. Psarianos, B., Mailaender, T., Choueiri, E.M., Heger, R. and Steyer, R. 1999. Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook, McGraw-Hill Companies, Professional Book Group, 670 p., New York.

Lay, M. G. 1998. Handbook of Road Technology. Volume 2: Traffic and Transport. Gordon and Breach Science Publishers, 250 p., London (England).

Mohammed, H. 2013. The influence of road geometric design elements on highway safety. International Journal of Civil Engineering and Technology, 4(4): 146-162.

Morrall, J.F. and Robinson, J.B.L. 2003. Design Speed Choices for Canadian Two – Lane Rural Highways, Roadway Improvement Session of the 2003 Annual Conference of the Transportation Association of Canada St John's, Newfoundland and Labrador, Transportation Association of Canada, 529 p., Ottawa.

Ng, J. C. and Sayed, T. 2004. Effect of geometric design consistency on road safety. Canadian Journal of Civil Engineering, 31(2), 218-227.

Ng, J. C. W. 2002. Quantifying the Relationship Between Geometric Design Consistency and Road Safety. Doctoral dissertation, University of British Columbia, 160 p., Vancouver.

Oxley, J., Corben, B., Koppel S., Fildes, B., Jacques, N., Symmons, M. and Johnston, I. 2004. Cost-Effective Infrastructure Measures on Rural Roads. Monash University Accident Research Centre, 200 p., Melbourne.

Schwing, R.C. and Alberts, W. A. Jr. 1980. Societal risk assessment: how safe is safe enough, Plenum Press, 650 p., New York.

Umar, F. ve Yayla, N. 1994. Yol İnşaatı, L.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.

Yagar, S. and Van Aerde, M. 1983. Geometric and environmental effects on speeds of 2-lane highways. Transportation Research Part A: General, 17(4): 315-325.

Yaman, N. ve Kaman, F. 1979. Yol Bilgisi, MEB Mesleki ve Teknik Öğretim Kitapları Genel Müdürlüğü, 540 sayfa, Ankara.

Yayla, N. 2002. Karayolu Mühendisliği, Birsen Yayınevi, 285 sayfa, İstanbul.

Yılmaz, E. 2000. Karayolu Geometrik Standartları ile Karayolu Güvenliği ve Kapasitesi İlişkileri. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 58 sayfa, İstanbul.

Yumak, A. 2019. Karayolları geometrik standartları ve yol güvenliğinin incelenmesi: Şırnak İl Merkezi Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Şırnak Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 71 sayfa, Şırnak.

Yurdakul, Y. 2006. Köy yollarının geometrik tasarımı, yapılandırılması, işaretlenmesi ve trafik güvenliği yönünden irdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, 153 sayfa, Ankara.

Zegeer, C.V., Reinfurt, D.W., Hummer, J., Herf, L. ve Hunter, W. 1986. Safety Effects of Cross-Section Design for Two-Lane Roads, FHWA-RD-87-008, Federal Highway Administration, 780 p., Washington, D.C.

EKLER

EK 1. Karayolu Geometrik Standartları

KARAYOLU GEOMETRİK STANDARTLARI			KENT DIŞI İKİ ŞERİTLİ YOLLAR																	S 1
PROJE ELEMANLARI			BİRİNCİ SINIF						İKİNCİ SINIF						ÜÇÜNCÜ SINIF					
Hizmet seviyesi	HS (A,B,C,D,E,F)		D		D		D		D		D		D		D		D		D	
Trafik*	Yıllık Ortalama Günlük Trafik Y.O.G.T. (Taşıt/Gün)		12000		6500		4000		11000		5500		3000		8000		4500		2500	
	Proje Saatlik Trafiği P.S.T. (Taşıt/Saat)		1200		650		400		1100		550		300		800		450		250	
Topografik Model	TM (Dz, Dl, Dğ)		Düz		Dalgalı		Dağlık		Düz		Dalgalı		Dağlık		Düz		Dalgalı		Dağlık	
Proje Hızı	Vp (km / saat)		100	80	80	70	70	60	80	70	70	60	60	40	70	60	60	50	50	30
Minimum kurp yarıçapı	R (m)		400	250	250	200	200	150	250	200	200	150	150	60	200	150	150	90	90	30
Minimum klotoid parametresi	A (-)		160	130	130	120	120	100	130	120	120	100	100	60	120	100	100	70	70	30
Maksimum boyuna eğim	m (%)		4	4	6	6	7	7	5	5	7	7	8	8	6	6	8	8	9	9
Düşey kurp katsayısı	Kapalı Kurp	Kk (-)	107-56	44-26	44-26	29-20	29-20	17-15	44-26	29-20	29-20	17-15	17-15	6-6	29-20	17-15	17-15	10-9	10-9	5-5
	Açık kurp	Ka (-)	51-35	30-23	30-23	22-19	22-19	16-15	20-23	22-19	22-19	16-15	16-15	8-8	22-19	16-15	16-15	12-11	12-11	7-7
Maksimum Dever	n (%)		8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Emniyetli Duruş Uzaklığı	Ld (m)		155	110	110	90	90	70	110	90	90	70	70	40	90	70	70	55	55	25
Emniyetli Geçiş Uzaklığı	Lg (m)		670	550	550	480	480	420	550	480	480	420	420	270	480	420	420	340	340	190
Şerit Genişliği	L (m)		3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,25	3,25	3,25	325	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,

Banket Genişliği ***		**b (m)**	2,5	2,5	2,0	2,0	2,0	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Platform Genişliği		**PG (m)**	12,0	12,0	11,0	11,0	11,0	11,0	10,0	10,0	9,5	9,5	9,5	9,5	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Köprü genişliği Köprü proje yükü H:20 - S:16	**Kısa köprüler (0-45 m)**	**Wk**	9,50						9,50						7,00					
	Uzun köprüler (>45 m)	**Wu**	8,50						8,50						7,00					
Alt geçit (min h:5)		**h (m)**	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Gabari			% 2 b 2L PG b						% 2 b 2L PG b						% 2 b 2L PG b					
Kamulaştırma Genişliği	**Toplam genişlik**	**KG (m)**	Normal 60.00m. ± projenin gerektirdiği kadar						Normal 40.00m.± projenin gerektirdiği kadar						Normal 15.00m.± projenin gerektirdiği kadar					
	Eksen uzaklığı	**Le (m)**	KS 23,00 ℄ 37,00 KS						KS 20,00 ℄ 20,00 KS						KS 7,50 ℄ 7,50 KS					

* Projelendirilen yolun yapımının bitiminden itibaren 20 yıl sonra ulaşılacağı hesaplanan trafik değeri.

** Kar ve Buzlanma olmayan kesimlerde %10'a kadar artırılabilir.

***Dağlık arazideki karışık kesitlerde banket genişlikleri imla tarafında 50 cm. fazla, yarma tarafında 50 cm. eksik uygulanır.

Karayolları standartlar kurulu tarafından hazırlanmıştır.

ONAY 06/07/1983

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı ve Soyadı : Mohammed Fadhil Tawfeeq TAWFEEQ

Eğitim

Yüksek Lisans	Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı	2020-Halen
Lisans	Kerkük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü	2006-2010

İş Deneyimi

Yıl	**Kurum**	**Görev**
2013-2018	Bilim ve Teknoloji Bakanlığı	İnşaat Mühendisi
2018-Halen	Kerkük Üniversitesi	İnşaat Mühendisi